

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 799 931**

(51) Int. Cl.:

**H01M 10/42** (2006.01)  
**H01M 2/34** (2006.01)  
**H01M 4/13** (2010.01)  
**H01M 4/36** (2006.01)  
**H01M 4/62** (2006.01)  
**H01M 4/66** (2006.01)  
**H01M 10/0525** (2010.01)  
**H01M 10/058** (2010.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2015 PCT/US2015/062767**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2016 WO16086184**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2015 E 15813183 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3224895**

---

(54) Título: **Batería recargable con limitador de corriente interna y elemento de interrupción**

(30) Prioridad:

**25.11.2014 US 201462084454 P**  
**09.02.2015 US 201562114001 P**  
**09.02.2015 US 201562114006 P**  
**09.02.2015 US 201562114007 P**  
**10.02.2015 US 201562114508 P**  
**15.05.2015 US 201514714160**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.12.2020**

(73) Titular/es:

**AMERICAN LITHIUM ENERGY CORPORATION (100.0%)**  
**2261 Rutherford Road**  
**Carlsbad, CA 92008, US**

(72) Inventor/es:

**FAN, JIANG y**  
**WU, DENGGUO**

(74) Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 799 931 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

### Batería recargable con limitador de corriente interna y elemento de interrupción

Esta solicitud reivindica la prioridad de las siguientes cinco solicitudes provisionales: la solicitud provisional estadounidense n.º 62/084.454, presentada el 25 de noviembre, 2014, titulada "Battery Safety Device"; la solicitud provisional estadounidense n.º 62/114.001, presentada el 9 de febrero, 2015, titulada "Rechargeable Battery With Resistive Layer for Enhanced Safety"; la solicitud provisional estadounidense n.º 62/114.006, presentada el 9 de febrero, 2015, titulada "Rechargeable Battery With Temperature Activated Current Interrupter"; la solicitud provisional estadounidense n.º 62/114.007, presentada el 9 de febrero, 2015, titulada "Rechargeable Battery With Voltage Current Interrupter"; y la solicitud provisional estadounidense n.º 62/114.508, presentada el 10 de febrero, 2015, titulada "Rechargeable Battery With Internal Current Limiter And Interrupter"; así como la solicitud de patente estadounidense n.º 14/714.160, presentada el 15 de mayo, 2015, titulada "Rechargeable Battery With Internal Current Limiter And Interrupter".

La presente descripción se refiere a un interruptor de corriente interna usado para proteger una batería en caso de un cortocircuito o sobrecarga internos, lo que conlleva inestabilidad térmica. En particular, se refiere a un batería recargable de alta densidad de energía (HEDR) con una seguridad mejorada.

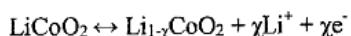
Existe una necesidad de sistemas de batería recargable con una seguridad mejorada que presenten una alta densidad de energía y, por lo tanto, sean capaces de almacenar y suministrar grandes cantidades de energía eléctrica por unidad de volumen y/o peso. Tales sistemas de batería de alta energía estables presentan una utilidad significativa en diversas aplicaciones, incluyendo equipos militares, equipos de comunicación, y robótica.

Un ejemplo de una batería recargable de alta densidad de energía (HEDR) en uso habitualmente es la batería de iones de litio.

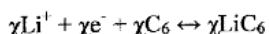
Una batería de iones de litio es una batería recargable en la que los iones de litio se desplazan del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Las baterías de iones de litio pueden resultar peligrosas en determinadas condiciones y pueden plantear un peligro para la seguridad. El contenido de energía de fuego (eléctrica + química) de celdas de óxido de cobalto y litio es de aproximadamente 100 a 150 kJ por A·h, su mayor parte química. Si se sobrecargan o sobrecalentan, las baterías de iones de litio pueden sufrir una inestabilidad térmica y ruptura de celdas. En casos extremos, esto puede conducir a una combustión. Asimismo, el cortocircuitado de la batería, o bien externa o internamente, provocará que la batería se sobrecaliente y posiblemente se prenda en llamas.

Sobrecarga:

En una batería de iones de litio, se realiza un funcionamiento útil cuando los electrones fluyen a través de un circuito externo cerrado. Sin embargo, con el fin de mantener la neutralidad de carga, para cada electrón que fluye a través del circuito externo, debe existir un ion de litio correspondiente que se transporta de un electrodo al otro. El potencial eléctrico que impulsa este transporte se logra oxidando un metal de transición. Por ejemplo, cobalto (Co), de  $\text{Co}^{3+}$  a  $\text{Co}^{4+}$  durante la carga y se reduce de  $\text{Co}^{4+}$  a  $\text{Co}^{3+}$  durante la descarga. De manera convencional, puede emplearse  $\text{Li}_{1-\chi}\text{CoO}_2$ , en donde el coeficiente  $\chi$ , representa la fracción molar tanto del ion de litio como el estado de oxidación de  $\text{CoO}_2$ , viz.,  $\text{Co}^{3+}$  o  $\text{Co}^{4+}$ . Al emplear estas convenciones, la media reacción del electrodo positivo para la batería de litio y cobalto se representa de la siguiente manera:

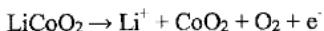


La media reacción de electrodo negativo se representa de la siguiente manera:



La reacción del electrodo de cobalto está limitada de manera reversible a  $x < 0,5$ , limitando la profundidad de descarga permisible debido a las consideraciones de ciclo de vida y la estabilidad de  $\text{LiCoO}_2$ .

La sobrecarga conlleva la síntesis del óxido de cobalto (IV), de la siguiente manera:



$\text{LiCoO}_2$  se descompondrá en  $\text{CoO}_2$  y liberará una gran cantidad de calor y oxígeno. A continuación, el oxígeno liberado oxidará el electrolito, lo que conllevará una inestabilidad térmica. Este procedimiento es irreversible. Por tanto, lo que se necesita es algún dispositivo o diseño que pueda descomponer por debajo o antes de la descomposición positiva. Este dispositivo protegerá la celda frente a la inestabilidad térmica.

Inestabilidad térmica:

Si el calor generado por una batería de ion de litio supera su capacidad de disipación de calor, la batería puede

resultar susceptible a sufrir inestabilidad térmica, dando como resultado un sobrecalentamiento y, en determinadas circunstancias, resultados destructivos tales como fuego o explosión violenta. La inestabilidad térmica es un bucle de retroalimentación positiva en el que un aumento de la temperatura cambia el sistema para provocar aumentos adicionales de temperatura. El calor en exceso puede resultar de una mala gestión de la batería, defecto de batería, accidente, u otros motivos. Sin embargo, a menudo, la generación de calor en exceso resulta de un aumento de calentamiento de Joule debido a una corriente interna excesiva o procedente de reacciones exotérmicas entre los electrodos negativo y positivo. Una corriente interna excesiva puede resultar de una variedad de motivos, pero una bajada de la resistencia interna debido a un cortocircuito de separador provocado por factores tales como partículas conductoras arrojadas a través del separador es un posible motivo. El calor resultante de un cortocircuito de separador puede provocar una ruptura adicional dentro del separador, lo que conlleva un mezclado de los reactivos de los electrodos positivo y negativo y la generación de calor adicional debido a la reacción exotérmica resultante.

Cortocircuito interno:

Las baterías de iones de litio emplean un separador entre los electrodos positivo y negativo para separar eléctricamente los dos electrodos uno con respecto a otro al tiempo que permiten que los iones de litio pasen a su través. Cuando la batería realiza el trabajo pasando electrones a través de un circuito externo, la permeabilidad del separador a iones de litio permite que la batería cierre el circuito. El cortocircuitado del separador al proporcionar una trayectoria conductora a través del mismo permite que la batería se descargue rápidamente. Un cortocircuito a través del separador puede resultar de una carga y descarga inapropiadas o de defectos de fabricación de celda tales como impurezas de metal y formación de esquirlas de metal durante la producción de electrodo. Más particularmente, una carga inapropiada puede conllevar la deposición de dendritas de litio metálico sobre la superficie del electrodo negativo y estas dendritas crecen para penetrar en el separador a través de los nanoporos para proporcionar una trayectoria conductora para los electrones de un electrodo al otro. Además, una descarga inapropiada a o por debajo de 1,5V provocará una disolución de cobre que, en última instancia, puede conllevar la formación de dendritas de cobre metálico sobre la superficie del electrodo negativo que también pueden crecer para penetrar en el separador a través del nanoporo. La menor resistencia de estas trayectorias conductoras permite una rápida descarga y la generación de calor de Joule significativo. Pueden darse como resultado sobrecalentamiento e inestabilidad térmica.

Lo que se necesitaba era un interruptor de corriente interna que pudiera, en primer lugar, limitar la velocidad de descarga interna resultante de un cortocircuito interno para reducir la generación de calor de Joule, si la velocidad de descarga interna se limita de manera insuficiente, también puede interrumpir el cortocircuito interno para limitar adicionalmente la velocidad de descarga interna, independientemente del aumento de temperatura, para evitar fuego y/o explosión.

La solicitud internacional WO 2004/049494 A1 da a conocer una celda electroquímica.

El documento KR 2013-0123492 A describe una batería de litio secundaria que presenta estabilidad frente a sobrecarga.

En un primer aspecto, proporcionado en algunas implementaciones en el presente documento se encuentra una batería recargable de alta densidad de energía (HEDR) mejorada de un tipo que incluye dos electrodos de polaridad opuesta, estando cada electrodo caracterizado por su resistividad, por su intervalo de temperatura de funcionamiento seguro, y su tensión de carga segura; y un separador para separar los dos electrodos e impedir la descarga interna entre los mismos. La batería de HEDR incluye al menos un electrodo que emplea un colector de corriente para transferir electrones, sometiéndose el separador al riesgo de crear un cortocircuito, permitiendo el cortocircuito, posiblemente, una descarga interna rápida entre los dos electrodos, permitiendo la descarga interna rápida entre los dos electrodos posiblemente una producción rápida de calor de Joule a partir de la misma, permitiendo la producción rápida de calor de Joule, posiblemente, una inestabilidad térmica. En la batería de HEDR, los dos electrodos pueden someterse a un riesgo de sobrecarga por encima de la tensión de carga segura y la formación del cortocircuito a partir de la misma y los dos electrodos pueden someterse a un riesgo de inestabilidad térmica por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento seguro. La batería de HEDR puede incluir una mejora para ralentizar la velocidad de descarga interna resultante del cortocircuito, para ralentizar la producción de calor de Joule a partir de la misma, y para reducir el riesgo de inestabilidad térmica, la mejora incluye: un limitador de corriente que forma un acoplamiento eléctrico entre uno de los electrodos y su colector de corriente correspondiente, teniendo el limitador de corriente una resistividad para obstaculizar de manera resistiva la corriente a su través y, en caso de que el separador cree el cortocircuito, para desviar corriente del electrodo colector de corriente al que está acoplado, y para reducir la velocidad de la descarga interna entre los dos electrodos. La HEDR incluye un interruptor de corriente que tiene una configuración enganchada, y una configuración desenganchada, en donde puede usarse un componente de generación de gas para cambiar el interruptor de corriente de la configuración enganchada a la desenganchada. El componente de generación de gas puede tener un elemento de activación para generar un gas, seleccionándose el elemento de activación del grupo que consiste en elementos de activación de temperatura y elementos de activación de tensión, y los elementos de activación de temperatura pueden activarse por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento seguro. Los elementos de activación de tensión pueden activarse por encima de la tensión de carga segura en la configuración enganchada, acoplando eléctricamente el interruptor de corriente uno de los electrodos y su colector de corriente correspondiente con una

conexión laminada, y en la configuración desenganchada, deslaminándose la conexión laminada y formando el interruptor de corriente un entrehierro no conductor para interrumpir el acoplamiento eléctrico entre el electrodo y su colector de corriente correspondiente. En una realización, el interruptor de corriente cambia de la configuración enganchada a la desenganchada activando el componente de generación de gas sensible al elemento de activación,

5 deslaminando el gas generado la conexión laminada para interrumpir el acoplamiento eléctrico entre el electrodo y su colector de corriente correspondiente. El limitador de corriente y el interruptor de corriente, en combinación, disminuyen el riesgo de inestabilidad térmica resultante del cortocircuito de separador, sobrecarga de electrodo, y sobrecalentamiento de electrodo.

10 Las siguientes características pueden estar presentes en la batería recargable de alta densidad de energía (HEDR) mejorada en cualquier combinación adecuada. El limitador de corriente y el interruptor de corriente pueden generarse simultáneamente para dar una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y el colector de corriente. La batería de HEDR puede incluir dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el primer electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la segunda

15 parte del primer electrodo interpuesta entre la primera parte del primer electrodo y el primer colector de corriente, estando la mejora caracterizada adicionalmente por que: el limitador de corriente está estratificado entre la primera parte del primer electrodo y la segunda parte del primer electrodo; y estratificándose el interruptor de corriente entre la segunda parte del primer electrodo y el primer colector de corriente. El limitador de corriente puede estratificarse entre la segunda parte del primer electrodo y el primer colector de corriente, y el interruptor de corriente puede estratificarse entre la primera parte del primer electrodo y la segunda parte del primer electrodo. La batería de HEDR

20 puede tener dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente y los dos electrodos incluyen un primer electrodo y un segundo electrodo, y el limitador de corriente puede estratificarse entre el primer electrodo y el primer colector de corriente; y el interruptor de corriente puede estratificarse entre el segundo electrodo y el segundo colector de corriente. En la batería de HEDR, cada electrodo

25 puede tener un intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro y una resistividad interna en el mismo, y el limitador de corriente puede tener una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo con el que se estratifica el limitador de corriente dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro. El limitador de corriente puede estar desprovisto de un commutador de transición de resistividad a temperaturas dentro del intervalo

30 de temperatura para un funcionamiento seguro. La batería de HEDR puede ser de manera que cada electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y el limitador de corriente puede tener una transición de resistividad con una resistividad menor que la resistividad interna del electrodo dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual. La batería de HEDR puede ser de tal manera que cada

35 electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y el interruptor de corriente puede activarse mediante una temperatura por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual. En algunas implementaciones, la batería de HEDR puede ser de un tipo en el que cada electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y un intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro, en el que el interruptor de corriente puede activarse mediante temperatura por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro. En algunas

40 implementaciones, la batería de HEDR puede ser de manera que cada electrodo tiene una resistividad interna dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro, en el que el limitador de corriente puede tener una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo con el que se estratifica el limitador de corriente dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro. El limitador de corriente y el interruptor de corriente

45 pueden incorporarse simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y el colector de corriente. La batería de HEDR puede ser de un tipo en el que cada electrodo tiene un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual, y en el que el interruptor de corriente se activa mediante tensión por encima del intervalo de tensión para un funcionamiento habitual. La batería de HEDR puede ser de un tipo en el que cada electrodo tiene un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual y un intervalo de tensión para un funcionamiento seguro, y en el que el interruptor de corriente se activa mediante tensión por encima del intervalo de tensión para un funcionamiento habitual y dentro del intervalo de tensión para un funcionamiento seguro. El limitador de corriente y el interruptor de corriente pueden incorporarse simultáneamente en una capa

50 protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y el colector de corriente.

En una realización, proporcionada en el presente documento se encuentra una batería recargable de alta densidad de energía mejorada de un tipo que incluye dos electrodos de polaridad opuesta, un separador que separa los dos electrodos, y al menos un colector de corriente acoplado eléctricamente a uno de los electrodos, impidiendo el separador la descarga interna entre los dos electrodos, provocando el fallo del separador posiblemente una descarga interna entre los dos electrodos, provocando la descarga interna una generación de calor de Joule con posibles daños, que incluye un interruptor de corriente térmicamente activable y un interruptor de corriente activable por tensión. El interruptor de corriente térmicamente activable se estratifica mediante laminación entre uno de los

60 colectores de corriente y uno de los electrodos, el interruptor de corriente térmicamente activable, cuando está desactivado, acopla eléctricamente el colector de corriente al electrodo con el que se estratifica, el interruptor de corriente, cuando está activado, se deslamina del colector de corriente para formar un entrehierro no conductor para desacoplar eléctricamente el colector de corriente del electrodo con el que se había estratificado, ralentizando el desacoplamiento eléctrico la velocidad de descarga interna entre los dos electrodos en caso de fallo del separador.

- El interruptor de corriente activable por tensión se estratifica mediante laminación entre uno de los colectores de corriente y uno de los electrodos, el interruptor de corriente activable por tensión, cuando está desactivado, acopla eléctricamente el colector de corriente al electrodo con el que se estratifica, el interruptor de corriente, cuando está activado, se deslamina del colector de corriente para formar un entrehierro no conductor para desacoplar eléctricamente el colector de corriente del electrodo con el que se había estratificado, ralentizando el desacoplamiento eléctrico la velocidad de descarga interna entre los dos electrodos en caso de fallo del separador. En la batería de HEDR, la activación de o bien el interruptor de corriente térmicamente activado o el interruptor de corriente activado por tensión en caso de fallo del separador, puede ralentizar la generación de calor de Joule para disminuir los posibles daños.
- En una realización, proporcionada en algunas implementaciones en el presente documento es un procedimiento para evitar la inestabilidad térmica dentro de una batería recargable de alta densidad de energía que experimenta descarga interna debido a un fallo de separador, que incluye deslaminar un electrodo dentro de la batería desde su colector de corriente generando un gas procedente de un material de generación de gas sensible al calor dentro de una capa de interrupción interpuesta entre el electrodo y el colector de corriente, desacoplando eléctricamente la deslaminación al electrodo de su colector de corriente para ralentizar la velocidad de descarga interna.
- En una realización, proporcionada en el presente documento se encuentra una batería recargable de alta densidad de energía (HEDR) que incluye una capa de energía de ánodo, una capa de energía de cátodo, un separador entre la capa de energía de ánodo y la capa de energía de cátodo para impedir la descarga interna de las mismas, al menos un colector de corriente para transferir electrones a y de cualquiera de las capas de energía de cátodo o ánodo, teniendo cada una de las capas de energía de cátodo y ánodo una resistividad interna, teniendo la batería de HEDR un intervalo de temperatura preferido para descargar corriente eléctrica y un límite de seguridad de temperatura superior; y una capa resistiva interpuesta entre el separador y uno de los colectores de corriente, estando la capa resistiva configurada para limitar la velocidad de descarga interna a través del separador en caso de fallo del separador y la generación de calor de Joule que resulta a partir de la misma, teniendo la capa resistiva una resistividad fija a temperaturas entre el intervalo de temperatura preferido y el límite de seguridad de temperatura superior, siendo la resistividad fija de la capa resistiva superior a la resistividad interna de cualquier capa de energía, sirviendo la capa resistiva para evitar temperaturas en exceso del límite de seguridad de temperatura superior en caso de fallo del separador.
- Las siguientes características pueden incluirse en la batería de HEDR en cualquier combinación adecuada. En algunas implementaciones, la capa resistiva de la batería de HEDR puede ser porosa e incluir un polvo de cerámica que define un espacio intersticial, un aglutinante para llenar parcialmente el espacio intersticial para aglutinar el polvo de cerámica; y un componente conductor dispersado dentro del aglutinante para impartir resistividad a la capa resistiva, permaneciendo el espacio intersticial parcialmente sin llenar para impartir porosidad y permeabilidad a la capa resistiva. La capa resistiva puede comprimirse para reducir el espacio intersticial no llenado y aumentar el aglutinamiento del polvo de cerámica mediante el aglutinante. La capa resistiva puede incluir más del 30% de polvo de cerámica en peso. La capa resistiva puede incluir más del 50% de polvo de cerámica en peso. La capa resistiva puede incluir más del 70% de polvo de cerámica en peso. La capa resistiva puede incluir más del 80% de polvo de cerámica en peso. La capa resistiva de la batería de HEDR puede ser permeable para transportar portadores de carga iónica. La capa resistiva puede no ser porosa y tener una composición que incluye un relleno no conductor, un aglutinante para aglutinar el relleno no conductor, y un componente conductor dispersado dentro del aglutinante para impartir resistividad a la capa resistiva. La capa resistiva puede ser impermeable para transportar portadores de carga iónica. La resistividad fija de la capa resistiva de la batería de HEDR puede ser de al menos el doble que la resistividad interna de cualquier capa de energía. La resistividad fija de la capa resistiva puede ser al menos cinco veces mayor que la resistividad interna de cualquier capa de energía. La resistividad fija de la capa resistiva puede ser al menos diez veces mayor que la resistividad interna de cualquier capa de energía. La capa resistiva puede estar desprovista de una transformación de fase sólida a fase no sólida para transformar la resistividad de la capa resistiva de una baja resistividad a una alta resistividad a temperaturas entre la temperatura de funcionamiento máxima y el límite de seguridad de temperatura superior. La capa resistiva puede ser no sacrificial a temperaturas por debajo del límite de seguridad de temperatura superior. La capa resistiva puede ser sacrificial a temperaturas por encima del límite de seguridad de temperatura superior. La capa resistiva puede incluir un polvo de cerámica que se descompone químicamente por encima del límite de seguridad de temperatura superior para desarrollar un gas retardante de llama. La capa resistiva puede incluir un polvo de cerámica que se descompone químicamente por encima del límite de seguridad de temperatura superior para desarrollar un gas para deslaminar el colector de corriente de la capa resistiva. El colector de corriente puede incluir un colector de corriente de ánodo para transferir electrones a y de la capa de energía de ánodo, en donde la capa resistiva se interpone entre el separador y el colector de corriente de ánodo. La capa resistiva puede interponerse entre el colector de corriente de ánodo y la capa de energía de ánodo. La capa resistiva puede interponerse entre la capa de energía de ánodo y el separador. En algunas implementaciones, la capa de energía de ánodo de la batería de HEDR puede incluir una primera capa de energía de ánodo, y una segunda capa de energía de ánodo interpuesta entre la primera energía de ánodo y el separador, en donde la capa resistiva se interpone entre la primera capa de energía de ánodo y la segunda capa de energía de ánodo. El colector de corriente puede incluir un colector de corriente de cátodo para transferir electrones a y de la capa de energía de cátodo, en donde la capa resistiva se interpone entre el separador y el colector de corriente de cátodo. La capa resistiva puede interponerse

entre el colector de corriente de cátodo y la capa de energía de cátodo. La capa resistiva puede interponerse entre la capa de energía de cátodo y el separador. La capa de energía de cátodo puede incluir una primera capa de energía de cátodo, y una segunda capa de energía de cátodo interpuesta entre la primera energía de cátodo y el separador, en donde la capa resistiva se interpone entre la primera capa de energía de cátodo y la segunda capa de energía de cátodo. En algunas implementaciones, la batería de HEDR puede incluir dos colectores de corriente que incluyen un colector de corriente de ánodo para transferir electrones a y de la capa de energía de ánodo, y un colector de corriente de cátodo para transferir electrones a y de la capa de energía de cátodo en donde la capa resistiva comprende una capa resistiva de ánodo y una capa resistiva de cátodo, estando la capa resistiva de ánodo interpuesta entre el separador y el colector de corriente de ánodo, estando la capa resistiva de cátodo interpuesta entre el separador y el colector de corriente de cátodo.

En una realización, proporcionada en el presente documento se encuentra un método para limitar la velocidad de una descarga interna de capas de energía resultante de un fallo de separador dentro de una batería recargable de alta densidad de energía (HEDR), el método que incluye resistir la descarga interna con una capa resistiva, estando la capa resistiva interpuesta entre un separador y un colector de corriente dentro de la batería de HEDR, teniendo la capa resistiva una resistividad fija a temperaturas entre un intervalo de temperatura preferido para la descarga de las capas de energía y un límite de seguridad de temperatura superior, siendo la resistividad fija de la capa resistiva superior a la resistividad interna de las capas de energía.

En algunas realizaciones en el presente documento se proporciona una batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía (HEDR) que incluye una capa de energía de ánodo, una capa de energía de cátodo, un separador para separar la capa de energía de ánodo de la capa de energía de cátodo, al menos un colector de corriente para transferir electrones a y de o bien el ánodo o la capa de energía de cátodo, teniendo la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía un límite de seguridad de temperatura superior para evitar la inestabilidad térmica, y una capa de interrupción que puede activarse para interrumpir la corriente dentro de la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía tras la exposición a temperatura en o por encima del límite de seguridad de temperatura superior, estando la capa de interrupción interpuesta entre el separador y uno de los colectores de corriente, laminándose la capa de interrupción, cuando está desactivada, entre el separador y uno de los colectores de corriente para llevar a cabo la corriente a su través, deslaminándose la capa de interrupción, cuando está activada, para interrumpir corriente a través de la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía, incluyendo la capa de interrupción un componente de descomposición sensible a temperatura para descomponerse tras la exposición a temperatura en o por encima del límite de seguridad de temperatura superior, siendo el componente de descomposición sensible a temperatura para desarrollar un gas tras la descomposición, siendo el gas desarrollado para deslaminar la capa de interrupción para interrumpir corriente a través de la batería de ion de metal de alta densidad de energía, en donde la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía evita la inestabilidad térmica mediante la activación de la capa de interrupción tras la exposición a una temperatura en o por encima del límite de seguridad de temperatura superior para interrumpir la corriente en la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía.

Las siguientes características pueden estar presentes en la batería de ion de metal de HEDR en cualquier combinación adecuada. La capa de interrupción puede ser porosa. El componente de descomposición sensible a temperatura puede incluir un polvo de cerámica. La capa de interrupción puede tener una composición que comprende el polvo de cerámica, un aglutinante, y un componente conductor. El polvo de cerámica puede definir un espacio intersticial. El aglutinante puede llenar parcialmente el espacio intersticial para aglutinar el polvo de cerámica. El componente conductor puede dispersarse dentro del aglutinante para impartir conductividad a la capa de interrupción. El espacio intersticial puede permanecer parcialmente sin llenar para impartir porosidad y permeabilidad a la capa de interrupción. La capa de interrupción puede incluir más del 30% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 50% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 70% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 75% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 80% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede ser permeable para transportar portadores de carga iónica. La capa de interrupción puede no ser porosa y tener una composición que incluye un relleno no conductor, un aglutinante para aglutinar el relleno no conductor, y un componente conductor dispersado dentro del aglutinante para impartir conductividad a la capa de interrupción. La capa de interrupción puede ser impermeable para transportar portadores de carga iónica. La capa de interrupción puede ser sacrificial a temperaturas por encima del límite de seguridad de temperatura superior. La capa de interrupción puede incluir un polvo de cerámica que se descompone químicamente por encima del límite de seguridad de temperatura superior para desarrollar un gas retardante de llama. El colector de corriente puede incluir un colector de corriente de ánodo para transferir electrones a y de la capa de energía de ánodo, en donde la capa de interrupción está interpuesta entre el separador y el colector de corriente de ánodo. La capa de interrupción puede interponerse entre el colector de corriente de ánodo y la capa de energía de ánodo. La capa de interrupción puede interponerse entre la capa de energía de ánodo y el separador. La capa de energía de ánodo de la batería de HEDR puede incluir una primera capa de energía de ánodo; y una segunda capa de energía de ánodo interpuesta entre la primera energía de ánodo y el separador, en donde la capa de interrupción está interpuesta entre la primera capa de energía de ánodo y la segunda capa de energía de ánodo.

El colector de corriente puede incluir un colector de corriente de cátodo para transferir electrones a y de la capa de energía de cátodo, en donde la capa de interrupción se interpone entre el separador y el colector de corriente de

cátodo. La capa de interrupción puede interponerse entre el colector de corriente de cátodo y la capa de energía de cátodo. La capa de interrupción puede interponerse entre la capa de energía de cátodo y el separador. La capa de energía de cátodo puede incluir una primera capa de energía de cátodo y una segunda capa de energía de cátodo interpuesta entre la primera energía de cátodo y el separador, en donde la capa de interrupción se interpone entre la primera capa de energía de cátodo y la segunda capa de energía de cátodo. La batería de HEDR puede incluir, además, dos colectores de corriente que incluyen un colector de corriente de ánodo para transferir electrones a y de la capa de energía de ánodo y un colector de corriente de cátodo para transferir electrones a y de la capa de energía de cátodo, en donde la capa de interrupción incluye una capa de interrupción de ánodo y una capa de interrupción de cátodo, estando la capa de interrupción de ánodo interpuesta entre el separador y el colector de corriente de ánodo, estando la capa de interrupción de cátodo interpuesta entre el separador y el colector de corriente de cátodo.

En una realización, se presenta un método para interrumpir la corriente dentro de una batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía tras la exposición a una temperatura en o por encima de un límite de seguridad de temperatura superior para evitar la inestabilidad térmica, que incluye: elevar la temperatura de la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía por encima del límite de seguridad de temperatura superior, y activar la capa de interrupción para interrumpir la corriente a través de la batería de ion de metal de alta densidad de energía. La batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía puede incluir: una capa de energía de ánodo; una capa de energía de cátodo; un separador que separa la capa de energía de ánodo de la capa de energía de cátodo; un colector de corriente para transferir electrones a y de o bien la capa de energía de cátodo o de ánodo; y una capa de interrupción, estando la capa de interrupción interpuesta entre el separador y uno de los colectores de corriente, laminándose la capa de interrupción, cuando está desactivada, entre el separador y uno de los colectores de corriente para llevar a cabo corriente a su través, deslaminándose la capa de interrupción, cuando está activada, para interrumpir corriente a través de la batería de ion de litio, comprendiendo la capa de interrupción un componente de descomposición sensible a temperatura para descomponerse tras la exposición a una temperatura en o por encima del límite de seguridad de temperatura superior, siendo el componente de descomposición sensible a temperatura para desarrollar un gas tras la descomposición, estando el gas desarrollado para deslaminar la capa de interrupción para interrumpir corriente a través de la batería de ion de metal de alta densidad de energía; mediante lo que se evita la inestabilidad térmica con la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía al interrumpir corriente a su través.

En algunas implementaciones en el presente documento se proporciona una batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía (HEDR) que incluye una capa de energía de ánodo, una capa de energía de cátodo, un separador para separar la capa de energía de ánodo de la capa de energía de cátodo, un colector de corriente de ánodo para transferir electrones a y de la capa de energía de ánodo, pudiendo recargarse la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía y estando caracterizada por una tensión segura máxima para evitar sobrecarga; y pudiendo activarse una capa de interrupción para interrumpir la corriente dentro de la batería recargable de alta densidad de energía tras la exposición a tensión en exceso de la tensión segura máxima, estando la capa de interrupción interpuesta entre la capa de energía de cátodo y el colector de corriente de cátodo, laminándose la capa de interrupción, cuando está desactivada, con respecto al colector de corriente de ánodo para llevar a cabo corriente a su través, deslaminándose la capa de interrupción, cuando está activada, del colector de corriente de ánodo para interrumpir corriente a su través, incluyendo la capa de interrupción un componente de descomposición sensible a tensión para descomponerse tras la exposición a tensión en exceso de la tensión segura máxima, estando el componente de descomposición sensible a tensión para desarrollar un gas tras la descomposición, estando el gas desarrollado para deslaminar la capa de interrupción del colector de corriente de ánodo para interrumpir corriente a su través, mediante lo que la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía evita la sobrecarga al activar la capa de interrupción tras la exposición a tensión en exceso de la tensión segura máxima para interrumpir corriente a su través.

Las siguientes características pueden estar presentes en la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía en cualquier combinación adecuada. La capa de interrupción de la batería de HEDR puede ser porosa y tener una composición que incluye un polvo de cerámica que define un espacio intersticial; un aglutinante para llenar parcialmente el espacio intersticial para aglutinar el polvo de cerámica; y un componente conductor dispersado dentro del aglutinante para impartir conductividad a la capa de interrupción, permaneciendo el espacio intersticial parcialmente sin llenar para impartir porosidad y permeabilidad a la capa de interrupción. La capa de interrupción puede compactarse para reducir el espacio intersticial no relleno y aumentar el aglutinamiento del polvo de cerámica mediante el aglutinante. La capa de interrupción puede incluir más del 30% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 50% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 70% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 75% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede incluir más del 80% de polvo de cerámica en peso. La capa de interrupción puede ser permeable para transportar portadores de carga iónica. La capa de interrupción de la batería de HEDR puede no ser porosa y tener una composición que incluye un relleno no conductor; un aglutinante para aglutinar el relleno no conductor; y un componente conductor dispersado dentro del aglutinante para impartir conductividad a la capa de interrupción. La capa de interrupción puede ser impermeable para transportar portadores de carga iónica. La capa de interrupción puede ser sacrificial a tensiones por encima de la tensión segura máxima para la recarga. La capa de interrupción puede incluir un polvo de cerámica que se descompone químicamente por encima de la tensión segura máxima para desarrollar los huecos. El gas puede ser retardante de llama.

- En una realización, proporcionada en el presente documento se encuentra un método para interrumpir un procedimiento de recarga para una batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía tras la exposición a tensión a o por encima de una tensión segura máxima para evitar la sobrecarga, comprendiendo la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía una capa de energía de ánodo, una capa de energía de cátodo, un separador entre la capa de energía de ánodo y la capa de energía de cátodo, y un colector de corriente de ánodo para transferir electrones a y de la capa de energía de ánodo. El método incluye sobrecargar la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía para aumentar la tensión por encima de la tensión segura máxima para la recarga; e interrumpir la sobrecarga desarrollando un gas mediante la descomposición de un componente de descomposición sensible a tensión dentro de una capa de interrupción laminada al colector de corriente de ánodo, deslaminando el gas desarrollado la capa de interrupción del colector de corriente de ánodo, mediante lo que la sobrecarga de la batería de ion de metal recargable de alta densidad de energía se interrumpe mediante el desarrollo de gas dentro de la capa de interrupción para deslaminar la capa de interrupción del colector de corriente de ánodo.
- Una realización se refiere a una batería recargable de alta densidad de energía (HEDR) mejorada de un tipo que incluye dos electrodos (12 y 14) de polaridad opuesta. Cada electrodo está caracterizado por su resistividad, por su intervalo de temperatura de funcionamiento seguro, y su tensión de carga segura. La HEDR es, además, de un tipo que tiene un separador 2 para separar los dos electrodos (12 y 14) e impedir la descarga interna entre los mismos y al menos un electrodo (12 o 14) que emplea un colector 4 de corriente para transferir electrones. El separador 2 se somete a un riesgo de formación de cortocircuito. El cortocircuito puede permitir, posiblemente, una descarga interna rápida entre los dos electrodos (12 y 14), permitiendo posiblemente una producción rápida de calor de Joule a partir del mismo, permitiendo la producción rápida de calor de Joule posiblemente una inestabilidad térmica. Los dos electrodos (12 y 14) se someten a un riesgo de sobrecarga por encima de la tensión de carga segura y la formación del cortocircuito a partir de la misma. Los dos electrodos (12 y 14) se someten a un riesgo de inestabilidad térmica por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento seguro.
- La mejora para esta realización puede emplearse para ralentizar la velocidad de descarga interna resultante del cortocircuito, para ralentizar la producción de calor de Joule a partir de la misma, y para reducir el riesgo de inestabilidad térmica. La mejora comprende añadir a la batería de HEDR un limitador 6 de corriente combinado con un elemento 8 de interrupción de corriente.
- El limitador 6 de corriente forma un acoplamiento eléctrico entre uno de los electrodos (12 o 14) y su colector 4 de corriente correspondiente. El limitador 6 de corriente tiene una resistividad para obstaculizar de manera resistiva la corriente a su través y, en caso de que el separador 2 forme el cortocircuito, para desviar corriente del electrodo colector 4 de corriente al que está acoplado, y para reducir la velocidad de la descarga interna entre los dos electrodos (12 y 14).
- El elemento 8 de interrupción de corriente tiene una configuración enganchada, una configuración desenganchada, y un componente de generación de gas para cambiar el elemento 8 de interrupción de corriente de la configuración enganchada a la desenganchada. El componente de generación de gas también tiene un elemento de activación para generar un gas. El elemento de activación se selecciona del grupo que consiste en elementos de activación de temperatura y elementos de activación de tensión.
- Los elementos de activación de temperatura pueden activarse por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento seguro.
- Los elementos de activación de tensión pueden activarse por encima de la tensión de carga segura.
- En su configuración enganchada, el elemento 8 de interrupción de corriente acopla eléctricamente uno de los electrodos (12 o 14) y su colector 4 de corriente correspondiente con una conexión laminada.
- En la configuración desenganchada, la conexión laminada se deslamina y el elemento 8 de interrupción de corriente forma un entrehierro no conductor para interrumpir el acoplamiento eléctrico entre el electrodo (12 o 14) y su colector 4 de corriente correspondiente.
- El elemento 8 de interrupción de corriente cambia de su configuración enganchada a su configuración desenganchada activando el componente de generación de gas sensible al elemento de activación. El gas generado resultante deslamina la conexión laminada para interrumpir el acoplamiento eléctrico entre el electrodo (12 o 14) y su colector 4 de corriente correspondiente.
- En la realización, el limitador 6 de corriente y el elemento 8 de interrupción de corriente, en combinación, disminuyen el riesgo de inestabilidad térmica resultante del cortocircuito de separador, la sobrecarga de electrodo, y el sobrecalentamiento de electrodo.
- En una realización, el limitador 6 de corriente y el elemento 8 de interrupción de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo (12 o 14) y el colector 4 de corriente.

- En otra realización, la batería es de un tipo que tiene dos colectores 4 de corriente, que incluye un primer colector 4 de corriente y un segundo colector 4 de corriente. Los dos electrodos (12 y 14) incluyen un primer electrodo y un segundo electrodo. El primer electrodo incluye una primera parte y una segunda parte. La segunda parte del primer electrodo se interpone entre la primera parte del primer electrodo y el primer colector 4 de corriente. La mejora de esta realización de la descripción está caracterizada, además, por la estratificación del limitador 6 de corriente entre la primera parte del primer electrodo y la segunda parte del primer electrodo; y estratificándose el elemento 8 de interrupción de corriente entre la segunda parte del primer electrodo y el primer colector 4 de corriente. En una subrealización, el limitador 6 de corriente se estratifica entre la segunda parte del primer electrodo y el primer colector 4 de corriente, y el elemento 8 de interrupción de corriente se estratifica entre la primera parte del primer electrodo y la segunda parte del primer electrodo.
- En otra realización, la batería es de un tipo que tiene dos colectores 4 de corriente, que incluye un primer colector 4 de corriente y un segundo colector 4 de corriente y los dos electrodos (12 y 14) incluyen un primer electrodo y un segundo electrodo, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador 6 de corriente se estratifica entre el primer electrodo y el primer colector 4 de corriente; y por que el elemento 8 de interrupción de corriente se estratifica entre el segundo electrodo y el segundo colector 4 de corriente.
- En otra realización, la batería es de un tipo en el que cada electrodo (12 o 14) tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro y una resistividad interna en el mismo. En esta realización, el limitador 6 de corriente tiene una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo (12 o 14) con el que el limitador 6 de corriente se estratifica dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro.
- En otra realización, la mejora está caracterizada además por el limitador 6 de corriente que está desprovisto de un comutador de transición de resistividad a temperaturas dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro.
- En otra realización, la batería es de un tipo en donde cada electrodo (12 y 14) tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual. En esta realización, el limitador 6 de corriente tiene una transición de resistividad con una resistividad menor que la resistividad interna del electrodo (12 y/o 14) dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo (12 y/o 14) por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.
- En otra realización, la batería es de un tipo en donde cada electrodo (12 y 14) tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual. En esta realización, el elemento 8 de interrupción de corriente se activa mediante una temperatura por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.
- En otra realización, la batería es de un tipo en el que cada electrodo (12 y 14) tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y un intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro. En esta realización, el elemento 8 de interrupción de corriente se activa mediante una temperatura por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro.
- En otra realización, la batería es de un tipo en el que cada electrodo (12 y 14) tiene una resistividad interna dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro. En esta realización, el limitador 6 de corriente tiene una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo (12 o 14) con el que el limitador 6 de corriente se estratifica dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro. En una alternativa a esta realización, el limitador 6 de corriente y el elemento 8 de interrupción de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo (12 o 14) y el colector 4 de corriente.
- En otra realización, la batería es de un tipo en el que cada electrodo (12 y 14) tiene un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual. En esta realización, el elemento 8 de interrupción de corriente se activa mediante una tensión por encima del intervalo de tensión para un funcionamiento habitual.
- En otra realización, la batería es de un tipo en el que cada electrodo (12 y 14) tiene un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual y un intervalo de tensión para un funcionamiento seguro. En esta realización, el elemento 8 de interrupción de corriente se activa mediante una tensión por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y dentro del intervalo de tensión para un funcionamiento seguro. En una alternativa de esta realización, el limitador 6 de corriente y el elemento 8 de interrupción de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo (12 o 14) y el colector 4 de corriente.
- Una realización se refiere a una batería recargable de alta densidad de energía mejorada de un tipo que incluye dos electrodos (12 y 14) de polaridad opuesta, un separador 2 que separa los dos electrodos (12 y 14), y al menos un colector 4 de corriente acoplado eléctricamente a uno de los electrodos (12 o 14). El separador 2 impide la descarga interna entre los dos electrodos (12 y 14). Un fallo del separador 2 provoca, posiblemente, una descarga interna entre los dos electrodos (12 y 14). La descarga interna provoca la generación de calor de Joule con posibles daños.
- La mejora para esta realización comprende un elemento 8 de interrupción de corriente térmicamente activable y un elemento 8 de interrupción de corriente activable por tensión.

- El elemento 8 de interrupción de corriente térmicamente activable se estratifica mediante laminación entre uno de los colectores 4 de corriente y uno de los electrodos (12 o 14). El elemento 8 de interrupción de corriente térmicamente activable, cuando está desactivado, acopla eléctricamente el colector 4 de corriente al electrodo (12 o 14) con el que se estratifica, el elemento 8 de interrupción de corriente. Cuando está activado, el elemento 8 de interrupción de corriente térmicamente activable se deslamina del colector 4 de corriente para formar un entrehierro no conductor para desacoplar eléctricamente el colector 4 de corriente del electrodo (12 o 14) con el que se había estratificado. El desacoplamiento eléctrico sirve para ralentizar la velocidad de descarga interna entre los dos electrodos (12 y 14) en caso de fallo del separador.
- El elemento 8 de interrupción de corriente activable por tensión se estratifica mediante laminación entre uno de los colectores 4 de corriente y uno de los electrodos (12 o 14). El elemento 8 de interrupción de corriente activable por tensión, cuando está desactivado, acopla eléctricamente el colector 4 de corriente al electrodo (12 o 14) con el que se estratifica. El elemento 8 de interrupción de corriente, cuando está activado, se deslamina del colector 4 de corriente formando un entrehierro no conductor para desacoplar eléctricamente el colector 4 de corriente del electrodo (12 o 14) con el que se había estratificado. El desacoplamiento eléctrico resultante sirve para ralentizar la velocidad de descarga interna entre los dos electrodos (12 y 14) en caso de fallo del separador. En esta realización, activación de cualquiera del elemento 8 de interrupción de corriente térmicamente activado o el elemento 8 de interrupción de corriente activado por tensión en caso de fallo del separador, ralentiza la generación calor de Joule para disminuir posibles daños.
- Una realización se refiere a un procedimiento para evitar la inestabilidad térmica dentro de una batería recargable de alta densidad de energía que experimenta descarga interna debido a un fallo de separador. El procedimiento comprende la etapa de deslaminar un electrodo (12 o 14) dentro de la batería desde su colector 4 de corriente generando un gas de un material de generación de gas sensible al calor dentro de una capa de interrupción interpuesta entre el electrodo (12 o 14) y colector 4 de corriente. La deslaminación desacopla eléctricamente el electrodo (12 o 14) de su colector 4 de corriente para ralentizar la velocidad de descarga interna.
- Una realización se refiere a un procedimiento para evitar la inestabilidad térmica dentro de una batería recargable de alta densidad de energía en riesgo de sufrir un fallo de separador debido a una sobrecarga de tensión. El procedimiento comprende la etapa de deslaminar un electrodo (12 o 14) dentro de la batería desde su colector 4 de corriente generando un gas de un material de generación de gas sensible a tensión dentro de una capa de interrupción interpuesta entre el electrodo (12 o 14) y colector 4 de corriente. La deslaminación desacopla eléctricamente el electrodo (12 o 14) de su colector 4 de corriente para interrumpir la sobrecarga de tensión.
- Una realización se refiere a un procedimiento para evitar la inestabilidad térmica dentro de una batería recargable de alta densidad de energía en riesgo de sufrir un fallo de separador debido a sobrecarga de tensión. El procedimiento comprende la etapa de deslaminar un electrodo (12 o 14) dentro de la batería desde su colector 4 de corriente generando un gas de un material sensible a temperatura o tensión que formará el gas indirectamente a través de su compuesto de descomposición (a tensión elevada) que reaccionará con los componentes de batería tales como electrolitos y electrodos (12 y 14). Este material sensible a temperatura o tensión seguirá denominándose generador de gas, y puede encontrarse dentro de una capa de interrupción interpuesta entre el electrodo (12 o 14) y el colector 4 de corriente. La deslaminación desacopla eléctricamente el electrodo (12 o 14) de su colector 4 de corriente para interrumpir la sobrecarga de tensión.
- La presente descripción se describe más en detalle en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas realizaciones a modo de ejemplo de la presente descripción. Tal como tendrán en consideración los expertos en la técnica, las realizaciones descritas pueden modificarse de diversas maneras diferentes, todas ellas sin alejarse del alcance de la presente descripción. Por consiguiente, los dibujos y la descripción han de tenerse en consideración como de naturaleza ilustrativa y no limitativa. En los dibujos, los grosores de capas y regiones pueden exagerarse por motivos de claridad.
- Las figuras 1A-1G ilustran representaciones esquemáticas de configuraciones a modo de ejemplo de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen una o más capas resistentes que funcionan como limitadores 6 de corriente, para proteger la batería frente a sobrecalentamiento en caso de un cortocircuito interno, combinadas con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse térmicamente mediante un aumento de temperatura, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecaliente o logre una temperatura no segura.
- Las figuras 2A y 2B ilustran representaciones esquemáticas de configuraciones a modo de ejemplo de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen una o más capas que funcionan como limitadores 6 de corriente y elementos 8 de interrupción de corriente combinados, para proteger la batería frente a sobrecalentamiento en caso de un cortocircuito interno, combinados con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse por tensión mediante un aumento de tensión, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecargue.
- Las figuras 3A y 3B ilustran representaciones esquemáticas de configuraciones a modo de ejemplo de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen una o más capas resistentes que funcionan como limitadores 6 de

corriente para proteger la batería frente a sobrecalentamiento en caso de cortocircuito interno, combinados con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse térmicamente mediante un aumento de temperatura, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecaliente o logre una temperatura no segura, y combinados adicionalmente con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse mediante un aumento de tensión, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecargue.

Las figuras 4A-4D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 4A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película adicionales (figuras 4C y D).

10 Las figuras 5A-5D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 5A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película adicionales (figuras 5C y D).

Las figuras 6A-6D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 6A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película de la presente descripción (figuras 6C y D).

Las figuras 7A-7D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 7A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película de la presente descripción (figuras 7C y D).

15 Las figuras 8A-8D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 8A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película adicionales (figuras 8C y D).

Las figuras 9A-9D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 9A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película adicionales (figuras 9C y D).

20 Las figuras 10A-10D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 10A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película de la presente descripción (figuras 10C y D).

Las figuras 11A-11D ilustran vistas en sección transversal de baterías de iones de litio de tipo de película de la técnica anterior (figuras 11A y B) y de baterías de iones de litio de tipo de película de la presente descripción (figuras 11C y D).

25 Las figuras 12A-12C ilustran estructuras a modo de ejemplo del limitador 6 de corriente y el elemento 8 de interrupción de corriente combinados.

Las figuras 13A y 13B ilustran composiciones de celda a modo de ejemplo.

La figura 14 ilustra las diversas formulaciones de electrodo 14 positivo usadas en mediciones de tensión de descomposición química.

30 La figura 15 ilustra la resistencia de la celda de línea de referencia n.º 2 a 3,6V frente a grafito en relación con el aumento de temperatura. La resistencia disminuye aproximadamente 10 veces con el aumento de temperatura.

La figura 16 ilustra la resistencia de la celda n.º 3 (electrodo 14 positivo con la capa de cerámica  $\text{CaCO}_3$ ) a 0, 3,646, y 4,11 respectivamente, tensión frente a grafito en relación con el aumento de temperatura. La resistencia aumenta ligeramente para tensión nula, y dramáticamente para 3,646 y 4,11 V.

35 La figura 17 ilustra la resistencia de la celda n.º 4 (electrodo 14 positivo con la capa de cerámica  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{CaCO}_3$ ) a tensión nula y 3,655V, respectivamente, tensión frente a grafito en relación con el aumento de temperatura. La resistencia aumenta ligeramente para tensión nula, y dramáticamente para 3,655 V.

La figura 18 ilustra la capacidad de descarga de la celda de línea de referencia n.º 1 (capa no resistiva) frente a la tensión de celda a 1A, 3A, 6A y 10A.

40 La figura 19 ilustra la capacidad de descarga de la celda n.º 3 (capa 6 resistiva a base de  $\text{CaCO}_3$  al 85,2%) frente a la tensión de celda a 1A, 3A, 6A y 10A. La capacidad de descarga de celda disminuye significativamente con el aumento de la corriente de descarga de celda con esta capa 6 resistiva particular.

45 La figura 20 resume la impedancia de celda y las capacidades de descarga a 1A, 3A, 6A y 10A y sus relaciones correspondientes de la capacidad a 3A, 6A o 10A sobre la de 1A para la celda n.º 1 (línea de referencia), n.º 3, n.º 4, n.º 5, y n.º 6. La impedancia de celda a 1 KHz aumenta con la capa generadora de gas y resistiva. La capa 6 resistiva ha provocado el aumento en la impedancia de celda dado que todas las celdas con la capa 6 resistiva obtienen una mayor impedancia mientras que la capacidad de descarga de celda depende del caso individual.

La figura 21 ilustra la prueba de impacto.

50 La figura 22 ilustra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto para la celda n.º 1 (línea de referencia), n.º 3, n.º 5, y n.º 6. La tensión de todas las celdas sometidas a prueba cayó a cero tan pronto como la

varilla de acero impactó contra la celda. Todas las celdas con la capa generadora de gas y resistiva pasaron la prueba mientras que la celda sin ninguna capa 6 resistiva falló en la prueba (prendió en llamas). La temperatura de celda máxima durante la prueba de impacto se resume en la figura 23.

5 La figura 23 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto para la celda n.<sup>o</sup> 1 (línea de referencia), n.<sup>o</sup> 3, n.<sup>o</sup> 4, n.<sup>o</sup> 5, y n.<sup>o</sup> 6.

La figura 24 ilustra la tensión y la temperatura de la celda frente a tiempo de prueba de impacto para la celda n.<sup>o</sup> 6. El tiempo de inicio de impacto se establece en 2 minutos. La tensión de celda cae a cero tan pronto como la celda se ve impactada. Se muestra que la temperatura de celda aumenta rápidamente.

10 La figura 25 ilustra la tensión y temperatura de celda frente al tiempo de sobrecarga para la celda n.<sup>o</sup> 1 (sin ninguna capa de protección). La tensión de celda aumentó gradualmente hasta 40 minutos y entonces disminuyó ligeramente y saltó a la tensión de carga máxima rápidamente en aproximadamente 56 minutos mientras que al mismo tiempo la temperatura de celda aumentó dramáticamente a por encima de 600 °C. A continuación, la tensión y temperatura de celda cayeron a un valor muy bajo debido a la pérdida de la conexión cuando la celda se prendió fuego. La corriente de sobrecarga fue de 2A hasta que la celda se prendió fuego y entonces cayó a aproximadamente 0,2A durante uno o dos minutos y entonces volvió a 2A porque la celda se acortó. La celda se quemó.

15 La figura 26 ilustra la tensión y temperatura de celda frente al tiempo de sobrecarga para la celda con la celda n.<sup>o</sup> 3 (capa de CaCO<sub>3</sub>). La tensión de celda aumentó gradualmente hasta 40 minutos y entonces aumentó rápidamente a una tensión de carga máxima de 12V en aproximadamente 55 minutos. La temperatura de celda aumentó rápidamente a por encima de 80 °C comenzando en aproximadamente 40 minutos y entonces disminuyó rápidamente. La corriente de sobrecarga disminuyó significativamente a 55 °C y se mantuvo en 0,2A durante el resto del tiempo de prueba. La celda se infló significativamente tras la prueba.

20 La figura 27 ilustra la tensión y temperatura de celda frente al tiempo de sobrecarga para la celda n.<sup>o</sup> 5 (capa de Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). La tensión de celda aumentó gradualmente hasta 40 minutos y entonces aumentó rápidamente a una tensión de carga máxima 12V en aproximadamente 75 minutos. Los perfiles de tensión de sobrecarga de celda son muy diferentes de la capa 6 resistiva a base de CaCO<sub>3</sub>, lo que indica la diferencia en la descomposición de Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> en comparación con la de CaCO<sub>3</sub>. La temperatura de celda aumentó significativamente en aproximadamente 40 minutos a por encima de 75 °C y entonces disminuyó gradualmente. La corriente de sobrecarga disminuyó significativamente en 75 minutos y se mantuvo en 1A durante el resto del tiempo de prueba. La celda se infló significativamente tras la prueba.

25 30 La figura 28 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de sobrecarga (2A/12V) para la celda n.<sup>o</sup> 1 (línea de referencia), n.<sup>o</sup> 3, n.<sup>o</sup> 4, n.<sup>o</sup> 5, y n.<sup>o</sup> 6.

La figura 29 ilustra el ciclo de vida de la celda n.<sup>o</sup> 3 (capa 6 resistiva de CaCO<sub>3</sub>). La celda perdió aproximadamente el 1,8% tras 100 ciclos, lo cual es menor que el de las celdas sin ninguna capa resistiva (~2,5% promedio, no se muestra).

35 La figura 30 ilustra el ciclo de vida de la celda n.<sup>o</sup> 4 (capa 6 resistiva de CaCO<sub>3</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). La celda perdió aproximadamente el 1,3% tras 100 ciclos lo cual es menor que el de las celdas sin ninguna capa resistiva (~2,5% promedio, no se muestra).

40 La figura 31 ilustra los perfiles de corriente frente a la tensión a temperatura ambiente para compuestos (generadores de gas) que contienen diferentes aniones para su posible uso en baterías recargables con diferente tensión de funcionamiento. La corriente y tensiones pico se enumeran en la figura 32. La corriente pico para Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> fue la más elevada mientras que la corriente pico para CaCO<sub>3</sub> fue la más baja. La tensión pico para Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> fue la más baja mientras que la tensión pico de CaCO<sub>3</sub> fue la más elevada. Por tanto, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> puede resultar útil en baterías de iones de litio con una tensión de funcionamiento relativamente baja tal como celda de ion de litio que usa electrodo positivo de fosfato de hierro y litio (3,7 V como tensión de carga máxima habitual). CaCO<sub>3</sub> puede resultar útil en baterías de iones de litio con una tensión de funcionamiento elevada tal como en una celda de ion de litio que usa la alta tensión positiva tal como óxido de litio y cobalto (4,2V como la tensión de carga máxima habitual) o óxidos de litio, níquel, manganeso y cobalto (4,3 o 4,4V como la tensión de carga elevada habitual).

45 La figura 32 resume la corriente y tensión pico para compuestos que contienen diferentes aniones.

50 La figura 33 ilustra los perfiles de corriente frente a la tensión para los polímeros (generadores de gas orgánicos) con o sin diferentes aniones para su posible uso en baterías recargables con diferente tensión de funcionamiento. Se incluye PVDF como referencia. La corriente y tensiones pico se enumeran en la figura 34. La corriente pico para Carbopol, Al-50 y PVDF fueron muy similares mientras que CMC fue la más baja. La tensión pico de Carbopol fue la más baja mientras que la tensión pico de CMC fue la más elevada. Por tanto, Carbopol que contiene CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> anión puede resultar útil en baterías de iones de litio con una tensión de funcionamiento relativamente baja tal como una celda de ion de litio que usa un electrodo positivo de fosfato de hierro y litio (3,7 V como la tensión de carga máxima habitual). CMC puede resultar útil en baterías de iones de litio con una tensión de funcionamiento elevada tal como una celda de ion de litio que usa tensión positiva elevada tal como óxido de litio y cobalto (4,2V como la tensión de

carga máxima habitual) u óxidos de litio, níquel, manganeso y cobalto (4,3 o 4,4V como la tensión de carga elevada habitual). El Agua es uno de los compuestos de descomposición de CMC y reaccionará con el electrolito y el litio intercalado en el electrodo de grafito negativo para generar los gases tales como fluoruro de hidrógeno (HF) y oxígeno ( $O_2$ ) además de ser vapor o gas por encima de 100 °C.

- 5 La figura 34 resume la corriente y tensión pico para polímeros con o sin diferentes aniones.

La figura 35 muestra perfiles de temperatura de celda y tensión de sobrecarga durante una prueba de sobrecarga de 2A/12V a temperatura ambiente.

La figura 36 ilustra la impedancia de celda y capacidades a diferentes corrientes para las celdas 1, 3, 4, 5, y 6 descrita en los ejemplos 9-12 a continuación.

- 10 La figura 37 ilustra la resistencia de la celda 2 (línea de referencia, no capa resistiva) a 3,6V frente a grafito en relación con el aumento de temperatura. La resistencia disminuyó aproximadamente 10 veces con el aumento de temperatura.

La figura 38 ilustra la resistencia de la celda 3 a 4,09V frente a grafito en relación con el aumento de temperatura. La resistencia disminuyó ligeramente y aumentó aproximadamente 3 veces y entonces disminuyó aproximadamente 3 veces con el aumento de temperatura.

- 15 La figura 39 ilustra la capacidad de descarga de la celda 4 frente a la tensión de celda en 1A, 3A, 6A y 10A. La capacidad de descarga de celda disminuye dramáticamente con el aumento en la corriente de descarga de celda con esta capa resistiva particular.

- 20 La figura 40 ilustra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto para las celdas 1, 3, 4, 5, y 6, tal como se describe en los ejemplos 9-12. Todas las celdas con la capa resistiva pasaron la prueba mientras que la celda sin ninguna capa resistiva falló en la prueba (prendió en llamas). La temperatura de celda máxima durante la prueba de impacto se resume en la figura 41.

La figura 41 ilustra la temperatura máxima obtenida por las celdas 1, 3, 4, 5, y 6 durante la prueba de impacto, tal como se describe en los ejemplos 9-12.

- 25 La figura 42 ilustra el ciclo de vida de la celda 3. La celda perdió aproximadamente el 2% tras 100 ciclos, lo cual es similar a las celdas sin ninguna capa resistiva (~2,5% promedio, no se muestra).

Un funcionamiento seguro a largo plazo de baterías recargables de alta densidad de energía, que incluyen baterías de iones de litio, es un objetivo de los fabricantes de baterías. Un aspecto de funcionamiento de batería seguro es el control del calor generado por las baterías recargables. Tal y como se describió anteriormente, muchos factores pueden provocar que el calor generado por una batería recargable exceda su capacidad de disipación de calor, tal como un defecto de batería, un accidente, o una corriente interna excesiva. Cuando el calor generado por una batería supera su capacidad para disipar el calor, una batería recargable se vuelve susceptible de inestabilidad térmica, sobrecalentamiento, y, posiblemente, incluso fuego o explosión violenta. A continuación, se describen aparatos y métodos asociados con un interruptor de corriente interna activado térmicamente que puede interrumpir el circuito interno de una batería recargable, impidiendo la inestabilidad térmica.

Otro aspecto de funcionamiento de batería seguro es el control de las reacciones en los electrodos de estas baterías recargables durante la carga y descarga de batería. Tal y como se describió anteriormente, la corriente eléctrica fluye fuera de la batería, a través de un circuito externo durante el uso, mientras que los iones se mueven de un electrodo a otro dentro de la batería. En algunos casos, se produce sobrecarga y puede conllevar una inestabilidad térmica dentro de la batería. A continuación, se describen aparatos y métodos asociados con un limitador de corriente interna que limita la velocidad de descarga interna en una batería recargable cuando existe un cortocircuito interno.

Un aspecto adicional del funcionamiento de batería seguro es el control de la descarga de estas baterías recargables. Tal como se describió anteriormente, un separador, o capa de barrera, se usa para separar los electrodos positivo y negativo en baterías recargables en las que los iones pueden moverse a través de la batería, pero se hace que la corriente eléctrica fluya fuera de la batería, a través de un circuito externo. Muchos factores pueden provocar que el separador se rompa, y pueden provocar que se produzca un cortocircuito dentro de una batería recargable. Un cortocircuito conlleva una rápida descarga y posiblemente un sobrecalentamiento e inestabilidad térmica. A continuación, se describen aparatos y métodos asociados con un limitador de corriente interna que limita la velocidad de descarga interna en una batería recargable cuando existe un cortocircuito interno.

La terminología usada en el presente documento simplemente presenta el fin de describir algunas realizaciones a modo de ejemplo particulares y no está destinada a limitar la descripción. Tal como se usa en el presente documento, las formas en singular también están destinadas a incluir las formas en plural, a menos que el contexto especifique claramente lo contrario. Se comprende adicionalmente que los términos "comprende" y/o "que comprende", cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números

enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes mencionados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos adicionales de los mismos.

5 Se comprende que, aunque los términos "primer", "segundo," etc., pueden usarse en el presente documento para describir diversos miembros, elementos, regiones, capas y/o partes, estos miembros, elementos, regiones, capas y/o partes no deben verse limitados por estos términos. Estos términos pueden usarse simplemente para diferenciar un miembro, elemento, región, capa y/o parte de otro miembro, elemento, región, capa y/o parte. Por tanto, por ejemplo, un primer miembro, elemento, región, capa y/o parte comentado a continuación puede denominarse segundo miembro, elemento, región, capa y/o parte sin alejarse de las enseñanzas de la presente descripción.

10 Las figuras 1A-1G ilustran representaciones esquemáticas de configuraciones a modo de ejemplo de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen una o más capas resistivas que funcionan como limitadores de corriente (6 en las figuras 4A-4D), para proteger la batería frente a sobrecalentamiento en caso de que de un cortocircuito interno, combinado con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse térmicamente mediante un aumento de temperatura, interrumpa de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecaliente o logre una temperatura no segura. Las figuras 1A y 1C muestran configuraciones para baterías con un colector 101 de corriente de cátodo, una capa 102 de energía de cátodo, un separador 103, una capa 104 de energía de ánodo, una capa 105 de interrupción térmica y de limitación resistiva, y un colector 106 de corriente de ánodo. La configuración mostrada en la figura 1B tiene un colector 101 de corriente de cátodo, una capa 102 de energía de cátodo, un separador 103, una primera capa 107 de energía de ánodo, una capa 105 de interrupción térmica y de limitación resistiva, una segunda capa 108 de energía de ánodo, y un colector 106 de corriente de ánodo. La figura 1D muestra una configuración de un colector 101 de corriente de cátodo, una primera capa 109 de energía de cátodo, un separador 103, una segunda capa 110 de energía de cátodo, una capa 105 de interrupción térmica y de limitación resistiva, una capa 104 de energía de ánodo, y un colector 106 de corriente de ánodo. Las figuras 1E-1G muestran configuraciones para baterías con un colector 101 de corriente de cátodo, una capa 102 de energía de cátodo, un separador 103, una capa 104 de energía de ánodo, una primera capa 111 de interrupción térmica y de limitación resistiva, una segunda capa 112 de interrupción térmica y de limitación resistiva, una capa 104 de energía de ánodo, y un colector 106 de corriente de ánodo.

30 Las figuras 2A y 2B ilustran representaciones esquemáticas de configuraciones a modo de ejemplo de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen una o más capas que funcionan como limitadores 6 de corriente y elementos 8 de interrupción de corriente combinados, para proteger la batería frente a sobrecalentamiento en caso de un cortocircuito interno, combinados con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse por tensión mediante un aumento de tensión, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecargue. La figura 2A muestra una configuración para una batería con un colector 201 de corriente de ánodo, una capa 202 de energía de ánodo, un separador 203, una capa 204 de energía de cátodo, una capa 205 de interrupción térmica y de limitación resistiva, y un colector 206 de corriente de cátodo. La configuración mostrada en la figura 2B tiene un colector 201 de corriente de ánodo, una capa 202 de energía de ánodo, un separador 203, una primera 207 capa de energía de cátodo, una capa 205 de interrupción térmica y de limitación resistiva, una segunda capa 208 de energía de cátodo, y un colector 206 de corriente de cátodo.

40 Las figuras 3A y 3B ilustran representaciones esquemáticas de configuraciones a modo de ejemplo de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen una o más capas resistivas que funcionan como limitadores 6 de corriente para proteger la batería frente a sobrecalentamiento en caso de un cortocircuito interno, combinados con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse térmicamente mediante un aumento de temperatura, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecaliente o logre una temperatura no segura, y combinados adicionalmente con elementos 8 de interrupción de corriente que pueden activarse mediante un aumento de tensión, para interrumpir de manera no reversible el procedimiento de autodescarga en caso de que la batería se sobrecargue. La figura 3A muestra una configuración para una batería con un colector 301 de corriente de ánodo, una capa 302 de energía de ánodo, un separador 303, una capa 304 de energía de cátodo, un limitador resistivo, capa 305 de interrupción de tensión y de limitación térmica, y un colector 306 de corriente de cátodo. La configuración mostrada en la figura 3B tiene un colector 301 de corriente de ánodo, una capa 302 de energía de ánodo, un separador 303, una primera capa 307 de energía de cátodo, un limitador resistivo, una capa 305 de interrupción de tensión y de interrupción térmica, una segunda capa 308 de energía de cátodo, y un colector 306 de corriente de cátodo.

55 Las figuras 4C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A. Más particularmente, las figuras 4A-4D ilustran el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película que experimenta descarga para alimentar una carga (L). Las figuras 4A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 4B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo película que tienen capa resistiva que funcionan como un limitador 6 de corriente, en donde el separador 2 se ha cortocircuitado por una dendrita 10 conductora que penetra a su través. En las figuras 4B y D, las celdas experimentan descarga interna debido a una dendrita 10 que penetra en el separador 2. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 4A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 4B), la

corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo que tiene un separador 2 cortocircuitado y una capa 6 resistiva (figura 4D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 4D, el elemento 8 de interrupción no se ha activado.

- 5 Las figuras 5C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A. Más particularmente, las figuras 5A-5D ilustran el flujo de corriente a través de las baterías de iones de litio de tipo de película mientras la carga una fuente de alimentación inteligente (PS) que detendrá la carga cuando detecta cualquier tensión de carga anómala. Las figuras 5A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 5B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo película que tienen un separador 2 cortocircuitado por una dendrita 10 conductora. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 5A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 5B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo que tiene un separador 2 cortocircuitado y la capa 6 resistiva (figura 5D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 5D, el elemento 8 de interrupción no se ha activado.
- 10 15 Las figuras 6C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A, tras haberse activado el elemento 8 de interrupción mediante un exceso de temperatura o tensión. Más particularmente, las figuras 6A-6D ilustran el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película que experimentan descarga para alimentar una carga (L). Las figuras 6A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 6B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un cortocircuito provocado por una dendrita 10 conductora que penetra en el separador 2. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 6A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 6B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo de la presente descripción que tiene un separador 2 cortocircuitado y tanto una capa resistiva (limitador 6 de corriente) como un elemento 8 de interrupción de corriente (figura 6D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 6D, el elemento 8 de interrupción se ha activado.
- 20 25

Las figuras 7C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A, tras haberse activado el elemento 8 de interrupción mediante un exceso de temperatura o tensión. Más particularmente, la figura 7 ilustra el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película mientras se cargan mediante una fuente de alimentación inteligente (PS) que detendrá la carga cuando detecta cualquier tensión de carga anómala. Las figuras 7A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 7B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un cortocircuito provocado por un separador 2 cortocircuitado por una dendrita 10. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 7A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 7B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo de la presente descripción que tiene un separador 2 cortocircuitado y una capa 6 resistiva (limitador 6 de corriente) (figura 7D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 7D, el elemento 8 de interrupción se ha activado.

- 30 35 40 45 50 Las figuras 8C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A. Más particularmente, las figuras 8A-8D ilustran el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película que experimentan descarga para alimentar una carga (L). Las figuras 8A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 8B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo película que tienen capa resistiva que funcionan como un limitador 6 de corriente, en donde el separador 2 se ha cortocircuitado mediante una alteración 16. En las figuras 8B y D, las celdas experimentan descarga interna debido a una ruptura 16 que penetra en el separador 2. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 8A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 8B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo que tiene un separador 2 cortocircuitado y una capa 6 resistiva (figura 8D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 8D, el elemento 8 de interrupción no se ha activado.

- 55 60 Las figuras 9C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A. Más particularmente, las figuras 9A-9D ilustran el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película mientras se cargan mediante una fuente de alimentación inteligente (PS) que detendrá la carga cuando detecta cualquier tensión de carga anómala. Las figuras 9A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 9B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo película que tienen un separador 2 cortocircuitado por una alteración 16. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 9A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 9B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo que tiene un separador 2 cortocircuitado y una capa 6 resistiva (figura 9D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 9D, el elemento 8 de interrupción no se ha activado.

Las figuras 10C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A, tras haber activado el elemento 8 de interrupción mediante un exceso de temperatura o tensión. Más particularmente, las figuras 10A-10D ilustran el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película que experimentan descarga para alimentar una carga (L). Las figuras 10A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 10B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo película que tienen un cortocircuito provocado por una alteración 16. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 10A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 10B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo de la presente descripción que tiene un separador 2 cortocircuitado y tanto una capa resistiva (limitador 6 de corriente) como un elemento 8 de interrupción de corriente (figura 6D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 10D, el elemento 8 de interrupción se ha activado.

Las figuras 11C y D ilustran las baterías de iones de litio de tipo de película de las figuras 1A, 2A, o 3A, tras haber activado el elemento 8 de interrupción mediante un exceso de temperatura o tensión. Más particularmente, las figuras 11A-11D ilustran el flujo de corriente a través de baterías de iones de litio de tipo de película mientras se cargan mediante una fuente de alimentación inteligente (PS) que detendrá la carga cuando detecta cualquier tensión de carga anómala. Las figuras 11A y C ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un separador 2 completamente operativo intacto (sin cortocircuito). Las figuras 11B y D ilustran el flujo de corriente de baterías de iones de litio de tipo de película que tienen un cortocircuito provocado por un separador 2 cortocircuitado por una alteración 16. Obsérvese que los dispositivos con separadores 2 sin cortocircuito (figuras 11A y C) y el dispositivo de la técnica anterior con el separador 2 cortocircuitado (figura 11B), la corriente fluye desde un colector 4 de corriente hasta el otro. Sin embargo, en el dispositivo a modo de ejemplo de la presente descripción que tiene un separador 2 cortocircuitado y una capa 6 resistiva (limitador 6 de corriente) (figura 11D), el flujo de corriente se desvía desde el colector 4 de corriente y se reduce mucho. En la figura 11D, el elemento 8 de interrupción se ha activado.

La figura 12A ilustra una capa 6 resistiva que tiene una elevada proporción de partículas de cerámica revestidas con aglutinante. Orificios intersticiales entre las partículas de cerámica revestidas hacen que la capa 6 resistiva sea porosa. La figura 12B ilustra capa la 6 resistiva que tiene una elevada proporción de partículas de cerámica aglutinadas en conjunto mediante partículas de aglutinante. Los orificios intersticiales entre las partículas de cerámica revestidas hacen que la capa 6 resistiva sea porosa. La figura 12C ilustra una capa 6 resistiva que tiene una proporción intermedia de partículas de cerámica (menor del 80%) que se mantienen en conjunto con aglutinante. La capa 6 resistiva está desprovista de orificios intersticiales entre las partículas de cerámica revestidas y no es porosa.

#### Limitador de corriente

Una realización del primer aspecto de la descripción se refiere a una batería de HEDR mejorada de un tipo que incluye una capa 12 de energía de ánodo, una capa 14 de energía de cátodo, un separador 2 entre la capa 12 de energía de ánodo y la capa 14 de energía de cátodo para impedir la descarga interna de las mismas, y al menos un colector 4 de corriente para transferir electrones a y de cualquiera de la capa de energía de cátodo o de ánodo. Cada una de las capas de energía de cátodo y ánodo tiene una resistividad interna. La batería de HEDR tiene un intervalo de temperatura preferido para la descarga de corriente eléctrica y un límite de seguridad de temperatura superior. La mejora puede emplearse, en caso de fallo del separador, para limitar la velocidad de descarga interna a través del separador defectuoso y resultando la generación de calor de Joule a partir de la misma. Más particularmente, la mejora comprende una capa 6 resistiva interpuesta entre el separador y uno de los colectores 4 de corriente para limitar la velocidad de descarga interna a través del separador defectuoso en caso de fallo del separador. La capa 6 resistiva tiene una resistividad fija a temperaturas entre el intervalo de temperatura preferido y el límite de seguridad de temperatura superior. La resistividad fija de la capa 6 resistiva es superior a la resistividad interna de cualquier capa de energía. La capa 6 resistiva ayuda a la batería a evitar temperaturas en exceso del límite de seguridad de temperatura superior en caso de fallo del separador.

Algunas realizaciones de la presente descripción que incluyen una batería recargable de alta densidad de energía mejorada son de un tipo que incluye:

1. dos electrodos (12 y 14) de polaridad opuesta, estando cada electrodo caracterizado por su resistividad, por su intervalo de temperatura de funcionamiento seguro, y su tensión de carga segura; sometiéndose los dos electrodos a un riesgo de sobrecarga por encima de la tensión de carga segura y la formación del cortocircuito a partir de la misma; sometiéndose los dos electrodos a un riesgo de inestabilidad térmica por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento seguro.

2. un separador 2 para separar los dos electrodos e impedir la descarga interna entre los mismos; sometiéndose el separador a un riesgo de formación de un cortocircuito, permitiendo, el cortocircuito, posiblemente, una descarga interna rápida entre los dos electrodos, permitiendo la descarga interna rápida entre los dos electrodos posiblemente una producción rápida de calor de Joule a partir de la misma, permitiendo la producción rápida de calor de Joule posiblemente una inestabilidad térmica.

3. al menos un electrodo que emplea un colector 4 de corriente para transferir electrones.
4. un limitador 6 de corriente que forma un acoplamiento eléctrico entre uno de los electrodos y su colector de corriente correspondiente, teniendo el limitador de corriente una resistividad para obstaculizar de manera resistiva la corriente a su través y, en caso de que el separador forme el cortocircuito, para desviar corriente desde el electrodo colector de corriente al que está acoplado, y para reducir la velocidad de la descarga interna entre los dos electrodos.
5. un elemento 8 de interrupción de corriente que tiene una configuración enganchada, una configuración desenganchada, y un componente de generación de gas para cambiar el interruptor de corriente de la configuración enganchada a la desenganchada, teniendo el componente de generación de gas un elemento de activación para generar un gas, seleccionándose el elemento de activación del grupo que consiste en elementos de activación de temperatura y elementos de activación de tensión, pudiendo los elementos de activación de temperatura activarse por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento seguro; pudiendo los elementos de activación de tensión activarse por encima de la tensión de carga segura; en la configuración enganchada, el interruptor de corriente acopla eléctricamente uno de los electrodos y su colector de corriente correspondiente con una conexión laminada, en la configuración desenganchada, deslaminándose la conexión laminada y formando el interruptor de corriente un entrehierro no conductor para interrumpir el acoplamiento eléctrico entre el electrodo y su colector de corriente correspondiente, cambiando el interruptor de corriente de la configuración enganchada a la desenganchada activando el componente de generación de gas sensible al elemento de activación, deslaminando el gas generado la conexión laminada para interrumpir el acoplamiento eléctrico entre el electrodo y su colector de corriente correspondiente, mediante lo que el limitador de corriente y el interruptor de corriente, en combinación, disminuyen el riesgo de inestabilidad térmica resultante del cortocircuito de separador, sobrecarga de electrodo, y sobrecalentamiento de electrodo.
- 10 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente se activa mediante temperatura.
- 15 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene un único componente de generación de gas activado mediante temperatura.
- 20 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente se activa mediante tensión.
- 25 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene un único componente de generación de gas activado mediante tensión.
- 30 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente se activa mediante temperatura y tensión.
- 35 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene un único componente de generación de gas activado mediante temperatura y tensión.
- 40 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene dos componentes de generación de gas, uno activado mediante temperatura y el otro activado mediante tensión.
- 45 En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene uno o más compuestos de generación de gas inorgánicos que generan gas a una temperatura o tensión específica.
- 50 En algunas realizaciones, los compuestos de generación de gas inorgánicos se seleccionan del grupo que consiste en  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{ZnCO}_3\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$ , y  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  tal como se da a conocer en la figura 32.
- En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene uno o más compuestos de generación de gas orgánicos que generan gas a una temperatura o tensión específica.
- En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene uno o más compuestos de generación de gas orgánicos se seleccionan del grupo que consiste en Carbopol, Torlon® AI-50, CMC, y PVDF tal como se da a conocer en la figura 34.
- En algunas realizaciones, el interruptor de corriente incluye una capa que contiene una combinación de compuestos de generación de gas orgánicos e inorgánicos que generan gas a una temperatura o tensión específica.
- En algunas realizaciones de la batería recargable de alta densidad de energía mejorada, el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y el colector de corriente, tal como se da a conocer en las figuras 1A, 1C, y 2A.
- En algunas realizaciones de la batería recargable de alta densidad de energía mejorada, el limitador de corriente y el interruptor de corriente activados mediante tanto temperatura como tensión se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y el colector de corriente, tal y como se da a conocer en la figura 3A.
- En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo

- los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, estando la mejora caracterizada, además, por que:
- el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una primera capa protectora interpuesta mediante laminación entre el primer electrodo y el primer colector de corriente; y
- 5 el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una segunda capa protectora interpuesta mediante laminación entre el segundo electrodo y el segundo colector de corriente, tal y como se da a conocer en la figura 1E.
- En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, estando la mejora caracterizada, además, por que:
- 10 el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una primera capa protectora interpuesta mediante laminación entre el primer electrodo y el primer colector de corriente; y
- el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una segunda capa protectora interpuesta mediante laminación entre el segundo electrodo y el separador, tal y como se da a conocer en la figura 1F.
- 15 En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, estando la mejora caracterizada, además, por que:
- el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una primera capa protectora interpuesta mediante laminación entre el primer electrodo y el separador; y
- 20 el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una segunda capa protectora interpuesta mediante laminación entre el segundo electrodo y el segundo colector de corriente, tal como se da a conocer en la figura 1G.
- En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo 25 los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el primer electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la segunda parte del primer electrodo interpuesta entre la primera parte del primer electrodo y el primer colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además, por que:
1. el limitador de corriente está estratificado entre la primera parte del primer electrodo y la segunda parte del primer electrodo; y
  - 30 2. el interruptor de corriente está estratificado entre la segunda parte del primer electrodo y el primer colector de corriente.
- En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo 35 los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el primer electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la segunda parte del primer electrodo interpuesta entre la primera parte del primer electrodo y el primer colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre la primera parte y la segunda parte del primer electrodo, tal y como se da a conocer en las figuras 1B y 2B.
- 40 En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el primer electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la segunda parte del primer electrodo interpuesta entre la primera parte del primer electrodo y el primer colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente y el interruptor de corriente activados tanto por temperatura como tensión se incorporan simultáneamente en una 45 capa protectora interpuesta mediante laminación entre la primera parte y la segunda parte del primer electrodo, tal como se da a conocer en la figura 3B.
- En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo 50 los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el segundo electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la primera parte del segundo electrodo interpuesta entre la segunda parte del segundo electrodo y el segundo colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además, por que:
1. el limitador de corriente está estratificado entre la primera parte del segundo electrodo y la segunda parte del segundo electrodo; y

2. el interruptor de corriente está estratificado entre la segunda parte del segundo electrodo y el segundo colector de corriente.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el segundo electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la primera parte del segundo electrodo interpuesta entre la segunda parte del segundo electrodo y el segundo colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además, por que:

- 5 1. el interruptor de corriente está estratificado entre la primera parte del segundo electrodo y la segunda parte del segundo electrodo; y
- 10 2. el limitador de corriente está estratificado entre la segunda parte del segundo electrodo y el segundo colector de corriente.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el primer electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la primera parte del segundo electrodo interpuesta entre la segunda parte del segundo electrodo y el segundo colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre la primera parte y la segunda parte del segundo electrodo, tal y como se da a conocer en la figura 1D.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente, incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, e incluyendo el primer electrodo una primera parte y una segunda parte, estando la segunda parte del primer electrodo interpuesta entre la primera parte del primer electrodo y el primer colector de corriente, estando la mejora caracterizada, además por que:

- 20 1. el limitador de corriente está estratificado entre la segunda parte del primer electrodo y el primer colector de corriente; y
- 25 2. el interruptor de corriente está estratificado entre la primera parte del primer electrodo y la segunda parte del primer electrodo.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo que tiene dos colectores de corriente, que incluyen un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente e incluyendo los dos electrodos un primer electrodo y un segundo electrodo, estando la mejora caracterizada, además, por que:

- 30 1. el limitador de corriente está estratificado entre el primer electrodo y el primer colector de corriente; y
- 35 2. el interruptor de corriente está estratificado entre el segundo electrodo y el segundo colector de corriente.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro y una resistividad interna en el mismo, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente tiene una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo con la que el limitador de corriente se estratifica dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro.

En algunas realizaciones de la batería recargable de alta densidad de energía mejorada, la mejora está caracterizada, además, por que el limitador de corriente está desprovisto de un conmutador de transición de resistividad a temperaturas dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente tiene una transición de resistividad con una resistividad menor que la resistividad interna del electrodo dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual, estando la mejora caracterizada, además, por que el interruptor de corriente se activa mediante temperatura por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y un intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro, estando la mejora caracterizada, además, por que el interruptor de corriente se activa mediante temperatura por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y dentro del intervalo

de temperatura para un funcionamiento seguro.

En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene una resistividad interna dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente tiene una resistividad superior a la resistividad interna del electrodo con la que el limitador de corriente se estratifica dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento seguro.

En algunas realizaciones de la batería recargable de alta densidad de energía mejorada, estando la mejora caracterizada, además, por que el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y colector de corriente.

10 En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual, estando la mejora caracterizada, además, por que el interruptor de corriente se activa mediante tensión por encima del intervalo de tensión para un funcionamiento habitual.

15 En algunas realizaciones, la batería recargable de alta densidad de energía mejorada es de un tipo, en donde cada electrodo tiene un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual y un intervalo de tensión para un funcionamiento seguro, estando la mejora caracterizada, además, por que el interruptor de corriente se activa mediante tensión por encima del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual y dentro del intervalo de tensión para un funcionamiento seguro.

20 En algunas realizaciones de la batería recargable de alta densidad de energía mejorada, la mejora está caracterizada, además, por que el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una capa protectora interpuesta mediante laminación entre el mismo electrodo y el colector de corriente.

25 Otras realizaciones de la presente descripción incluyen una batería recargable de alta densidad de energía mejorada de un tipo que incluye dos electrodos de polaridad opuesta, un separador que separa los dos electrodos, y al menos un colector de corriente acoplado eléctricamente a uno de los electrodos, impidiendo el separador la descarga interna entre los dos electrodos, provocando el fallo del separador posiblemente una descarga interna entre los dos electrodos (tal y como se ilustra en las figuras 6A-B y las figuras 7A-B), provocando la descarga interna una generación de calor de Joule con posibles daños, comprendiendo la mejora:

30 1. un interruptor de corriente térmicamente activable y un interruptor de corriente activable por tensión, en donde el interruptor de corriente térmicamente activable está estratificado mediante laminación entre uno de los colectores de corriente y uno de los electrodos, el interruptor de corriente térmicamente activable, cuando está desactivado, acopla eléctricamente el colector de corriente al electrodo con el que se estratifica, el interruptor de corriente, cuando está activado, se deslamina del colector de corriente para formar un entrehierro no conductor para desacoplar eléctricamente el colector de corriente del electrodo con el que se había estratificado (tal como se ilustra en las figuras 6C-D y las figuras 7C-D), ralentizando el desacoplamiento eléctrico la velocidad de descarga interna entre los dos electrodos en caso de fallo del separador;

35 2. el interruptor de corriente activable por tensión está estratificado mediante laminación entre uno de los colectores de corriente y uno de los electrodos, el interruptor de corriente activable por tensión, cuando está desactivado, acopla eléctricamente el colector de corriente al electrodo con el que se estratifica, el interruptor de corriente, cuando está activado, se deslamina del colector de corriente para formar un entrehierro no conductor para desacoplar eléctricamente el colector de corriente del electrodo con el que se había estratificado, ralentizando el desacoplamiento eléctrico la velocidad de descarga interna entre los dos electrodos en caso de fallo del separador (tal como se ilustra en las figuras 6C-D y las figuras 7C-D);

40 mediante lo que, la activación de cualquiera del interruptor de corriente térmicamente activado o el interruptor de corriente activado por tensión en caso de fallo del separador, ralentiza la generación calor de Joule para disminuir los posibles daños.

45 Algunas realizaciones de la presente descripción incluyen un procedimiento para evitar la inestabilidad térmica dentro de una batería recargable de alta densidad de energía que experimenta descarga interna debido a un fallo de separador, comprendiendo el procedimiento deslaminar un electrodo dentro de la batería de su colector de corriente generando un gas a partir de un material de generación de gas sensible al calor dentro de una capa de interrupción interpuesta entre el electrodo y el colector de corriente, desacoplando eléctricamente la deslaminación el electrodo de su colector de corriente para ralentizar la velocidad de descarga interna.

50 Algunas realizaciones de la presente descripción incluyen un procedimiento para evitar la inestabilidad térmica dentro de una batería recargable de alta densidad de energía con riesgo de sufrir un fallo de separador debido a una sobrecarga de tensión (tal y como se ilustra en las figuras 7A-B), comprendiendo el procedimiento deslaminar un electrodo dentro de la batería de su colector de corriente generando un gas procedente de un material de generación de gas sensible a tensión dentro de una capa de interrupción interpuesta entre el electrodo y el colector de corriente, desacoplando eléctricamente la deslaminación el electrodo de su colector de corriente para interrumpir

la sobrecarga de tensión (tal como se ilustra en las figuras 7C-D).

Las siguientes abreviaturas tienen los significados indicados:

Carbopol®-934 = polímero de poliacrilato reticulado suministrado por Lubrizol Advanced Materials, Inc.

CMC = carboximetilcelulosa

5 CMC-DN-800H = CMC cuya sal de sodio del grupo carboximetil se ha sustituido por amonio (suministrado por Daicel FineChem Ltd).

MCMB = microperlas de mesocarbono

NMC = níquel, manganeso y cobalto

NMP = N-metilpirrolidona

10 PTC = coeficiente de temperatura positivo

PVDF = fluoruro de polivinilideno

SBR = caucho estireno-butadieno

Super P® = negros de carbono conductores suministrados por Timcal

Torlon® AI-50 = agua soluble análoga de Torlon® 4000TF

15 Torlon® 4000TF = polvo fino de resina pura de poliamida-imida (PM)

A continuación, se describe la preparación de la capa de resistencia y la capa activa de electrodo, junto con conjunto de celdas de batería.

El siguiente es un procedimiento generalizado para preparar una capa de resistencia (primera capa):

i. Disolver el aglutinante en un disolvente adecuado.

20 ii. Añadir el aditivo conductor y polvo de cerámica en la disolución de aglutinante para formar una suspensión.

iii. Revestir la suspensión realizada en la etapa ii. sobre la superficie de una lámina de metal, y entonces secarla para formar una capa de resistencia sobre la superficie de la lámina.

El siguiente es un procedimiento generalizado para la preparación de electrodo (encima de la primera capa):

i. Disolver el aglutinante en un disolvente adecuado.

25 ii. Añadir el aditivo conductor en la disolución de aglutinante para formar una suspensión.

iii. Colocar el material de ánodo o cátodo en la suspensión realizada en la etapa v. y mezclarlo para formar la suspensión para el revestimiento de electrodo.

iv. Revestir la suspensión de electrodo realizada en la etapa vi. sobre la superficie de la capa de la etapa iii.

v. Comprimir el electrodo en el grosor de diseño.

30 El siguiente es un procedimiento generalizado para el conjunto de celdas:

i. Secar el electrodo positivo a 125 °C durante 10 hr y electrodo negativo a 140 °C durante 10 hr.

ii. Perforar los electrodos en las piezas con la lengüeta de electrodo.

iii. Laminar los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia.

iv. Colocar el cilindro de gelatina plano realizado en la etapa xi. en la bolsa compuesta de aluminio.

35 A continuación, se encuentran las etapas generales para llevar a cabo una prueba de impacto, tal como se muestra en la figura 21, para una celda de batería tal como se describe en el presente documento.

i. Cargar la celda a 2A y 4,2V durante 3 hr.

ii. Colocar la celda sobre una superficie plana dura tal como hormigón.

iii. Unir un termopar a la superficie de la celda con cinta de alta temperatura y conectar las lengüetas positiva y

negativa al medidor de tensión.

iv. Colocar una varilla de acero ( $15,8 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  de diámetro X aproximadamente 70 mm de largo) en su lado a través del centro de la celda.

5 v. Suspender un bloque de acero de  $9,1 \pm 0,46 \text{ Kg}$  (75 mm de diámetro X 290 mm de alto) a una altura de  $610 \pm 25 \text{ mm}$  por encima de la celda.

vi. Usar un tubo de retención (8 cm de diámetro interior) para guiar el bloque de acero, liberar el bloque de acero a través del tubo y permitir que caiga libremente sobre la barra de acero dispuesta sobre la superficie de la celda, provocando que el separador se rompa al tiempo que registra la temperatura.

10 vii. Dejar la varilla de acero y el bloque de acero sobre la superficie de la celda hasta que la temperatura de celda se estabiliza próxima a la temperatura ambiente.

viii. Terminar la prueba.

A continuación, se encuentran las etapas generales para realizar una prueba de sobrecarga.

i. Cargar la celda a 2A y 4,2V durante 3 hr.

ii. Colocar la celda cargada en un horno a temperatura ambiente.

15 iii. Conectar la celda a una fuente de alimentación (fabricada por Hewlett-Packard).

iv. Ajustar la tensión y corriente de la fuente de alimentación a 12V y 2A.

v. Activar la fuente de alimentación para comenzar la prueba de sobrecarga al tiempo que se registra la temperatura y la tensión.

vi. La prueba termina cuando la temperatura de celda disminuye y se estabiliza próxima a la temperatura ambiente.

20 A continuación, se encuentran las etapas generales para realizar la prueba de medición de resistencia.

i. Colocar una lámina de cobre cuadrada ( $4,2 \times 2,8 \text{ cm}$ ) con la lengüeta sobre una placa de metal ( $\sim 12 \times \sim 8 \text{ cm}$ ). Entonces cortar una pieza de cinta térmica y cubrir cuidadosamente la lámina de cobre cuadrada.

ii. Cortar una pieza del electrodo que es ligeramente más grande que el papel de cobre. Colocar el electrodo sobre la lámina de cobre.

25 iii. Colocar otra lámina de cobre ( $4,2 \times 2,8 \text{ cm}$ ) con la lengüeta sobre la superficie de electrodo, repetir las etapas i - ii con lo mismo.

iv. Llegados a este punto, cuidadosamente colocarlos juntos y cubrirlas usando cinta de alta temperatura y deshacerse de cualquier burbuja de aire.

v. Cortar una pieza de metal con forma de "V" de ambas lengüetas.

30 vi. Unir la tira completa a la pinza de metal y apretar los tornillos. Asegurar que los tornillos están muy apretados.

vii. Unir las lengüetas a los conectores de la batería HiTester (producida por Hioki USA Corp.) para medir la resistencia para asegurar que se ha realizado una muestra buena para la medición.

viii. Colocar la pinza de metal en el interior del horno, conectar las lengüetas con forma de "V" a los conectores y entonces apretar el tornillo. Adherir con cinta el termopar sobre la pinza de metal.

35 ix. Unir la batería HiTester a los cables del horno. No mezclar los cables positivo y negativo.

x. Cerrar el horno y ajustar la temperatura a  $200^\circ\text{C}$  a  $4^\circ\text{C}$  por minuto, e iniciar la prueba. Registrar datos cada 15 segundos.

xi. Detener el registro de los datos cuando la pinza de metal y el horno alcanzan una temperatura poco superior a  $200^\circ\text{C}$ .

40 xii. Apagar el horno y la batería HiTester.

xiii. Terminar la prueba.

A continuación, se encuentran las etapas generales para realizar el procedimiento de ciclo de vida.

i. Dejar reposar durante 5 minutos.

- ii. Descargar a 2,8V a 1A.
- iii. Dejar reposar durante 20 minutos.
- iv. Cargar a 4,2V a 0,7A durante 270 minutos.
- v. Dejar reposar durante 10 minutos.
- 5 vi. Descargar a 2,8V a 0,7A.
- vii. Dejar reposar durante 10 minutos.
- viii. Repetir las etapas iii a vii 100 veces.
- ix. Terminar la prueba.

10 A continuación, se encuentran las etapas generales para someter a prueba una celda de batería con una capa de resistencia para descargar a 1A, 3A, 6A, y 10A. En cada prueba, la celda de batería se somete a prueba en una cámara con una temperatura controlada, constante, por ejemplo, 50 °C.

- i. Dejar reposar durante 5 minutos.
- ii. Descargar a 2,8V a 1A.
- iii. Dejar reposar durante 20 minutos.
- 15 iv. Cargar a 4,2V a 0,7A durante 270 minutos.
- v. Dejar reposar durante 10 minutos.
- vi. Descargar a 2,8V a 1A.
- vii. Dejar reposar durante 10 minutos.
- viii. Cargar a 4,2V a 0,7A durante 270 minutos.
- 20 ix. Dejar reposar durante 10 minutos.
- x. Descargar a 2,8V a 3A.
- xi. Cargar a 4,2V a 0,7A durante 270 minutos.
- xii. Dejar reposar durante 10 minutos.
- xiii. Descargar a 2,8V a 6A.
- 25xiv. Cargar a 4,2V a 0,7A durante 270 minutos.
- xv. Dejar reposar durante 10 minutos.
- xvi. Descargar a 2,8V a 10A.
- xvii. Dejar reposar durante 10 minutos.
- xviii. Terminar la prueba.

### 30 **Definiciones**

A menos que se defina de otro modo, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que el entendido de manera común por un experto habitual en la técnica a la que pertenece la presente descripción. En caso de que exista una pluralidad de definiciones para un término en el presente documento, se impondrán las que se encuentran en esta sección a menos que se especifique lo contrario.

35 Tal como se usa en el presente documento, "batería recargable de alta densidad de energía (HEDR)" significa una batería que puede almacenar cantidades relativamente grandes de energía eléctrica por unidad de peso del orden de aproximadamente 50 W-hr/kg o superiores y está diseñada para reutilizarse, y puede recargarse tras usos repetidos. Ejemplos no limitativos de baterías de HEDR incluyen baterías de iones de metal y baterías de metal.

40 Tal como se usa en el presente documento, "baterías de iones de metal" significa cualquier tipo batería recargable en la que los iones de metal se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de iones de metal incluyen litio-ion, aluminio-ion, potasio-ion,

sodio-ion, magnesio-ion, y otras.

Tal como se usa en el presente documento, "baterías de metal" significa cualquier tipo batería recargable en el que el ánodo es un metal o aleación de metal. El ánodo puede ser sólido o líquido. Los iones de metal se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de metal incluyen M-S, M-NiCl<sub>2</sub>, M-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, M-Ag<sub>2</sub>VP<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, M-TiS<sub>2</sub>, M-TiO<sub>2</sub>, M-MnO<sub>2</sub>, M-Mo<sub>3</sub>S<sub>4</sub>, M-MoS<sub>6</sub>Se<sub>2</sub>, M-MoS<sub>2</sub>, M-MgCoSiO<sub>4</sub>, M-Mg<sub>1.03</sub>Mn<sub>0.97</sub>SiO<sub>4</sub>, y otros, en donde M = Li, Na, K, Mg, Al, o Zn.

Tal como se usa en el presente documento, "batería de iones de litio" significa cualquier tipo batería recargable en la que iones de litio se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de iones de litio incluyen óxido de litio y cobalto (LiCoO<sub>2</sub>), fosfato de hierro y litio (LiFePO<sub>4</sub>), fosfato de cobalto y litio (LiCoPO<sub>4</sub>), óxidos laminados en exceso de litio tales como (LiMnO<sub>3</sub>)<sub>x</sub>(LiMO<sub>2</sub>) (M=Ni, Co, Mn), olivinas, LiMSiO<sub>4</sub> (M=hierro, cobalto, níquel y vanadio); óxido de litio y manganeso (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), óxido de litio y níquel (LiNiO<sub>2</sub>), óxido de litio níquel manganeso cobalto (LiNiMnCoO<sub>2</sub>), óxido de litio níquel cobalto aluminio (LiNiCoAl<sub>1</sub>O<sub>2</sub>), titanato de litio (Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>), dióxido de litio y titanio, litio/grafeno, sulfuro revestido con óxido de litio/grafeno, litio-sulfuro, litio-purpurina, y otros. Las baterías de iones de litio también pueden comprender una variedad de ánodos que incluyen ánodos nanocomuestos de silicio-carbono y otros. Las baterías de iones de litio pueden presentar diversas formas que incluyen cilíndrica pequeña (cuerpo sólido sin terminales), cilíndrica grande (cuerpo sólido con terminales roscados grandes), prismática (carcasa de plástico semidura con grandes terminales roscados), y de bolsa (cuerpo suave, plano). Las baterías de polímero de litio pueden encontrarse en un envase o bolsa suave. Los electrolitos en estas baterías pueden ser un electrolito líquido (tal como como a base de carbonato o iónico), un electrolito sólido, un electrolito a base de polímero o una mezcla de estos electrolitos.

Tal como se usa en el presente documento, "batería de iones de aluminio" significa cualquier tipo de batería recargable en la que los iones de aluminio se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de iones de aluminio incluyen A<sub>1-n</sub>M<sub>n</sub>(XO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, en donde X = Si, P, S, Mo, As, y otros; y M = Fe, Ca, Mg, V, Cr y otros; óxidos de metal de transición y aluminio (Al<sub>x</sub>MO<sub>2</sub> en donde M = Fe, Mn, Ni, Mo, Co, Cr, Ti, V y otros) tal como Al<sub>x</sub>(V<sub>4</sub>O<sub>8</sub>), Al<sub>x</sub>NiS<sub>2</sub>, Al<sub>x</sub>FeS<sub>2</sub>, Al<sub>x</sub>VS<sub>2</sub> y Al<sub>x</sub>WS<sub>2</sub> y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "potasio-ion batería" significa cualquier tipo batería recargable en el que potasio iones se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de potasio-ion baterías incluyen KnM<sub>2</sub>(XO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, en donde X = Si, P, S, Mo, As, y otros; y M = Fe, Ca, Mg, V, Cr y otros; potasio transición-metal óxidos (KMO<sub>2</sub> en donde M = Fe, Mn, Ni, Mo, Co, Cr, Ti, V y otros), y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "batería de iones de sodio" significa cualquier tipo batería recargable en la que los iones de sodio se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de iones de sodio incluyen Na<sub>n</sub>M<sub>2</sub>(XO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, en donde X = Si, P, S, Mo, As, y otros; y M = Fe, Ca, Mg, V, Cr y otros; NaV<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>PO<sub>4</sub>F, NaVPO<sub>4</sub>F, Na<sub>4</sub>Fe<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), Na<sub>2</sub>FePO<sub>4</sub>F, Na<sub>2</sub>FeP<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub>, Na(Ni<sub>1/3</sub>Fe<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>)O<sub>2</sub>, NaTiS<sub>2</sub>, NaFeF<sub>3</sub>; óxidos de metal de transición de sodio (NaMO<sub>2</sub> en donde M = Fe, Mn, Ni, Mo, Co, Cr, Ti, V y otros) tal como Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub>, Na(Ni<sub>1/3</sub>Fe<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>)O<sub>2</sub>, Na<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, NaFeO<sub>2</sub>, Na<sub>0.7</sub>CoO<sub>2</sub>, NaCrO<sub>2</sub>, NaMnO<sub>2</sub>, Na<sub>0.44</sub>MnO<sub>2</sub>, Na<sub>0.7</sub>MnO<sub>2,25</sub>, Na<sub>0.7</sub>MnO<sub>2,25</sub>, Na<sub>2/3</sub>Mn<sub>2/3</sub>Ni<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub>, Na<sub>0,6</sub>Ti<sub>0,48</sub>Mn<sub>0,52</sub>O<sub>2</sub>; óxidos de vanadio tales como Na<sub>1+x</sub>V<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, Na<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y Na<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ( $\chi = 0,7, 1$ ); y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "batería de iones de magnesio" significa cualquier tipo batería recargable en el que los iones de magnesio se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de iones de magnesio incluyen Mg<sub>n</sub>M<sub>2</sub>(XO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, en donde X = Si, P, S, Mo, As, y otros; y M = Fe, Ca, Mg, V, Cr y otros; óxidos de metal de transición de magnesio (MgMO<sub>2</sub> en donde M = Fe, Mn, Ni, Mo, Co, Cr, Ti, V y otros), y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "batería de iones de silicio" significa cualquier tipo batería recargable en el que los iones de silicio se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y de vuelta cuando se carga. Ejemplos no limitativos de baterías de iones de silicio incluyen Si<sub>n</sub>M<sub>2</sub>(XO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, en donde X = Si, P, S, Mo, As, y otros; y M = Fe, Ca, Mg, V, Cr y otros; óxidos de metal de transición de silicio (SiMO<sub>2</sub> en donde M = Fe, Mn, Ni, Mo, Co, Cr, Ti, V y otros), y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "aglutinante" significa cualquier material que proporciona adhesión mecánica y ductilidad con una tolerancia inagotable de cambio de gran volumen. Ejemplos no limitativos de aglutinantes incluyen aglutinantes a base de caucho de estireno-butadieno (SBR), aglutinantes a base de fluoruro de polivinilideno (PVDF), aglutinantes a base de carboximetilcelulosa (CMC), aglutinantes a base de ácido poliacrílico (PAA), aglutinantes a base de ácidos polivinílicos (PVA), aglutinantes a base de poli(vinilpirrolidona) (PVP), y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "aditivo conductor" significa cualquier sustancia que aumenta la conductividad del material. Ejemplos no limitativos de aditivos conductores incluyen aditivos de negro de carbono, suspensiones de carbono ultrafino no acuoso de grafito (UFC), aditivos de compuesto de nanotubos de carbono

(CNT) (individual y de múltiples paredes), aditivos de nanocebollas de carbono (CNO), aditivos a base de grafeno, óxido de grafeno reducido (rGO), negro de acetileno conductor (AB), poli(3-metiltiofeno) (PMT) conductor, aditivos de polvo de níquel filamentosos, polvo de aluminio, óxidos activos electroquímicamente tales como litio níquel manganeso cobalto óxido y otros.

5 Tal como se usa en el presente documento, "lámina de metal" significa cualquier lámina de metal que sometida a alta tensión es estable. Ejemplos no limitativos de láminas de metal incluyen lámina de aluminio, lámina de cobre, lámina de titanio, lámina de acero, papel de nanocarbono, papel de grafeno, lámina de fibra de vidrio, y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "polvo de cerámica" significa cualquier aislante eléctrico o conductor eléctrico que no se ha prendido. Ejemplos no limitativos de materiales de polvo de cerámica incluyen titanato de bario ( $BaTiO_3$ ), titanato de bario y circonio, titanato de estroncio ( $SrTiO_3$ ), titanato de calcio ( $CaTiO_3$ ), titanato de magnesio ( $MgTiO_3$ ), titanato de calcio y magnesio, titanato de zinc ( $ZnTiO_3$ ), titanato de lantano ( $LaTiO_3$ ), y titanato de neodimio ( $Nd_2Ti_2O_7$ ), circonato de bario ( $BaZrO_3$ ), circonato de calcio ( $CaZrO_3$ ), niobato de plomo y magnesio, niobato de plomo y zinc, niobato de litio ( $LiNbO_3$ ), estanato de bario ( $BaSnO_3$ ), estanato de calcio ( $CaSnO_3$ ), silicato de magnesio y aluminio, silicato de sodio ( $NaSiO_3$ ), silicato de magnesio ( $MgSiO_3$ ), tantalato de bario ( $BaTa_2O_6$ ), óxido de niobio, titanato de estaño y circonio, dióxido de silicio ( $SiO_2$ ), óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), dióxido de titanio ( $TiO_2$ ), y otros.

Tal como se usa en el presente documento, "material generador de gas" significa cualquier material que se descompondrá a una temperatura elevada o a una tensión elevada para producir un gas o bien directamente del material generador de gas o indirectamente de una reacción de los productos de descomposición producidos a partir del material generador de gas con otros materiales contenidos dentro de la batería (por ejemplo, el electrolito y los electrodos). Ejemplos no limitativos de materiales generadores de gas incluyen carbonatos inorgánicos tales como  $M_n(CO_3)_m$ ,  $M_n(SO_3)_m$ ,  $M_n(SO_3)_m \cdot 1M^2M_n(NO_3)_m$ ,  $NaSiO_3 \cdot H_2O$ ,  $CuCO_3Cu(OH)_2$ , y otros y carbonatos orgánicos tales como sales polimetacrílicas [-CH<sub>2</sub>-C(CH<sub>3</sub>)(COOM)-]<sub>n</sub> y de poliacrilato [-CH<sub>2</sub>-CH(COOM)-]<sub>n</sub>, y otros en donde M, <sup>1</sup>M, <sup>2</sup>M se seleccionan independientemente del grupo que consiste en Ba, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, K,

25 Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, y Zn; n es 1-3 y m es 1-4. En algunas realizaciones, M se selecciona independientemente del grupo que consiste en ion de amonio, ion de piridinio y ion de amonio cuaternario. En algunas realizaciones, el material generador de gas puede descomponerse para producir un líquido (por ejemplo, agua). El líquido puede reaccionar con otros materiales contenidos dentro de la batería para formar un gas y este gas deslaminará el electrodo (por ejemplo, agua que reacciona con el electrolito [LiFP<sub>6</sub>] para formar HF y litio gaseoso en forma negativa para formar gas de hidrógeno (H<sub>2</sub>)). Si la temperatura de la celda supera la temperatura de vaporización del líquido, el líquido también puede experimentar un cambio de fase para formar un gas y este gas también deslaminará el electrodo.

30 Se revistieron capas sobre láminas de metal mediante una máquina de revestimiento automática (dispositivo de revestimiento compacto, número de modelo 3R250W-2D) producida por Thank-Metal Co., Ltd. Entonces, las capas se comprimieron al grosor deseado usando una máquina de calandrado (número de modelo X15-300-1-DZ) producida por Beijing Sevenstar Huachuang Electronics Co., Ltd.

### Ejemplos

A continuación, se describirá la descripción más en detalle usando ejemplos, pero la descripción no se limita a los ejemplos mostrados a continuación.

40 Ejemplo 1

A continuación, se describen la preparación de electrodos de línea de referencia, electrodos negativo y positivo, y la Celda n.<sup>o</sup> 1 completada para la evaluación de la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, y prueba de ciclo de vida.

A) Preparación de POS1A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo.

45 i) Se disolvió PVDF (21,6 g) en NMP (250 g); ii) se añadió negro de carbono (18 g) y se mezcló durante 15 minutos a 6500 rpm; iii) se añadió  $LiNi_{0,5}Mn_{0,3}Co_{0,2}O_2$  (NMC) (560,4 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 pm utilizando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 80 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 15,55 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 117 µm. Se consideró el electrodo realizado en este caso como tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura, y el secado para el conjunto de celdas.

B) Preparación de NEG2A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

55 i) Se disolvió CMC (5,2 g) en agua desionizada (~300 g); ii) se añadió negro de carbono (8,4 g) y se mezcló durante

15 minutos a 6500 rpm; iii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de mesocarbono en mesofase grafitado (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (378,4g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (16,8 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 70 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 100 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 9,14 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 117 µm. Se usó el negativo realizado para el secado para el conjunto de celdas.

#### C) Preparación de Celda para la evaluación

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y el electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el rollo de gelatina realizado en la etapa iii en una bolsa compuesta de aluminio; v) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; ix) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/20 durante 5 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. En condiciones de vacío, se perforó la celda para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. Se usó la celda realizada en este caso para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de capacidad de descarga a 50 °C, la prueba de impacto, la prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

La figura 15 presenta la resistencia en relación con el aumento de temperatura para el electrodo positivo recogida a partir de la disección de una celda con 3,6 V. La resistencia disminuye aproximadamente diez veces. La figura 18 muestra la capacidad de descarga a las corrientes de descarga 1, 3, 6, 10A. La figura 20 enumera la impedancia de celda a 1kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3, 6, 10A con respecto a la de 1A. La figura 22 muestra la temperatura de perfil de celda durante la prueba de impacto. La figura 23 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto. La celda se prendió durante la prueba de impacto. La figura 25 muestra los perfiles de tensión y temperatura de las celdas durante la prueba de sobrecarga de 12V/2A. La celda se prendió durante la prueba de sobrecarga (figura 28).

#### Ejemplo 2

A continuación, se describen la preparación de generador de gas y capa resistiva a base de CaCO<sub>3</sub>, electrodos negativo y positivo, y la Celda completa n.<sup>o</sup> 3 para la evaluación de la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, sobrecarga, y prueba de ciclo de vida.

#### 35 A) POS3B positivo como ejemplo de preparación de generador de gas y capa resistiva (1<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió Torlon®4000TF (0,8 g) en NMP (10 g); ii) se disolvió PVDF (4,8 g) en NMP (~70 g); iii) se mezclaron las disoluciones preparadas en la etapa i y ii, y entonces se añadió negro de carbono (0,32 g) y se mezcló durante 10 minutos a 6500 rpm; iv) se añadió polvo de nano CaCO<sub>3</sub> (34,08 g) a la solución de la etapa iii y se mezcló durante 20 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 135 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 165 °C para evaporar NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 1 mg/cm<sup>2</sup>.

#### B) Preparación de POS3A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (21,6 g) en NMP (250 g); ii) se añadió negro de carbono (18 g) y se mezcló durante 15 minutos a 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (560,4 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS3B (ejemplo 2A) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 19,4 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 153 µm. El electrodo realizado en este caso se consideró como tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

#### C) Preparación de NEG3A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

i) Se disolvió CMC (13 g) en agua desionizada (~1000 g); ii) se añadió negro de carbono (20 g) y se mezcló durante 15 minutos a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm; ii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (945,92 g en total)

a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (42 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) esta suspensión se revistió sobre una lámina de cobre de 9 $\mu$ m de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 100 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 11,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 159  $\mu$ m. El negativo realizado se usó para el secado para el conjunto de celdas.

#### D) Preparación de Celda para la evaluación

- 10 i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y el electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el rollo de gelatina realizado en la etapa iii en una bolsa compuesta de aluminio; v) se secó la bolsa de la etapa iv en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C; x) en condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de capacidad de descarga a 50 °C, la prueba de impacto, la prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

La figura 16 presenta la resistencia en relación con el aumento de temperatura para el electrodo positivo recogida a partir de la disección de celdas con 0, 3,6, y 4,09 V. La resistencia aumenta con el aumento de la temperatura, especialmente para los electrodos positivos obtenidos a partir de la celda que tiene las tensiones de 3,66 y 4V. La figura 19 muestra la capacidad de descarga a una corriente de 1, 3, y 6A y a 50 °C. La capacidad de celda disminuye significativamente con el aumento de la corriente, lo que indica el fuerte efecto de la capa resistiva. La figura 20 enumera la impedancia de celda a 1 kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3, 6, 10A con respecto a la de 1A. La figura 26 presenta los perfiles de sobrecarga durante la prueba de sobrecarga. La figura 28 resume la temperatura de celda máxima durante la prueba de sobrecarga y la corriente residual al final de prueba de sobrecarga. La figura 29 muestra la capacidad de descarga frente al número de ciclo. La celda perdió aproximadamente el 1% de capacidad, lo cual es aproximadamente un 100% mejor que la de (2,5%) la celda de línea de referencia. La figura 22 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 23 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto.

#### Ejemplo 3

A continuación, se describen la preparación de generador de gas y capa resistiva a base de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> al 50% y CaCO<sub>3</sub> al 50%, los electrodos positivo y negativo, y la celda completa n.<sup>o</sup> 4 para la evaluación de la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, sobrecarga y pruebas de ciclo de vida.

#### A) POS4B positivo como ejemplo de una preparación de generador de gas y capa resistiva (1<sup>a</sup> capa).

- i) Se disolvió Torlon®4000TF (0,8 g) en NMP (10 g); ii) se disolvió PVDF (4,8 g) en NMP (~70 g); iii) se mezclaron las disoluciones preparadas en la etapa i y ii, y entonces se añadió negro de carbono (0,32 g) y se mezcló durante 10 minutos a 6500 rpm; iv) se añadieron polvo de nano CaCO<sub>3</sub> (17,04 g) y polvo de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17,04g) a la disolución de la etapa iii y se mezcló durante 20 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15  $\mu$ m de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 135 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 165 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 1 mg/cm<sup>2</sup>.

#### B) Preparación de POS4A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

- i) Se disolvió PVDF (21,6 g) en NMP (250 g); ii) se añadió negro de carbono (18 g) y se mezcló durante 15 minutos a una velocidad de aproximadamente 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>1/3</sub>CO<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (560,4 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS4B (ejemplo 3A) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 19,4 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 153  $\mu$ m. El electrodo realizado en este caso se consideró como tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

#### C) Preparación de NEG4A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

- i) Se disolvió CMC (13 g) en agua desionizada (~1000 g); ii) se añadió negro de carbono (20 g) y se mezcló durante

15 minutos a 6500 rpm; iii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (945,92 g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (42 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a aproximadamente 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 100 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 11,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 159 µm. El negativo realizado se usó para el secado para el conjunto de celdas.

#### D) Preparación de Celda para la evaluación

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y el electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el rollo de gelatina realizado en la etapa iii en una bolsa compuesta de aluminio; y) se secó la bolsa de la etapa iv en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C; x) en condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como prueba de capacidad de descarga a 50 °C, la prueba de impacto, la prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

La figura 20 enumera la impedancia de celda a 1 kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3A, 6A, y 10A con respecto a la de 1A. La figura 22 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 23 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto. La figura 26 muestra los perfiles de tensión de la tensión y temperatura de celda durante la prueba de sobrecarga de 12V/2A. La figura 28 resume las temperaturas de celda máximas de celda en la prueba de sobrecarga.

#### Ejemplo 4

A continuación, se describen la reparación de generador de gas y capa resistiva a base de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y trisilicato de sodio (NaSiO<sub>3</sub>) mezclados, electrodos negativo y positivo, y la celda completa n.<sup>o</sup> 5 para la evaluación en la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, sobrecarga, y prueba de ciclo de vidas.

#### A) POS5B positivo como ejemplo de una preparación de generador de gas y capa resistiva (1<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió Torlon®4000TF (0,8 g) en NMP (~10 g); ii) se disolvió PVDF (4,8 g) en NMP (60 g); iii) se mezclaron las disoluciones preparadas en la etapa i y ii, y entonces se añadió negro de carbono (0,32 g) y se mezcló durante 10 minutos a 6500 rpm; iv) se añadieron polvo de nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17,04 g) y NaSiO<sub>3</sub> (17,04g) a la disolución de la etapa iii y se mezcló durante 20 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 135 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 165 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7 mg/cm<sup>2</sup>.

#### B) Preparación de POS5A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (21,6 g) en NMP (270 g); ii) se añadió negro de carbono (18 g) y se mezcló durante 15 minutos a una velocidad de aproximadamente 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (560,4 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; y) se revistió esta suspensión sobre POS5B (ejemplo 4A) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 19,4 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 153 µm. El electrodo realizado en este caso se consideró como tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

#### C) Preparación de NEG5A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

i) Se disolvió CMC (13 g) en agua desionizada (1000 g); ii) se añadió negro de carbono (20 g) y se mezcló durante 15 minutos a una velocidad de aproximadamente 6500 rpm; iii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (945,92 g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (42 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió

esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9  $\mu\text{m}$  de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 100 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 11,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 159  $\mu\text{m}$ . El negativo realizado está preparado para el secado para el conjunto de celdas.

#### D) Preparación de Celda para la evaluación

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el rollo de gelatina realizado en la etapa iii en una bolsa compuesta de aluminio; y) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. x) En condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de capacidad de descarga a 50 °C, la prueba de impacto, la prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

La figura 18 enumera la impedancia de celda a 1 kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3, 6, y 10A con respecto a la de 1A. La figura 22 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 23 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto. La figura 28 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de sobrecarga de 12V/2A.

#### Ejemplo 5

A continuación, se comentan la preparación de generador de gas y capa resistiva a base de CaCO<sub>3</sub> al 52% y PVDF al 48%, electrodos negativo y positivo, y la celda completa n.<sup>o</sup> 6 para la evaluación de la medición de resistencia, las pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, la prueba de impacto, sobrecarga, y las pruebas de ciclos de vida.

#### A) POS6B positivo como ejemplo de la preparación de un generador de gas y capa resistiva (1<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (23,25 g) en NMP (~250 g); ii) se mezcló la disolución preparada en la etapa I, y entonces se añadió negro de carbono (1,85 g) y se mezcló durante 10 minutos a una velocidad de aproximadamente 6500 rpm; iv) se añadió polvo de nano CaCO<sub>3</sub> (24,9 g) a la disolución de la etapa iii y se mezcló durante 20 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15  $\mu\text{m}$  de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 135 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 165 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 1 mg/cm<sup>2</sup>.

#### B) Preparación de POS6A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (24 g) en NMP (300 g); ii) se añadió negro de carbono (12 g) y se mezcló durante 15 minutos a 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>0,4</sub>Coo<sub>3</sub>Mn<sub>0,4</sub>Coo<sub>3</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (558 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS6B (ejemplo 5A) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 22 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 167  $\mu\text{m}$ . El electrodo realizado en este caso se consideró como tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

#### C) Preparación de NEG6A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo.

i) Se disolvió CMC (9 g) en agua desionizada (~530 g); ii) se añadió negro de carbono (12 g) y se mezcló durante 15 minutos a 6500 rpm; iii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) (564 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 minutos a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (30 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a aproximadamente 6500 rpm durante 5 min; y) se añadió parte de agua para ajustar la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9  $\mu\text{m}$  de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 95 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 125 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 12 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 170  $\mu\text{m}$ . El negativo realizado se usó para el secado para el conjunto de celdas.

## D) Preparación de Celda para la evaluación.

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y el electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el rollo de gelatina realizado en la etapa iii en una bolsa compuesta de aluminio; v) se secó la bolsa de la etapa iv en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. x) En condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de capacidad de descarga a 50 °C, la prueba de impacto, la prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

La figura 20 enumera la impedancia de celda a 1kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3, 6, 10A con respecto a la de 1A. La figura 22 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 23 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto. La figura 28 resume las temperaturas de celda máximas de celda en la prueba de sobrecarga.

## Ejemplo 6

A continuación, se describe la preparación de electrodos positivos para mediciones de tensión de descomposición química.

Se preparó POS7B de la siguiente manera: (i) se mezcló agua desionizada (~300 g) en Carbopol®-934 (19,64 g); (ii) se añadieron Super-P® (160 mg) y LiOH (200 mg) en la suspensión realizada en la etapa (i) y se mezcló durante 30 minutos a 5000 rpm; (iii) se añadió una cantidad apropiada de agua desionizada para ajustar la suspensión para formar una suspensión revestible. (iv) La suspensión se revistió sobre una lámina de aluminio de 15 µm con la máquina de revestimiento automática con las temperaturas de secado ajustadas a 135 °C para la zona 1 y 165 °C para la zona 2. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7 mg/cm<sup>2</sup>.

Se preparó POS8B de la siguiente manera: (i) se mezcló agua desionizada (-100 g) en Al-50 (19,85 g); se añadió (ii) Super-P® (160 mg) en la suspensión realizada en la etapa (i) y se mezcló durante 30 minutos a 5000 rpm; (iii) se añadió una cantidad apropiada de agua desionizada para ajustar la suspensión para formar una suspensión revestible. (iv) La suspensión se revistió sobre una lámina de aluminio de 15 µm con la máquina de revestimiento automática con las temperaturas de secado ajustadas a 135 para la zona 1 y 165 °C para la zona 2. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7 mg/cm<sup>2</sup>.

Se preparó POS9B de la siguiente manera: (i) se mezcló agua desionizada (~322 g) en 19,85g CMC-DN-800H; (ii) se añadió Super-P® (160 mg) en la suspensión realizada en la etapa (i) y se mezcló durante 30 minutos a 5000 rpm; (iii) se añadió una cantidad apropiada de agua desionizada para ajustar la suspensión para formar una suspensión revestible. (iv) se revistió la suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm con la máquina de revestimiento automática con las temperaturas de secado ajustadas a 135 para la zona 1 y 165 °C para la zona 2. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7 mg/cm<sup>2</sup>.

Se preparó POS13B de la siguiente manera: (i) se disolvió Torlon®4000TF (400 mg) en NMP (4 g). (ii) Se disolvió PVDF-A (2,4 g) en NMP (30 g). (iii) Se mezclaron las dos soluciones y se añadió Super-P® (160 mg), entonces se mezcló durante 30 minutos a 5000 rpm. (iv) Se añadieron La<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (17,04 g) o las sales enumeradas en la figura 8 en la suspensión anterior y se mezclaron en conjunto a 5000 rpm durante 30 min. (v) Se revistió la suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm con la máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a 13 °C y segunda zona de calor a 16 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7 mg/cm<sup>2</sup>.

## Ejemplo 7

A continuación, se describe la prueba de electroquímica para los electrodos positivos revestidos con capas de generación de gas.

Se midieron las tensiones de descomposición de todas las capas resistivas con una configuración de tres electrodos (capa resistiva como el electrodo de trabajo, y metal de litio tanto como electrodo de referencia como contraelectrodo) mediante tecnología de voltametría de barrido lineal usando un instrumento de potenciómetro de múltiples canales VMP2 a temperatura ambiente. Una piza de 0,3 cm X 2,0 cm de la capa resistiva fue el electrodo de trabajo, y una pieza de 0,3 cm X 2,0 cm de metal de litio fue tanto el electrodo de referencia como el contraelectrodo. Se colocaron estos electrodos en un vidrio que contiene electrolito a base de carbonato de etileno LiPF<sub>6</sub> (5 g). La velocidad de exploración es de 5mV/segundo en el intervalo de tensión entre 0 y 6V. Las figuras 31 y 33 muestran los perfiles de tensión de descomposición de estos compuestos. Las figuras 32 y 34 resumen la corriente pico y la tensión pico para cada de los compuestos sometidos a prueba.

## Ejemplo 8

A continuación, se describe la preparación de capa de generación de gas a base de  $\text{CaCO}_3$ , electrodos positivo y negativo, y la celda (n.<sup>o</sup> 7) para la evaluación en la prueba de sobrecarga. Esta capa de generación de gas puede convertirse en una capa resistiva si el aditivo conductor contenido se encuentra en el intervalo determinado de manera que la resistividad de la capa de generación de gas es más resistiva (el 50% más, al menos) que la de la capa de energía o la capa que proporciona la mayor parte (>50%) de la energía de descarga de batería. El generador de gas contenido puede ser del 2% al 99%.

5 A) POS071A positivo como ejemplo de una preparación de capa de generación de gas (1<sup>a</sup> capa).

10 i) Se disolvió Torlon®4000TF (0,9 g) en NMP (10 g); ii) se disolvió PVDF (5,25 g) en NMP (~68 g); iii) se mezclaron las disoluciones preparadas en la etapa i y ii, y entonces se añadió negro de carbono (1,8 g) y se mezcló durante 10 min a una velocidad de aproximadamente 6500 rpm; iv) se añadieron polvo de nano $\text{CaCO}_3$  (7,11 g) y 134,94g de  $\text{LiNi}_{0,3}\text{Al}_{0,33}\text{CO}_{0,33}\text{O}_2$  a la disolución de la etapa iii y se mezcló durante 20 min a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15  $\mu\text{m}$  de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 90 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 140 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 4mg/cm<sup>2</sup>.

15 B) Preparación de POS071B como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

20 i) se disolvió PVDF (25,2 g) en NMP (327 g); ii) se añadió negro de carbono (21 g) y se mezcló durante 15 min a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm; iii) se añadió  $\text{LiNi}_{0,82}\text{Al}_{0,03}\text{Co}_{0,15}\text{O}_2$  (NCA) (649 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de la NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS071A usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final es de aproximadamente 20,4 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 155  $\mu\text{m}$ .

25 C) Preparación de NEG015B como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

30 i) Se disolvió CMC (15 g) en agua desionizada (~951 g); ii) se añadió negro de carbono (15 g) y se mezcló durante 15 min a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm, iii) se añadió grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) (945 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a la velocidad de aproximadamente 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (50 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a aproximadamente 6500 rpm durante 5 min; y) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9  $\mu\text{m}$  de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 100 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secados final fue de aproximadamente 11 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 155  $\mu\text{m}$ . El negativo realizado está preparado para el secado para el conjunto de celdas.

35 D) Preparación de Celda para la evaluación

40 i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a ~125 °C durante 10 hr y el electrodo negativo a ~140°C durante 10 hr; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el rollo de gelatina realizado en la etapa iii en una bolsa compuesta de aluminio; v) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con el electrolito a base de carbonato; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó a la celda 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de sobrecarga.

45 La figura 35 presenta la tensión de sobrecarga, la temperatura de celda y la temperatura de cámara de horno durante la prueba de sobrecarga (2A y 12V). La celda pasó correctamente la prueba de sobrecarga dado que la temperatura de celda máxima es de aproximadamente 83 °C durante la prueba de sobrecarga. Implementaciones del presente contenido pueden incluir, pero no se limitan a, artículos de fabricación (por ejemplo, aparatos, sistemas, etc.), métodos de realización o uso, composiciones de material, o similares consistentes con las descripciones proporcionadas en el presente documento.

## Ejemplo 9

50 55 A continuación, se describen la preparación de una capa resistiva a base de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , electrodos negativo y positivo, y la Celda completa 3 para la evaluación en la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C,

prueba de impacto, y prueba de ciclo de vida.

A) POS3B positivo como ejemplo de una preparación de capa de resistencia (1<sup>a</sup> capa).

i) Disolver Torlon®4000TF (1 g) en NMP (10 g); disolver PVDF (6 g) en NMP (70 g); iii) mezclar disolución preparada en la etapa i y ii, y entonces añadir negro de carbono (0,4 g) y mezclar durante 10 min a 6500 rpm; iv) añadir polvo de nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (42 g) a la disolución de la etapa iii y mezclar durante 20 min a la velocidad de 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) revestir esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 μm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 130 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 160°C para evaporar la NMP. La carga de sólidos seca final es de aproximadamente 1 mg/cm<sup>2</sup>.

10 B) Preparación de POS3A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (21,6 g) en NMP (250 g); se añadió negro de carbono (18 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; se añadió LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (560,4 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS3B usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 19,4 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 153 μm. El electrodo realizado en este caso se denomina tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

C) Preparación de NEG3A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

20 i) Se disolvió CMC (13 g) en agua desionizada (1000 g); ii) se añadió negro de carbono (20 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadió grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (945,92 g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (42 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9 μm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 100 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 11,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 159 μm. El negativo realizado se usó para el secado para el conjunto de celdas.

D) Preparación de Celda para la evaluación

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con la lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el cilindro de gelatina plano realizado en la etapa iii. en una bolsa compuesta de aluminio; y) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. En condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como prueba de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

45 La figura 38 presenta la resistencia en relación con el aumento de temperatura para el electrodo positivo recogida a partir de la disección de una celda con 4,09V. La resistencia cambia muy poco en comparación con la de (figura 37) la celda de línea de referencia. La figura 42 muestra la capacidad de descarga frente al número de ciclos. La celda perdió aproximadamente el 2% de capacidad que es similar al (2,5%) de la celda de línea de referencia. La figura 36 enumera la impedancia de celda a 1 kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3A, 6A, 10A con respecto a la de 1A. La figura 40 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 41 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto.

50 Ejemplo 10

A continuación, se describen la preparación de capa resistiva a base de látex poliacrílico al 50% y titanato de bario (BaTiO<sub>2</sub>) al 50%, electrodos negativo y positivo, y la celda 4 completa para la evaluación en la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, y prueba de ciclo de vida.

A) POS4B positivo como ejemplo de una preparación de una capa de resistencia (1<sup>a</sup> capa).

55 i) Se disolvió CMC (0,375 g) en agua desionizada (~30 g); ii) se mezcló la disolución preparada en la etapa i, y

entonces se añadió negro de carbono (1,75 g) y se mezcló durante varios minutos; iii) se añadió polvo de nano BaTiO<sub>2</sub> (25 g) a la disolución de la etapa ii y se mezcló durante 20 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 90 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 140 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7 mg/cm<sup>2</sup>.

5 B) Preparación de POS4A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (14,4 g) en NMP (~160 g); ii) se añadió negro de carbono (12 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>0,5</sub>Mn<sub>0,3</sub>Co<sub>0,2</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (373,6 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS4B (ejemplo 2A) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 80 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 15,2 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 113 µm. El electrodo realizado en este caso se denominó tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

10 C) Preparación de NEG3A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

i) Se disolvió CMC (7,8 g) en agua desionizada (~800 g); ii) se añadió negro de carbono (12 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadió grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (568,6 g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (25,2 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 70 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 100 °C para evaporar el agua. 25 La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 8,99 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 123 µm. El negativo realizado se usó para el secado para el conjunto de celdas.

20 D) Preparación de Celda para la evaluación

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el cilindro de gelatina plano realizado en la etapa iii. en la bolsa compuesta de aluminio; v) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) se cargó la celda a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y 35 entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. En condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como prueba de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

40 La figura 39 muestra la capacidad de descarga a corrientes de 1A, 3A, 6A y a 50 °C. La capacidad de celda disminuye muy rápidamente con el aumento de la corriente, lo que indica el fuerte efecto de la capa resistiva. La figura 36 enumera la impedancia de celda a 1 kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3A, 6A, 10A con respecto a la de 1A. La figura 40 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 41 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto.

45 Ejemplo 11

A continuación, se describen la preparación de capa resistiva en electrodos negativos, electrodos negativo y positivo, y la celda 5 completa para la evaluación en la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, y prueba de ciclo de vida.

A) Preparación de POS5A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo.

50 i) Se disolvió PVDF (31,5 g) en NMP (~340 g); ii) se añadió negro de carbono (13,5 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>0,33</sub>Mn<sub>0,33</sub>Co<sub>0,33</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (855 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se añadió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 80 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 14,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 113 µm. El electrodo

realizado en este caso se designó como tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura, y el secado para el conjunto de celdas.

B) Preparación de NEG5B como ejemplo de la preparación de electrodo negativo (1<sup>a</sup> capa)

Se disolvió CMC (0,375 g) en agua desionizada (~90 g); ii) se añadió negro de carbono (1,75 g) y se mezcló durante 15 min; se añadió BaTiO<sub>2</sub> (25g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (45,6 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a aproximadamente 6500 rpm durante 5 min; y) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 90°C y la segunda zona de calor a aproximadamente 140°C para evaporar el agua.

C) Preparación de NEG5A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo (2<sup>a</sup> capa)

i) Se disolvió CMC (3,9 g) en agua desionizada (~350 g); ii) se añadió negro de carbono (6 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (283,8g en total) la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (25,2 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; y) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre NEG5B (ejemplo 4B) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 70 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 100 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 9,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 114 µm. El negativo realizado se usó para el secado para el conjunto de celdas.

D) Preparación de la Celda para la evaluación

i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con la lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se dispuso plano el cilindro de gelatina plano realizado en la etapa iii. en la bolsa compuesta de aluminio; y) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) la celda se cargó a 4,2V a C/20 velocidad durante 5 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. En condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

La figura 36 enumera la impedancia de celda a 1 kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3A, 6A, 10A con respecto a la de 1A. La figura 40 muestra la temperatura de perfil de celda durante la prueba de impacto. La figura 41 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto.

Ejemplo 12

Preparación de capa resistiva a base de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y trisilicato de sodio (NaSiO<sub>3</sub>) mezclados, electrodos negativo y positivo, y la celda 6 completa para la evaluación en la medición de resistencia, pruebas de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, y prueba de ciclo de vida a continuación, se describen.

A) POS6B positivo como ejemplo de una preparación de capa de resistencia (1<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió Torlon®4000TF (0,8 g) en NMP (~10 g); ii) se disolvió PVDF (4,8 g) en NMP (60 g); iii) se mezclaron las disoluciones preparadas en la etapa i y ii, y entonces se añadió negro de carbono (0,32 g) y se mezcló durante 10 min a 6500 rpm; iv) se añadieron polvo de nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17,04 g) y NaSiO<sub>3</sub> (17,04g) a la disolución de la etapa iii y se mezcló durante 20 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; v) se revistió esta suspensión sobre una lámina de aluminio de 15 µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 135 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 165 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 0,7mg/cm<sup>2</sup>.

B) Preparación de POS6A como ejemplo de la preparación de electrodo positivo (2<sup>a</sup> capa).

i) Se disolvió PVDF (21,6 g) en NMP (270 g); ii) se añadió negro de carbono (18 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadió LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> (NMC) (560,4 g) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió parte de NMP para el ajuste de viscosidad; v) se revistió esta suspensión sobre POS6B (ejemplo 1A) usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 85 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 135 °C para evaporar la NMP. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 19,4 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa positiva a un grosor de aproximadamente 153 µm. El electrodo realizado en este caso se

denominó tensión nula frente a un electrodo de grafito habitual y se usó para la medición de impedancia a 0V en relación con la temperatura.

C) Preparación de NEG6A como ejemplo de la preparación de electrodo negativo

5 i) Se disolvió CMC (13 g) en agua desionizada (~1000 g); ii) se añadió negro de carbono (20 g) y se mezcló durante 15 min a 6500 rpm; iii) se añadieron grafito activo negativo (JFE Chemical Corporation; microperlas de carbono grafitado en mesofase (MCMB) y grafito sintético (TIMCAL) (945,92 g en total) a la suspensión de la etapa ii y se mezcló durante 30 min a 6500 rpm para formar una suspensión que puede fluir; iv) se añadió SBR (50% de contenido de sólido suspendido en agua) (42 g) a la suspensión formada en la etapa iii y se mezcló a 6500 rpm durante 5 min; v) se ajustó la viscosidad para un revestimiento suave; vi) se revistió esta suspensión sobre una lámina de cobre de 9µm de grosor usando una máquina de revestimiento automática con la primera zona de calor ajustada a aproximadamente 100 °C y la segunda zona de calor a aproximadamente 130 °C para evaporar el agua. La carga de sólidos secada final fue de aproximadamente 11,8 mg/cm<sup>2</sup>. Entonces, se comprimió la capa de electrodo negativo a un grosor de aproximadamente 159 µm. El negativo realizado está preparado para el secado para el conjunto de celdas.

10 15 D) Preparación de la celda para la evaluación

20 i) Se introdujeron los electrodos en las piezas con una lengüeta de electrodo; ii) se secó el electrodo positivo a 125 °C durante 10 horas y electrodo negativo a 140 °C durante 10 horas; iii) se laminaron los electrodos negativo y positivo con el separador como la capa intermedia; iv) se colocó el cilindro de gelatina plano realizado en la etapa iii. en una bolsa compuesta de aluminio; y) se secó la bolsa de la etapa iv. en un horno de vacío a 70 °C; vi) se llenó la bolsa de la etapa v con LiPF<sub>6</sub> que contiene electrolito a base de carbonato orgánico; vii) se selló la bolsa de la etapa vi; viii) se dejó reposar durante 16 horas; ix) la celda se cargó a 4,2V a una velocidad de C/50 durante 8 horas y entonces a 4,2V a una velocidad de 0,5C durante 2 horas, entonces se dejó reposar durante 20 minutos, entonces se descargó a 2,8V a una velocidad de 0,5C. En condiciones de vacío, la celda se perforó para liberar cualquier gas y entonces volvió a sellarse. La celda realizada en este caso se usó para composición granulométrica y otras pruebas tales como la prueba de capacidad de descarga a 50 °C, prueba de impacto, prueba de ciclo de vida y así sucesivamente.

25 La figura 36 enumera la impedancia de la celda a 1kHz y la capacidad a corrientes de 1A, 3A, 6A y 10A y la relación de la capacidad a 3A, 6A, 10A sobre la de 1A. La figura 40 muestra los perfiles de temperatura de celda durante la prueba de impacto. La figura 41 resume la temperatura de celda máxima en la prueba de impacto.

30 En las descripciones anteriores y en las reivindicaciones, pueden aparecer frases tales como "al menos uno de" o "uno o más de" seguidas por una lista conjunta de elementos o características. El término "y/o" también puede aparecer en una lista de dos o más elementos o características. A menos que se contradiga por el contexto en el que se usa de manera implícita o explícita, una frase de este tipo está destinada a significar cualquiera de los elementos o características enumerados individualmente o cualquiera de los elementos o características mencionados en combinación con cualesquiera de los otros elementos o características mencionados. Por ejemplo, 35 cada una de las frases "al menos uno de A y B"; "uno o más de A y B"; y "A y/o B" está destinada a significar "solo A, solo B, o A y B en conjunto". También está destinada una interpretación similar para las listas que incluyan tres o más elementos. Por ejemplo, cada una de las frases "al menos uno de A, B, y C"; "uno o más de A, B, y C"; y "A, B, y/o C" está destinada a significar "solo A, solo B, solo C, A y B en conjunto, A y C en conjunto, B y C en conjunto, o A y B y C en conjunto". El uso del término "basándose en", anteriormente y en las reivindicaciones está destinado a 40 significar, "basándose al menos en parte en", de manera que una característica o elemento no mencionado también sea permisible.

45 El contenido descrito en el presente documento puede estar contenido en sistemas, aparato, métodos, y/o artículos en función de la configuración deseada. Las implementaciones expuestas en la descripción anterior no representan todas las implementaciones consistentes con el contenido descrito en el presente documento. En su lugar, simplemente son algunos ejemplos consistentes con los aspectos relacionados con el contenido descrito. Aunque anteriormente se han descrito en detalle algunas variaciones, son posibles otras modificaciones o adiciones. En particular, las características y/o variaciones adicionales pueden proporcionarse además de las expuestas en el presente documento. Por ejemplo, las implementaciones descritas anteriormente pueden estar dirigidas a diversas combinaciones y subcombinaciones de las características y/o combinaciones y subcombinaciones dadas a conocer de diversas características adicionales dadas a conocer anteriormente. Además, el pensamiento lógico representado en las figuras adjuntas y/o descrito en el presente documento no requiere, necesariamente, el orden particular, u orden secuencial mostrados, para lograr unos resultados deseables. Otras implementaciones pueden encontrarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una batería recargable de alta densidad de energía mejorada, que comprende:
  - un primer electrodo (12, 14);
  - un primer colector (4) de corriente para transferir electrones;
  - 5 un segundo electrodo (12, 14) que tiene una polaridad opuesta del primer electrodo;
  - un separador (2) que separa el primer electrodo y el segundo electrodo, en donde el separador está configurado para impedir una descarga interna entre el primer electrodo y el segundo electrodo, y en donde la descarga interna se produce tras un fallo del separador; y
  - 10 un elemento (8) de interrupción de corriente interpuesto entre el primer electrodo y el primer colector de corriente, en donde el interruptor de corriente comprende un material activable térmicamente y/o un material activable mediante tensión, en donde el interruptor de corriente se activa en respuesta a la descarga interna, una sobrecarga de la batería, y/o un sobrecalentamiento de la batería, en donde la activación del interruptor de corriente cambia el interruptor de corriente de una configuración enganchada a una configuración desenganchada, en donde la activación del interruptor de corriente provoca la formación de un entrehierro no conductor entre el primer electrodo y el primer colector de corriente, en donde la formación del entrehierro no conductor desacopla eléctricamente el primer electrodo del primer colector de corriente y desvía el flujo de corriente del primer colector de corriente, en donde el primer electrodo y el primer colector de corriente están acoplados eléctricamente cuando el interruptor de corriente está en la configuración enganchada, en donde el entrehierro no conductor se forma entre el primer electrodo y el primer colector de corriente cuando el interruptor de corriente está en la configuración desenganchada,
  - 15 20 caracterizada por que
  - el interruptor de corriente se estratifica mediante laminación entre el primer electrodo y el primer colector de corriente cuando el interruptor de corriente está en la configuración enganchada, y en donde el interruptor de corriente está configurado para deslaminarse del primer colector de corriente para formar el entrehierro no conductor que desacopla eléctricamente el primer electrodo y el primer colector de corriente cuando el interruptor de corriente está en la configuración desenganchada.
2. La batería según la reivindicación 1, que comprende además un limitador (6) de corriente.
3. La batería según la reivindicación 2, que comprende además un segundo colector (4) de corriente.
4. La batería según la reivindicación 3, en donde el limitador de corriente se interpone entre el segundo electrodo y el segundo colector de corriente.
5. La batería según la reivindicación 2, en donde el limitador de corriente se interpone entre el primer electrodo y el primer colector de corriente.
- 30 35 40 45 50 6. La batería según la reivindicación 2, en donde el limitador de corriente y el interruptor de corriente se incorporan simultáneamente en una única capa protectora interpuesta mediante laminación entre el primer electrodo y el primer colector de corriente.
7. La batería según la reivindicación 2, en donde una resistividad del limitador de corriente es superior a la resistividad interna del primer electrodo a temperaturas por encima de un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.
8. La batería según la reivindicación 2, en donde la resistividad del limitador de corriente no cambia a temperaturas dentro del intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.
9. La batería según la reivindicación 2, en donde la resistividad del limitador de corriente es inferior a la resistividad interna del primer electrodo a temperaturas dentro de un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual.
10. La batería según la reivindicación 1, en donde el material activable térmicamente forma el entrehierro no conductor generando al menos, en respuesta a una temperatura que supera un intervalo de temperatura para un funcionamiento habitual, un gas.
11. La batería según la reivindicación 1, en donde el material activable mediante tensión forma el entrehierro no conductor generando al menos, en respuesta a una tensión que supera un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual, un gas.
12. La batería según la reivindicación 1, en donde el material activable térmicamente forma el entrehierro no conductor generando al menos, en respuesta a una temperatura que supera un intervalo de temperatura para un

funcionamiento habitual, un líquido.

13. La batería según la reivindicación 1, en donde el material activable mediante tensión forma el entrehierro no conductor generando al menos, en respuesta a una tensión que supera un intervalo de tensión para un funcionamiento habitual, un líquido.

5 14. La batería según la reivindicación 12 o 13, en donde el líquido genera un gas a través de vaporización.

15. La batería según la reivindicación 14, en donde el líquido genera un gas reaccionando con el primer electrodo, el primer colector de corriente, el segundo electrodo, el separador, y/o un electrolito que comprende la batería.

16. Un método, que comprende:

10 formar un entrehierro no conductor entre un primer electrodo (12, 14) y un colector (4) de corriente que comprende una batería, en donde la batería comprende, además, un segundo electrodo (12, 14) que tiene una polaridad opuesta del primer electrodo y un separador (2) que separa el primer electrodo y el segundo electrodo, en donde el separador está configurado para impedir una descarga interna entre el primer electrodo y el segundo electrodo, en donde la descarga interna se produce tras un fallo del separador, en donde la formación del entrehierro no conductor está provocada por un elemento (8) de interrupción de corriente que comprende un material activable

15 térmicamente y/o un material activable mediante tensión, en donde el interruptor de corriente se interpone entre el primer electrodo y el colector de corriente, en donde el interruptor de corriente se activa en respuesta a la descarga interna, una sobrecarga de la batería, y/o un sobrecalentamiento de la batería, en donde la activación del interruptor de corriente cambia al interruptor de corriente de una configuración enganchada a una configuración desenganchada,

20 en donde la formación del entrehierro no conductor desacopla eléctricamente el primer electrodo del colector de corriente y desvía flujo de corriente del colector de corriente, en donde el primer electrodo y el colector de corriente están acoplados eléctricamente cuando el interruptor de corriente está en la configuración enganchada, en donde el entrehierro no conductor se forma entre el primer electrodo y el colector de corriente cuando el interruptor de corriente está en la configuración desenganchada,

25 en donde el interruptor de corriente se estratifica mediante laminación entre el primer electrodo y el primer colector de corriente cuando el interruptor de corriente está en la configuración enganchada, y en donde el interruptor de corriente deslamina del primer colector de corriente para formar el entrehierro no conductor que desacopla eléctricamente el primer electrodo y el primer colector de corriente cuando el interruptor de corriente está en la configuración desenganchada.

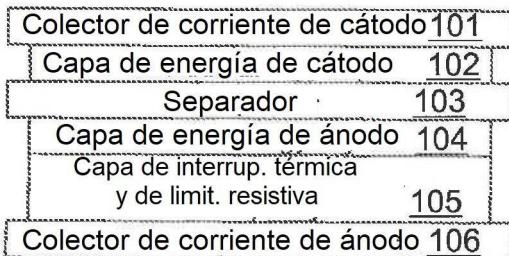


FIG. 1A

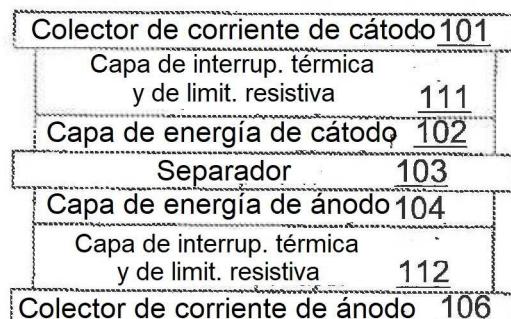


FIG. 1E

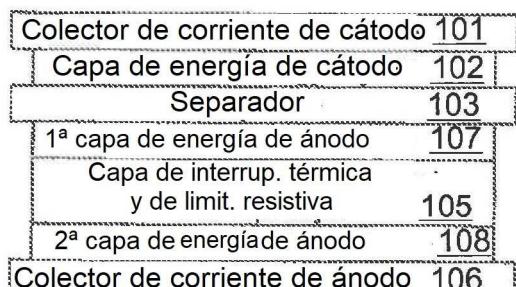


FIG. 1B

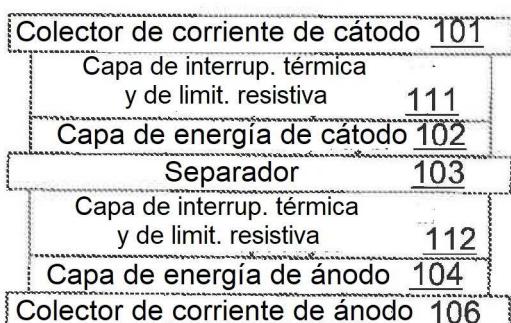


FIG. 1F

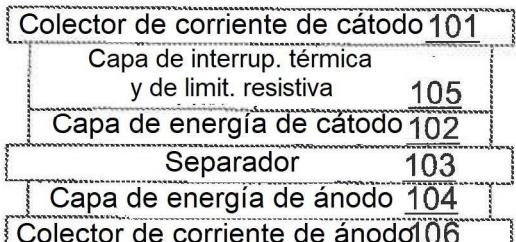


FIG. 1C

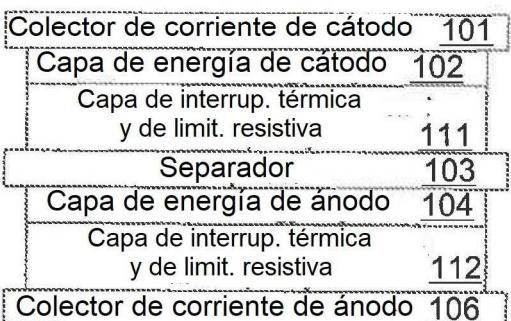


FIG. 1G

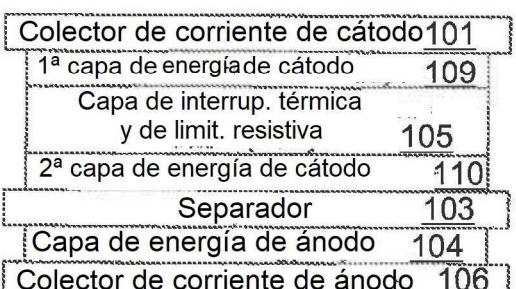


FIG. 1D

Colector de corriente de ánodo	201
Capa de energía de ánodo	202
Separador	203
Capa de energía de cátodo	204
Capa de interrup. de tensión y de limit. resistiva	205
Colector de corriente de cátodo	206

FIG. 2A

Colector de corriente de ánodo	201
Capa de energía de ánodo	202
Separador	203
1 <sup>a</sup> capa de energía de cátodo	207
Capa de interrup. de tensión y de limit. resistiva	205
2 <sup>a</sup> capa de energía de cátodo	208
Colector de corriente de cátodo	206

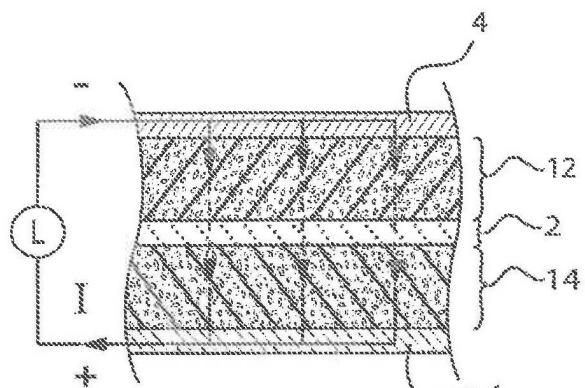
FIG. 2B

Colector de corriente de ánodo	301
Capa de energía de ánodo	302
Separador	303
Capa de energía de cátodo	304
Capa de interrup. de tensión; de interrup. térmica y de limit. resistiva	305
Colector de corriente de cátodo	306

FIG. 3A

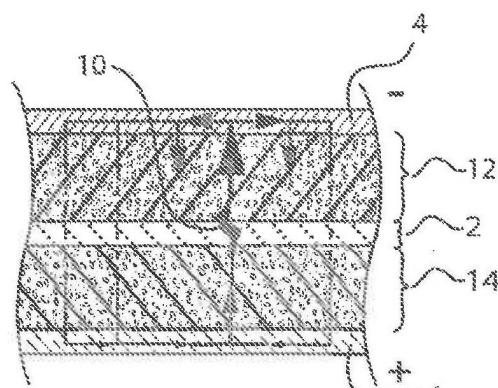
Colector de corriente de ánodo	301
Capa de energía de ánodo	302
Separador	303
1 <sup>a</sup> capa de energía de cátodo	307
Capa de interrup. de tensión; de interrup. térmica y de limit. resistiva	305
2 <sup>a</sup> capa de energía de cátodo	308
Colector de corriente de cátodo	306

FIG. 3B



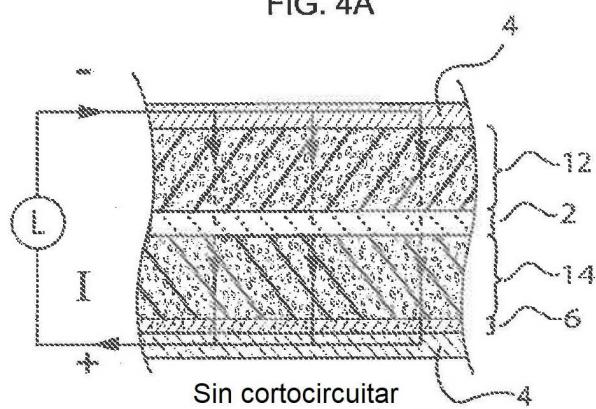
Técnica anterior: sin cortocircuitar

FIG. 4A



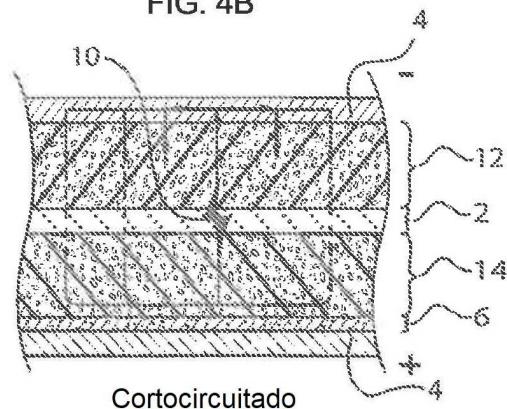
Técnica anterior: cortocircuitado

FIG. 4B



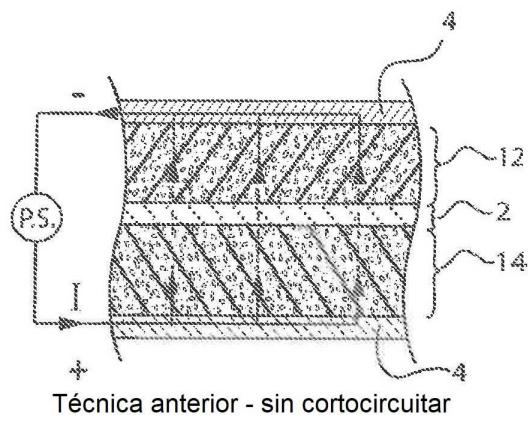
Sin cortocircuitar

FIG. 4C



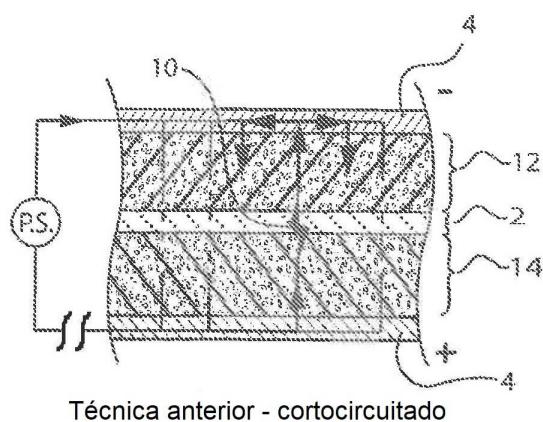
Cortocircuitado

FIG. 4D



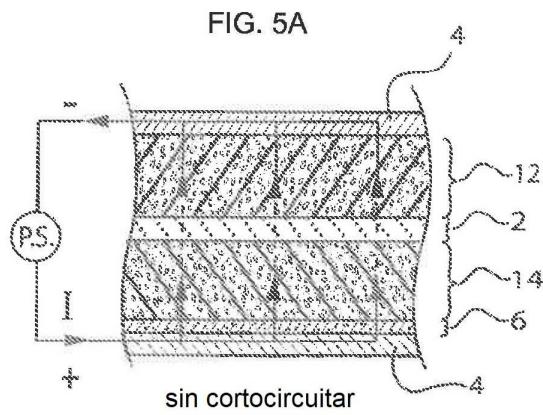
Técnica anterior - sin cortocircuitar

FIG. 5A



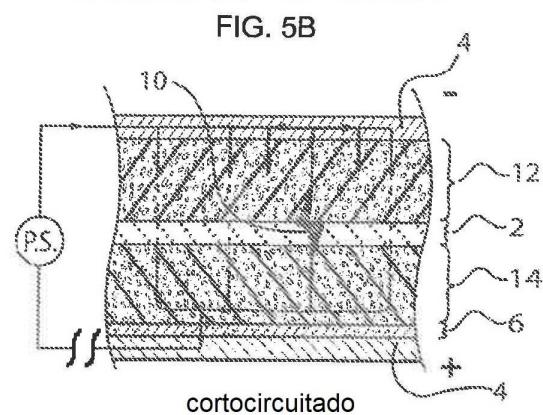
Técnica anterior - cortocircuitado

FIG. 5B



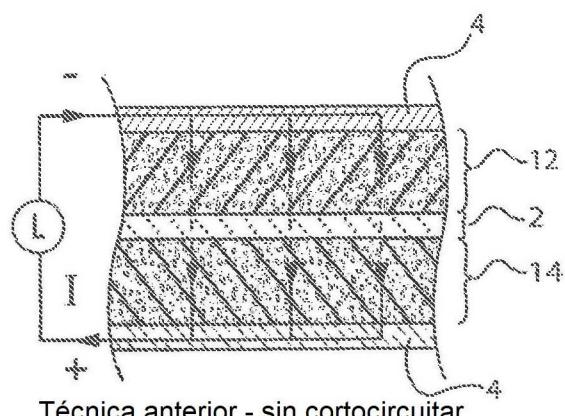
sin cortocircuitar

FIG. 5C



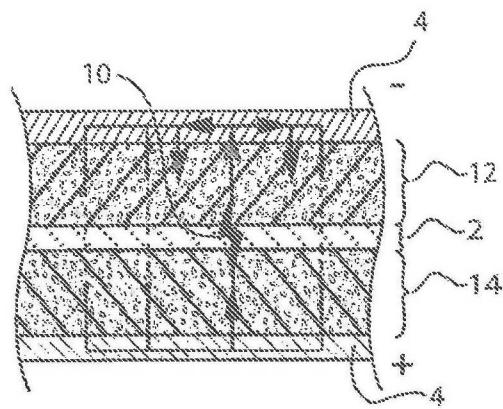
cortocircuitado

FIG. 5D



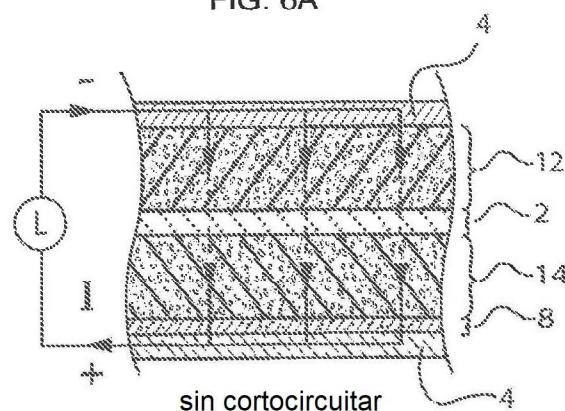
Técnica anterior - sin cortocircuitar

FIG. 6A



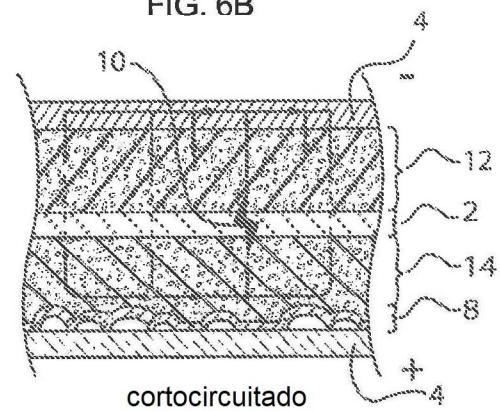
Técnica anterior - cortocircuitado

FIG. 6B



sin cortocircuitar

FIG. 6C



cortocircuitado

FIG. 6D

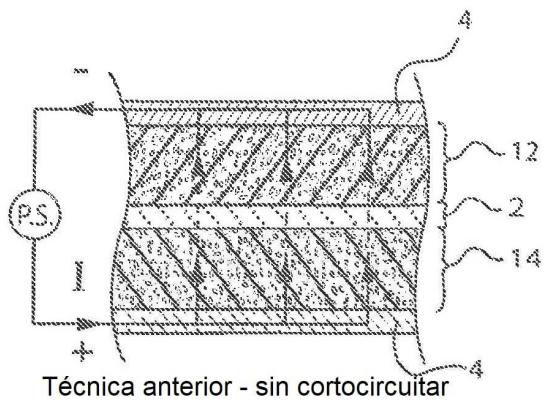


FIG. 7A

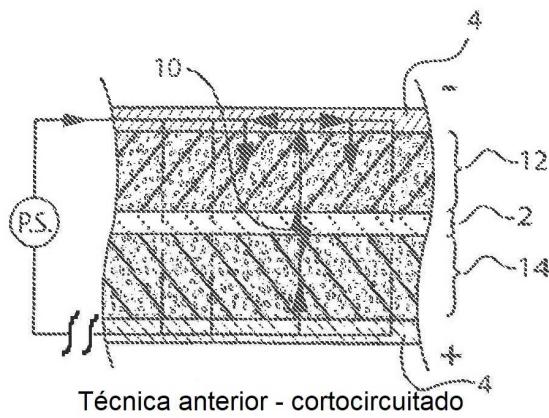


FIG. 7B

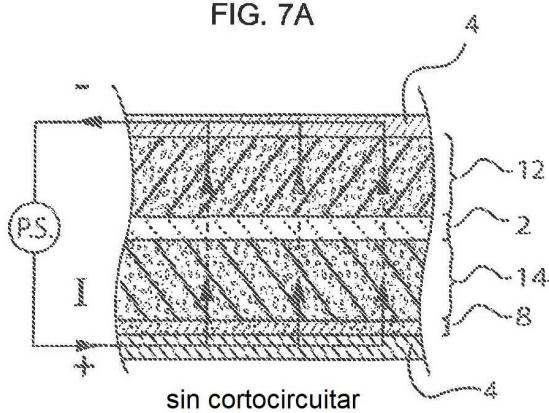


FIG. 7C

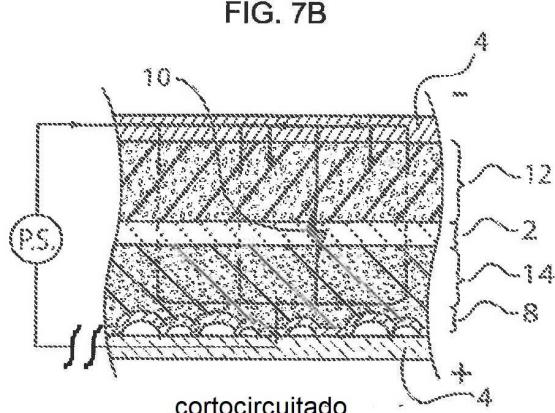
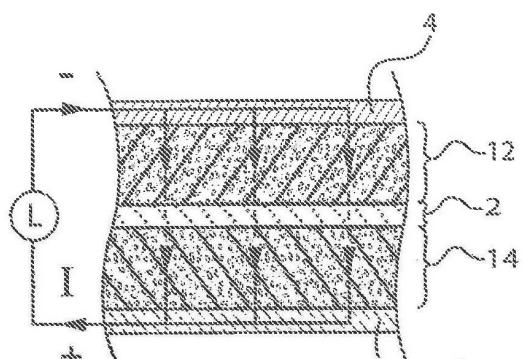
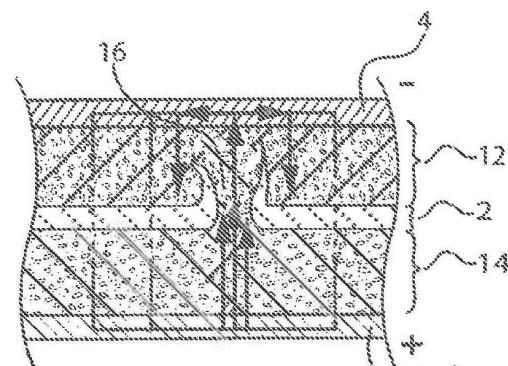


FIG. 7D



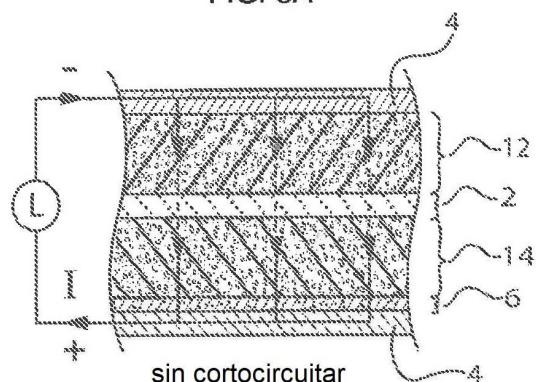
Técnica anterior - sin cortocircuitar

FIG. 8A



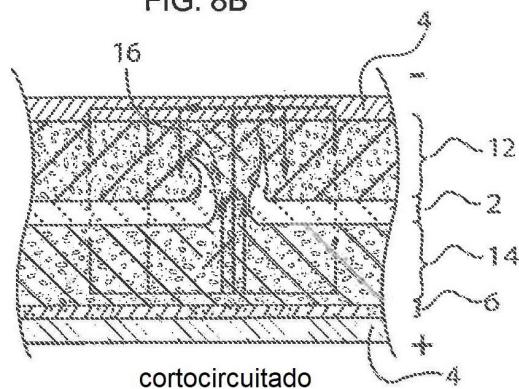
Técnica anterior - cortocircuitado

FIG. 8B



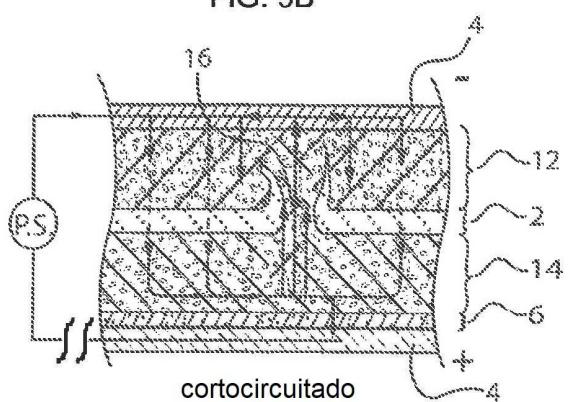
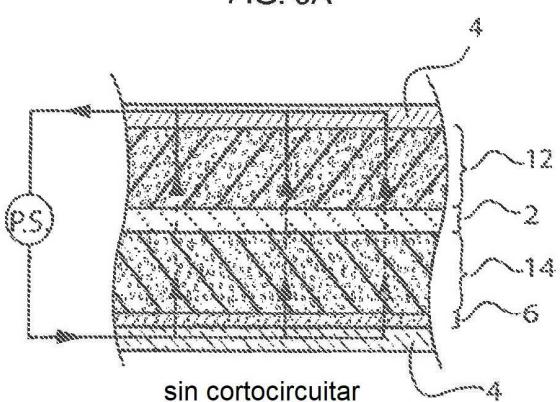
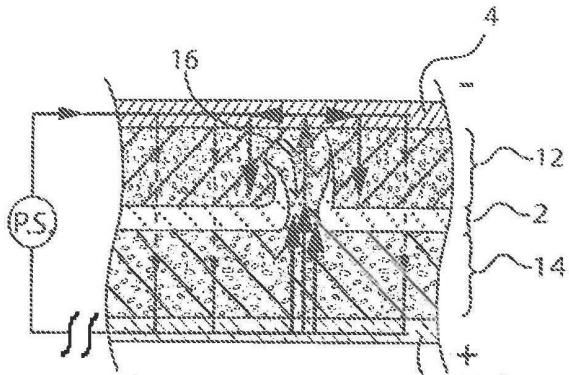
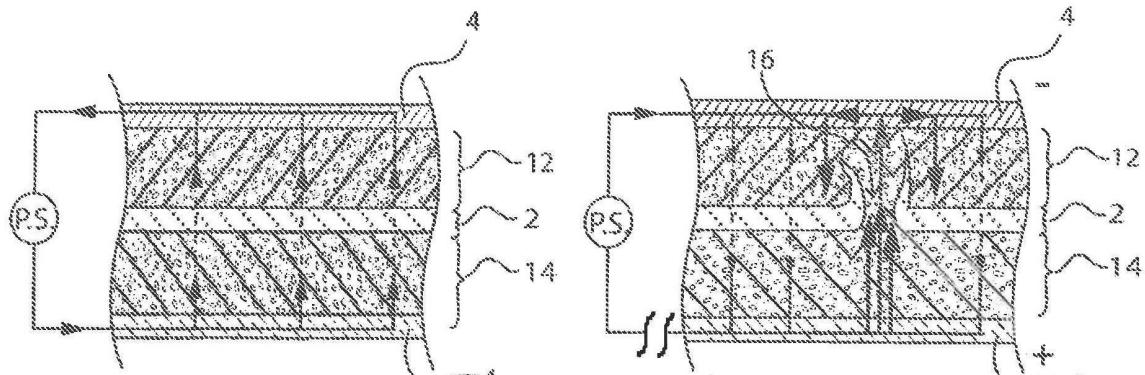
sin cortocircuitar

FIG. 8C



cortocircuitado

FIG. 8D



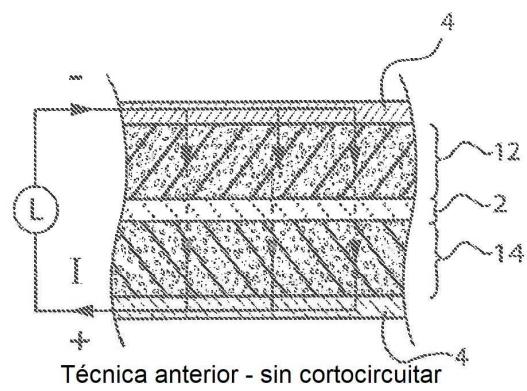


FIG. 10A

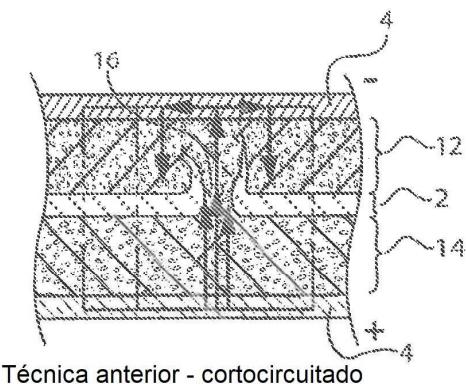


FIG. 10B

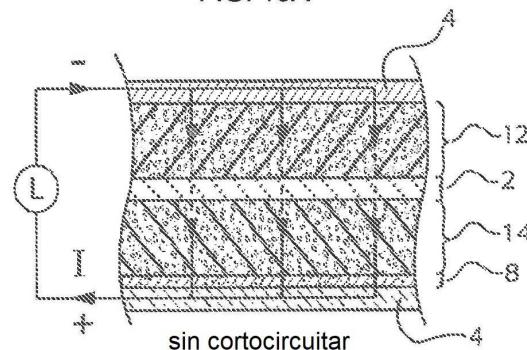


FIG. 10C

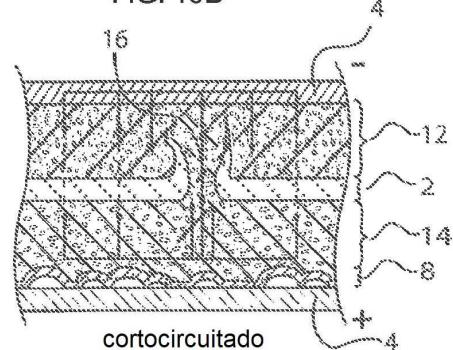
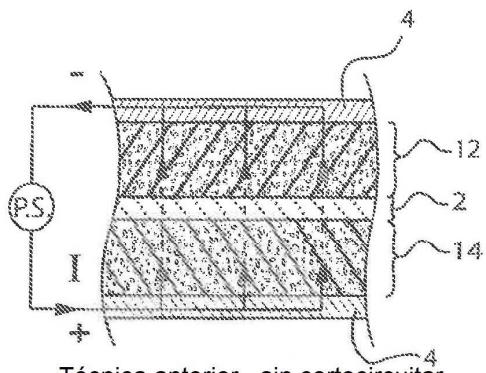
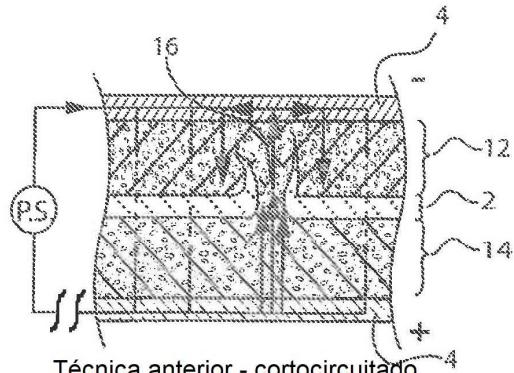


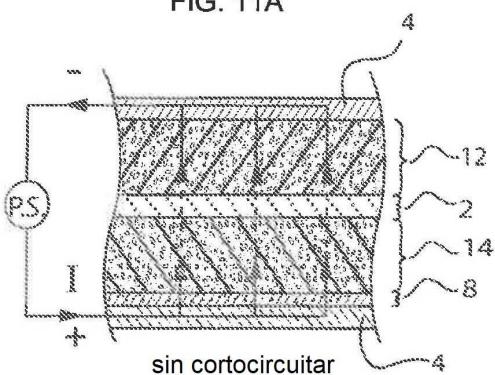
FIG. 10D



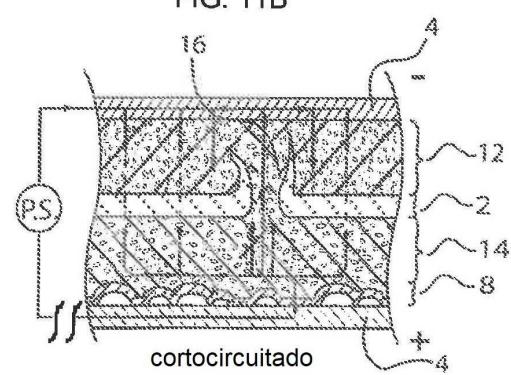
Técnica anterior - sin cortocircuitar  
FIG. 11A



Técnica anterior - cortocircuitado  
FIG. 11B



sin cortocircuitar  
FIG. 11C



cortocircuitado  
FIG. 11D

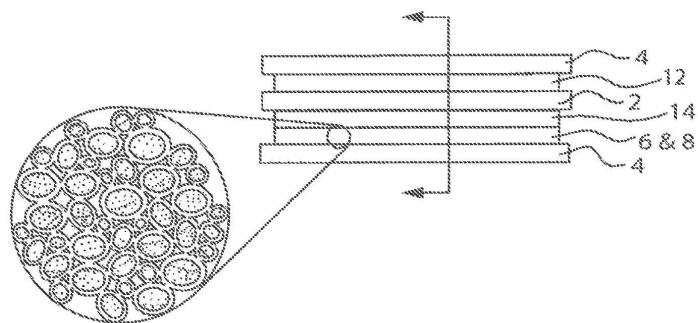


FIG. 12A

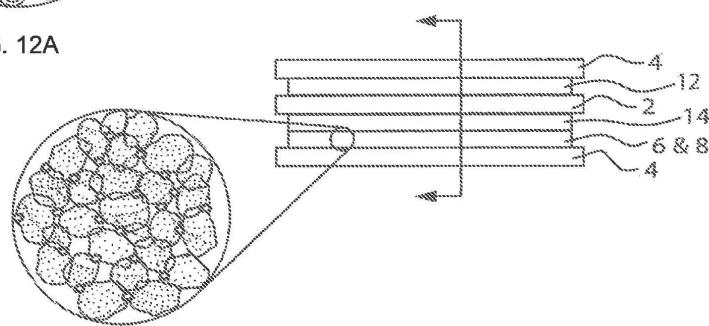


FIG. 12B

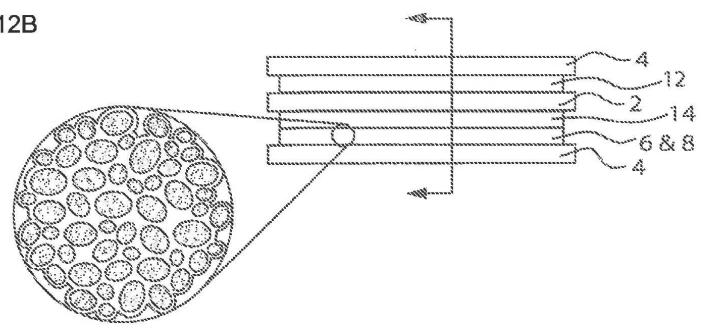


FIG. 12C

N.º celda	Electrodo positivo	Electrodo negativo	Comentarios
1	POS1A: LiNi <sub>0,5</sub> Mn <sub>0,3</sub> Co <sub>0,2</sub> O <sub>2</sub> : 93,4%; Negro de carbono: 3%; PVDF: 3,6%; Carga: 15,55 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: 117 µm.	NEG1A: SLP 30: 18,272%; MCMB: 75,728%; Negro de carbono: 2%; CMC: 1,5%; SBR: 2,5%; Carga: 9,14 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: 117 µm.	Línea de referencia; sin capa de protección
2	POS2A: Li <sub>1+x</sub> Ni <sub>0,33</sub> Co <sub>0,33</sub> Mn <sub>0,33</sub> O <sub>2</sub> : 95,3%; Negro de carbono: 1,5%; PVDF: 3%; Agente de dispersión: 0,2%; Carga: 15,92 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: 123 µm.	NEG2A: SLP 30: 18,872%; MCMB: 75,728%; Negro de carbono: 2%; CMC: 1,3%; SBR: 2,1%; Carga: 8,54 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: 118 µm.	Línea de referencia, sin capa de protección; Medición de resistencia para POS2A positivo a 3,6V frente a grafito ,
3	POS3B; 1 <sup>a</sup> capa CaCo <sub>3</sub> : 85,2%; Negro de carbono: 0,8%; TF-4000: 2%; PVDF: 12%; Carga 1 <sup>a</sup> capa: 1 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor 1 <sup>a</sup> capa: ~10 µm. POS3A: 2 <sup>a</sup> capa LiNi <sub>0,33</sub> Mn <sub>0,33</sub> Co <sub>0,33</sub> O <sub>2</sub> 93,4%; Negro de carbono: 3%; PVDF: 3,6%. Electrodo total (dos capas); Carga: 19,44 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: ~148 µm.	NEG3A: SLP 30: 18,872%; MCMB: 75,728%; Negro de carbono: 2%; CMC: 1,3%; SBR: 2,1%; Carga: 11,8 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: 159 µm.	Capa de generación de energía revestida en electrodo positivo
4	POS4B: 1 <sup>a</sup> capa Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 42,6%; CaCo <sub>3</sub> : 42,6%; Negro de carbono: 0,8%; TF-4000: 2%; PVDF: 12%; Carga 1 <sup>a</sup> capa: 1 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor 1 <sup>a</sup> capa: 10 µm.  POS4A: 2 <sup>a</sup> capa LiNi <sub>0,5</sub> Mn <sub>0,3</sub> Co <sub>0,2</sub> O <sub>2</sub> : 93,4%; Negro de carbono: 3%; PVDF: 3,6%. Electrodo total (dos capas); Carga: 19,4 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: ~153 µm.	NEG4A: SLP 30: 18,872%; MCMB: 75,728%; Negro de carbono: 2%; CMC: 1,3%; SBR: 2,1%; Carga: 11,8 mg/cm <sup>2</sup> ; Grosor: 159 µm.	Capa de generación de energía y de resistencia revestida en electrodo positivo

FIG. 13A

5	<p>POS5B: 1<sup>a</sup> capa  <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>: 42,6%;  <math>\text{Na}_2\text{O}_7\text{Si}_3</math>: 42,6%;  Negro de carbono: 0,8%;  TF-4000: 2%;  PVDF: 12%.  Carga 1<sup>a</sup> capa: 0,7 mg/cm<sup>2</sup>; Grosor 1<sup>a</sup> capa: 10 µm.</p> <p>POS5A: 2<sup>a</sup> capa  <math>\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2</math>: 95%;  Negro de carbono: 1,5%;  PVDF: 3,5%.</p> <p>Electrodo total (dos capas)  Carga: 19,5 mg/cm<sup>2</sup>; Grosor: ~150 µm.</p>	<p>NEG5A:  SLP 30: 18,872%;  MCMB : 75,728%;  Negro de carbono: 2%;  CMC: 1,3%;  SBR: 2,1%;  Carga: 11,8 mg/cm<sup>2</sup>; Grosor: 159 µm.</p>	<p>Capa de generación de gas y de resistencia revestida en el electrodo positivo. (<math>\text{Na}_2\text{O}_7\text{Si}_3</math> absorberá el agua durante el procesamiento en el aire y se descompondrá en cuarzo, disilicato de socio y líquido).</p>
6	<p>POS6B: 1<sup>a</sup> capa  <math>\text{CaCo}_3</math>: 49,8%;  Negro de carbono: 3,7%;  PVDF: 46,5%;  Carga 1<sup>a</sup> capa: 1 mg/cm<sup>2</sup>; Grosor 1<sup>a</sup> capa: ~10 µm.</p> <p>POS6A: 2<sup>a</sup> capa  <math>\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2</math>: 93%;  Negro de carbono: 3%;  PVDF: 4%;  Electrodo total (dos capas):  Carga: 22 mg/cm<sup>2</sup>; Grosor: ~167 µm.</p>	<p>NEG6A:  MCMB: 94%;  Negro de carbono: 2%;  CMC: 1,5%;  SBR: 2,5%;  Carga: 12 mg/cm<sup>2</sup>; Grosor: 170 µm.</p>	<p>Capa de generación de gas revestida en electrodo positivo.</p>
7	<p>POS071A: 1<sup>a</sup> capa  <math>\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2</math>: 89,96%  <math>\text{CaCo}_3</math>: 4,74%  Negro de carbono: 1,2%  TF-4000: 0,6%  PVDF: 3,5%  Carga 1<sup>a</sup> capa: 4 mg/cm<sup>2</sup>  Grosor 1<sup>a</sup> capa: ~0,04 mm</p> <p>POS071B: 2<sup>a</sup> capa  <math>\text{LiNi}_{0,82}\text{Al}_{0,03}\text{Co}_{0,15}\text{O}_2</math>: 92,8%  Negro de carbono: 3%  PVDF A: 3,6%  TF-4000: 0,6%  Electrodo total (dos capas):  Carga: 16 mg/cm<sup>2</sup>  Grosor: ~ 0,105 µm.</p>	<p>NEG015B:  MCMB: 94,5%  Negro de carbono: 1,5%  CMC: 1,5%  SBR: 2,5%  Carga: ~11,8 mg/cm<sup>2</sup>  Grosor: ~0,155 mm.</p>	<p>La primera capa, el generador de gas contiene el generador de gas <math>\text{CaCO}_3</math> y el activo <math>\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2</math>, lo que maximizará la capacidad de celda de batería</p>

FIG. 13B

ID electrodo	Materiales	(%)	(g)	Comentarios
POS7B	Carbopol®-934	98,2	19,64	Polímero con anión de $\text{CO}_3^{2-}$
	Super-P®	0,8	0,16	
	LiOH	1	0,2	
POS8B	Al-50	99,2	19,84	Polímero que contiene grupo carbonilo y grupo $\text{NH}_2$ que puede descomponerse en $\text{CO}_2$
	Super-P®	0,8	0,16	
POS9B	CMC-DN-800H	99,2	19,84	Polímero que contiene grupos de ácido carboxílico con cationes de $\text{NH}_4^+$
	Super-P®	0,8	0,16	
POS10B	$\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$	85,2	17,04	Sal
	Super-P®	0,8	0,16	
	Torlon® 4000TF	2	0,4	
	PVDF-A	12	2,4	
POS11B	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	85,2	17,04	Sal
	Super-P®	0,8	0,16	
	Torlon® 4000TF	2	0,4	
	PVDF-A	12	2,4	
POS12B	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	85,2	17,04	Sal
	Super-P®	0,8	0,16	
	Torlon® 4000TF	2	0,4	
	PVDF-A	12	2,4	
POS13B	$\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$	85,2	17,04	Sal
	Super-P®	0,8	0,16	
	Torlon® 4000TF	2	0,4	
	PVDF-A	12	2,4	
POS14B	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	85,2	17,04	Sal
	Super-P®	0,8	0,16	
	Torlon® 4000TF	12	2,4	
	PVDF-A	0,1	0,02	

FIG. 14

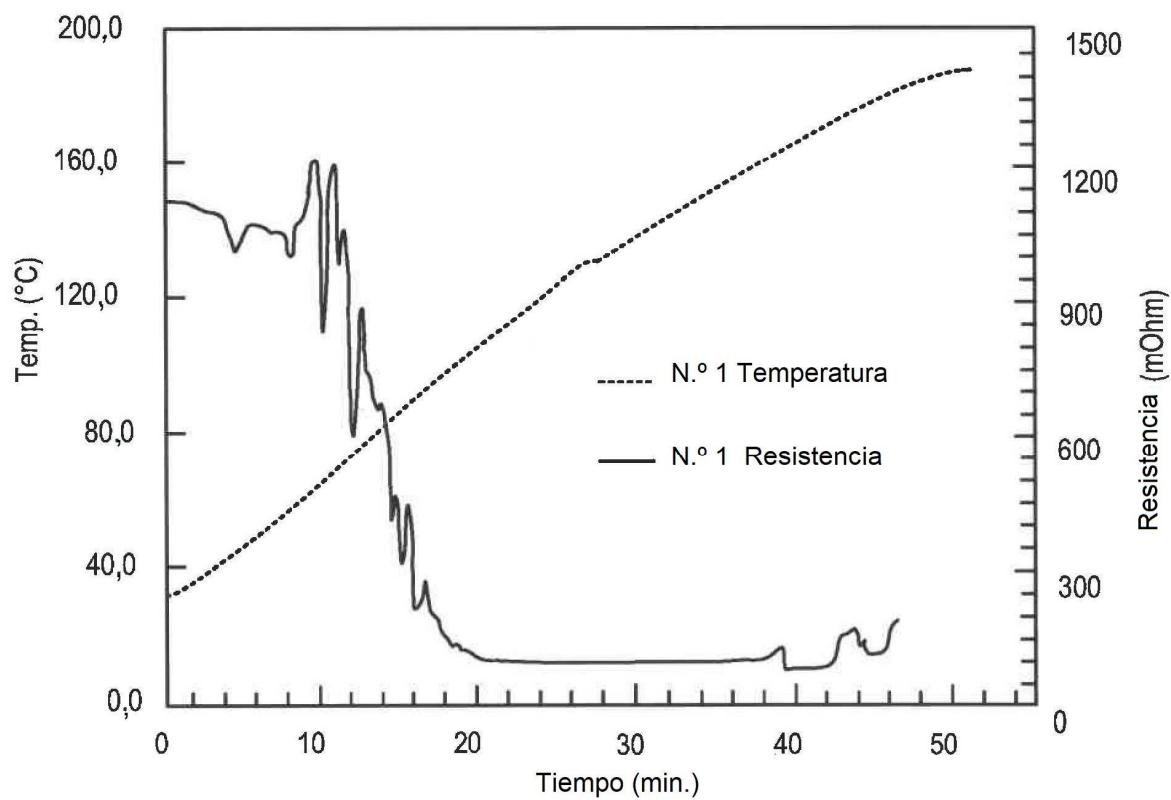


FIG. 15

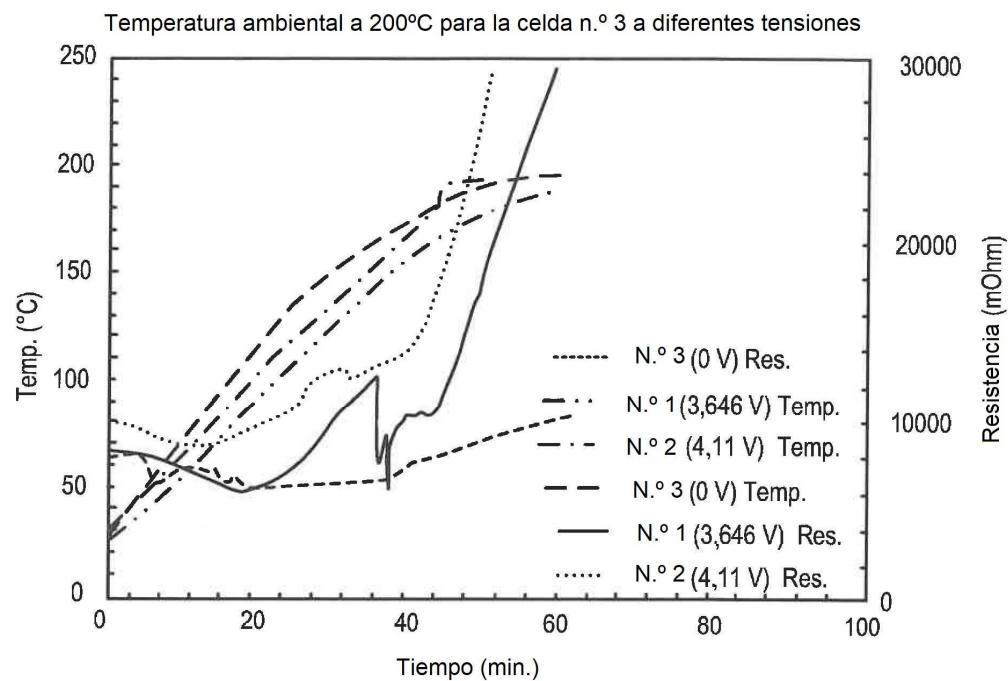


FIG. 16

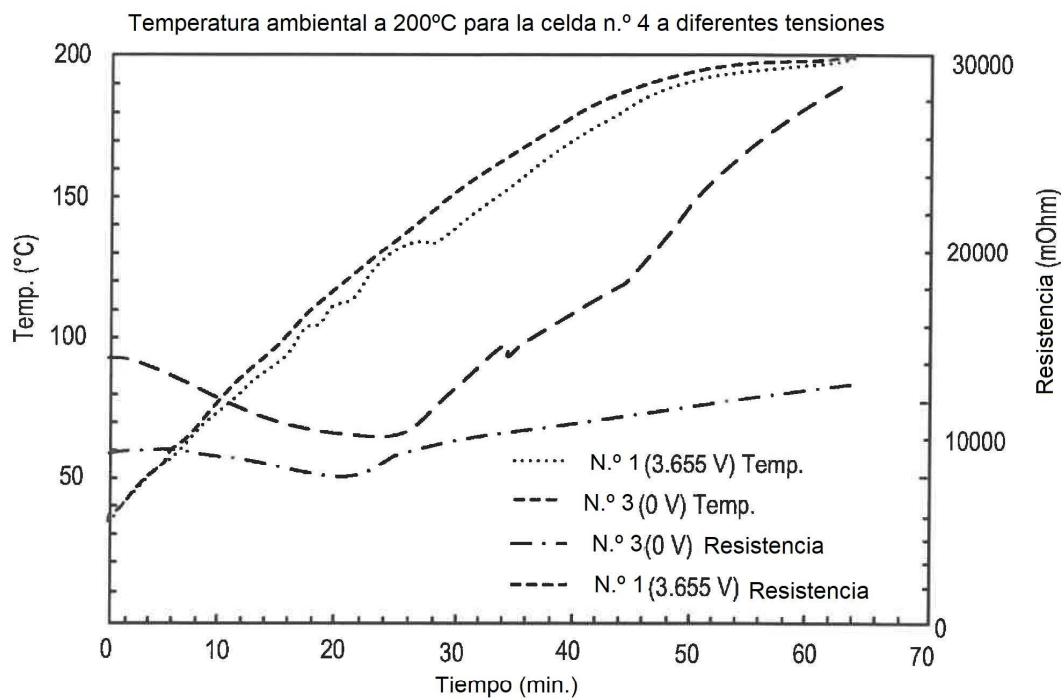


FIG. 17

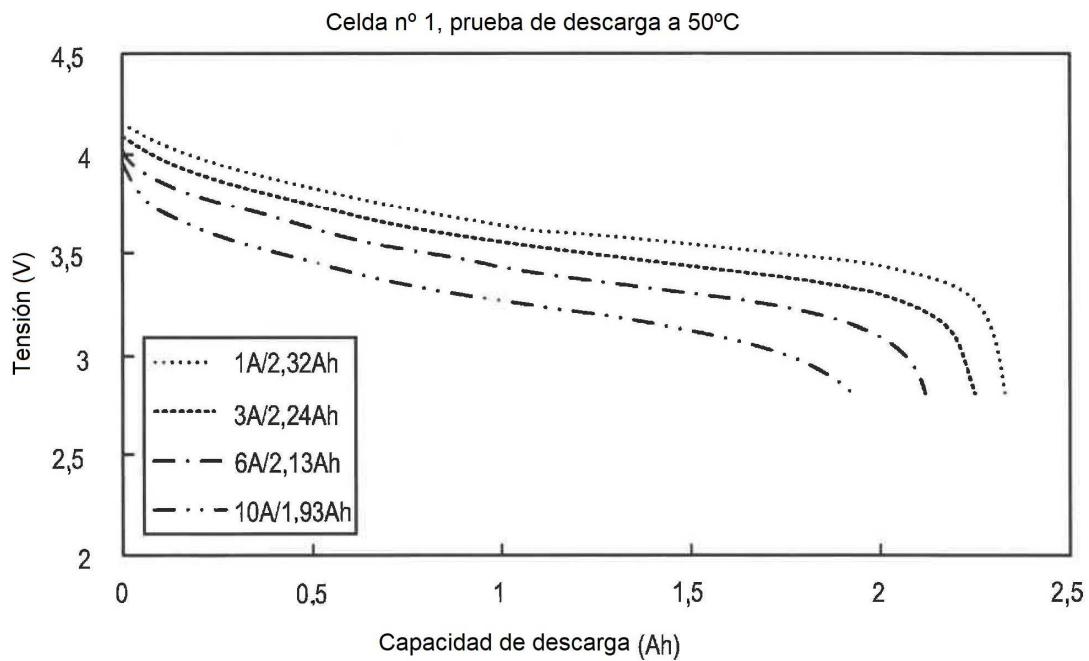


FIG. 18

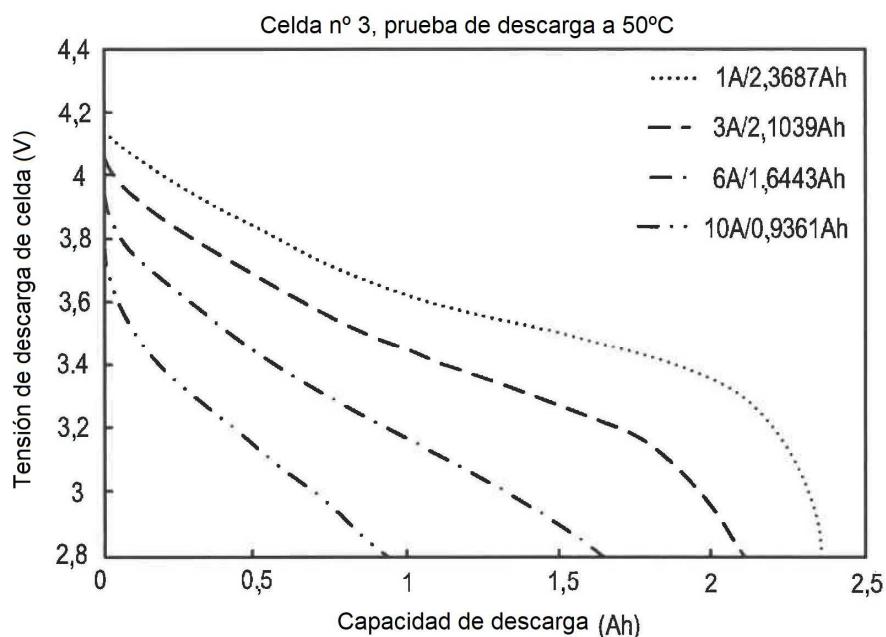


FIG. 19

N.º de celda	Impedancia (mohm)	Cap. A 1A (Ah)	Cap. A 3A (Ah)	Cap. A 6A (Ah)	Cap. A 10A (Ah)	Relac.(Cap. A/3 A/Cap. A 1A)	Relac.(Cap. A/6 A/Cap. a 1A)	Relac.(Cap. A/10 A/Cap. A 1A)
1	14	2,32	2,24	2,13	1,93	0,97	0,95	0,91
3	51,6	2,3687	2,104	1,64	0,94	0,89	0,78	0,57
4	46,8	2,3809	2,2607	1,8414	1,0256	0,95	0,81	0,56
5	16,5	2,4168	2,3792	2,3	2,06	0,98	0,97	0,9
6	15,8	2,3383	2,2495	2,1446	1,967	0,96	0,95	0,92

FIG. 20

Prueba de impacto

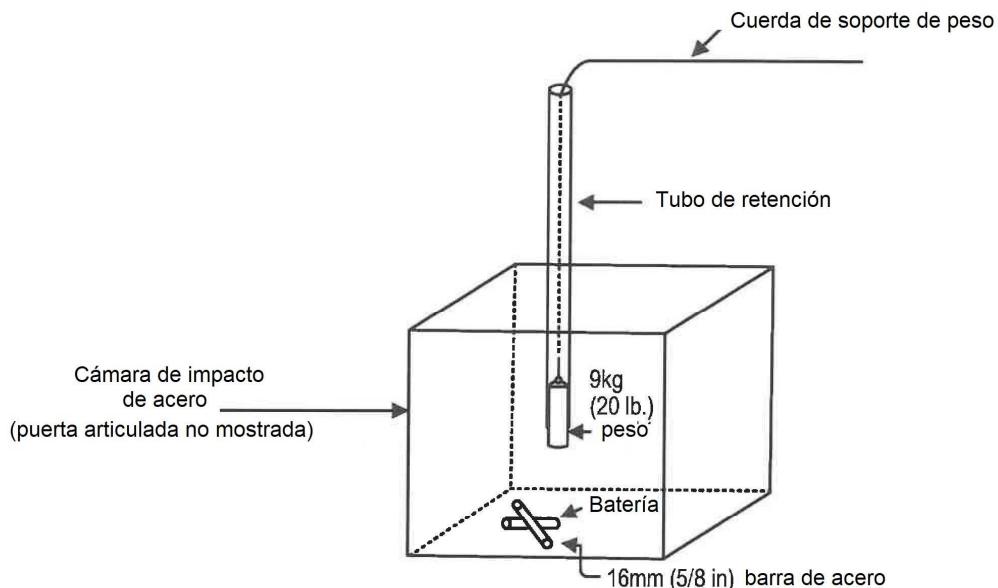


FIG. 21

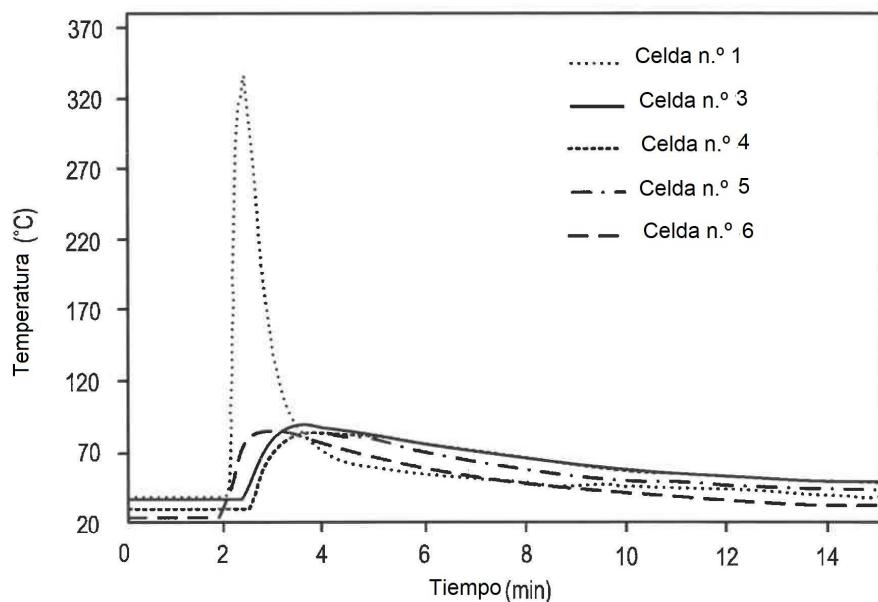


FIG. 22

N.º de celda	Temperatura de celda máxima (°C)	Comentarios
1	334	fuego y explosión
3	80	pasa
4	84	pasa
5	90	pasa
6	84	pasa

FIG. 23

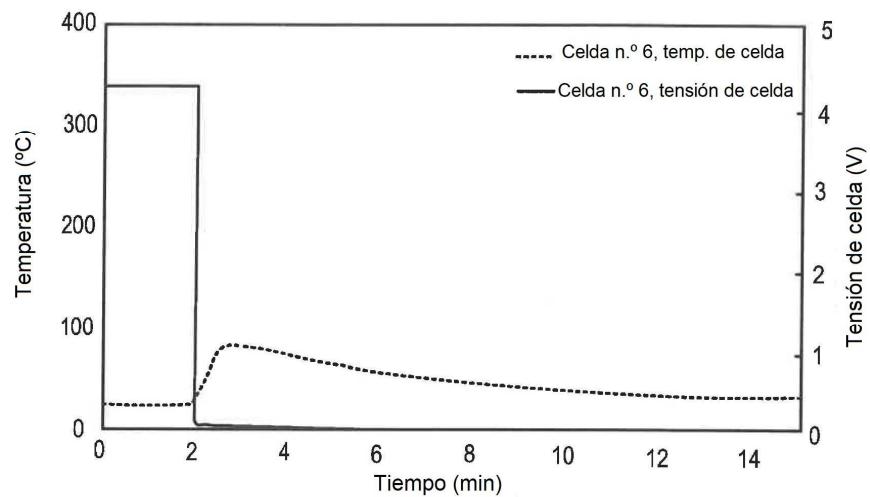


FIG. 24

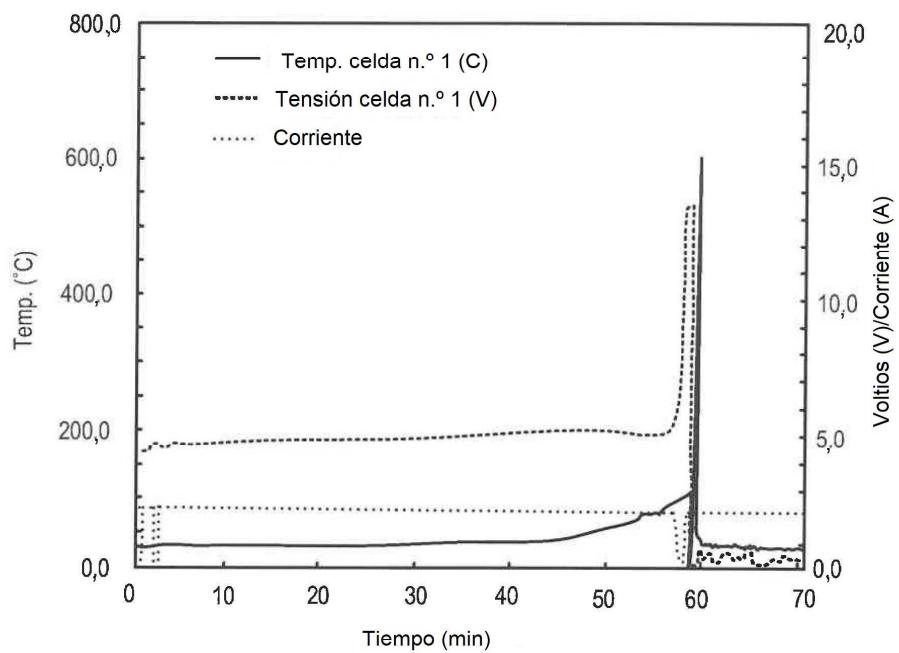
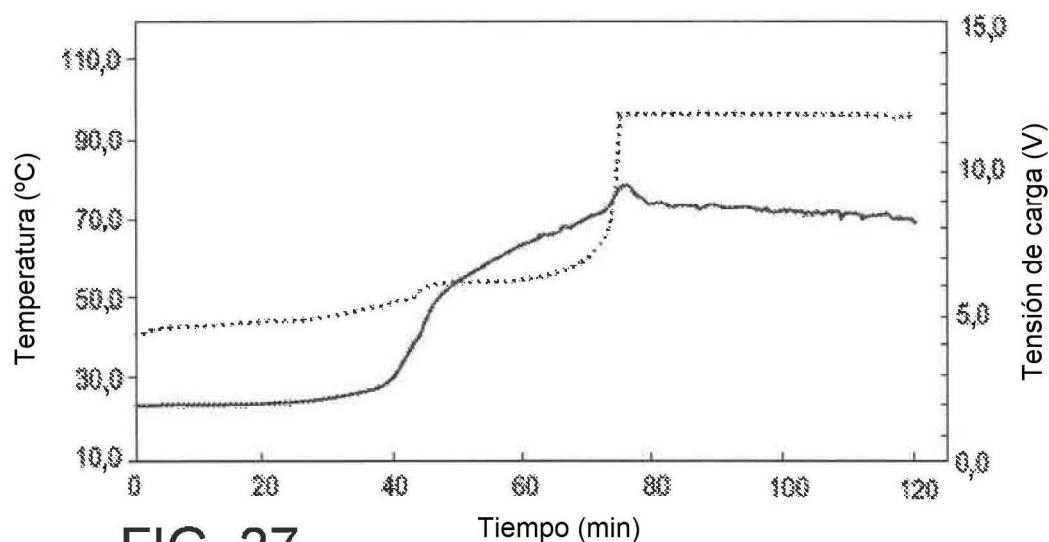
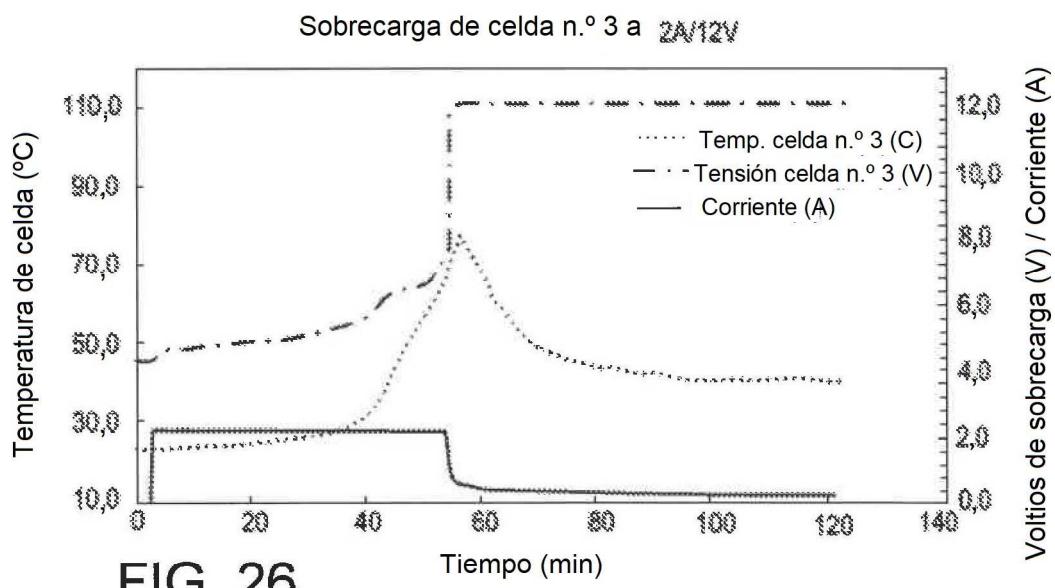


FIG. 25



N. <sup>o</sup> de celda	Temperatura de celda máxima/°C	Comentarios
1	680	fuego y explosión
3	80	pasa
4	80	pasa
5	75	pasa
6	80	pasa

**FIG. 28**

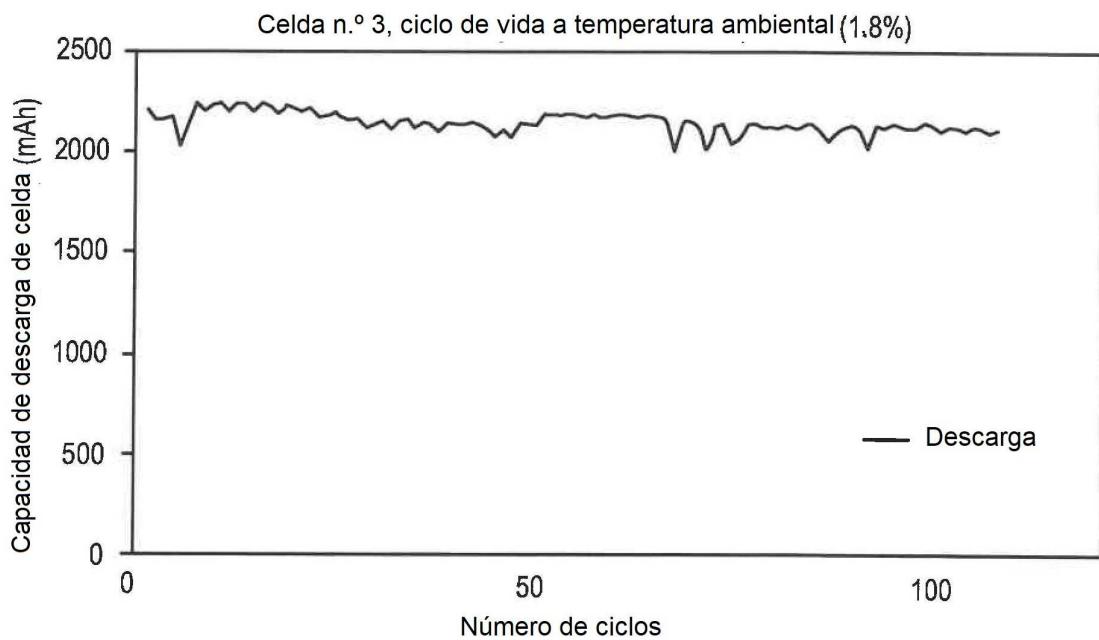


FIG. 29

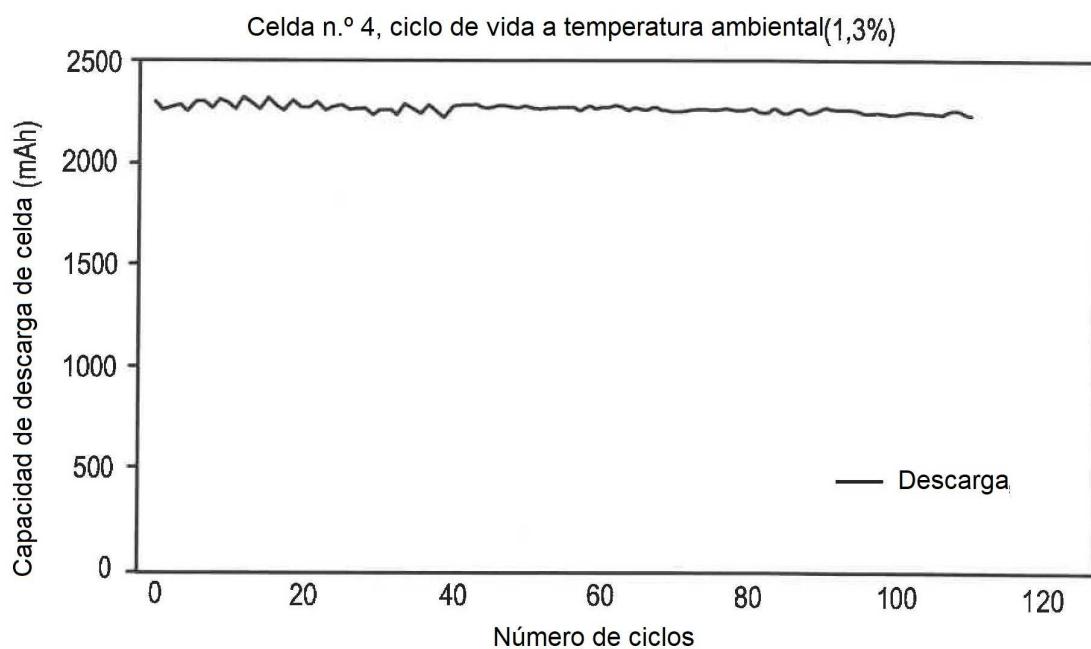


FIG. 30

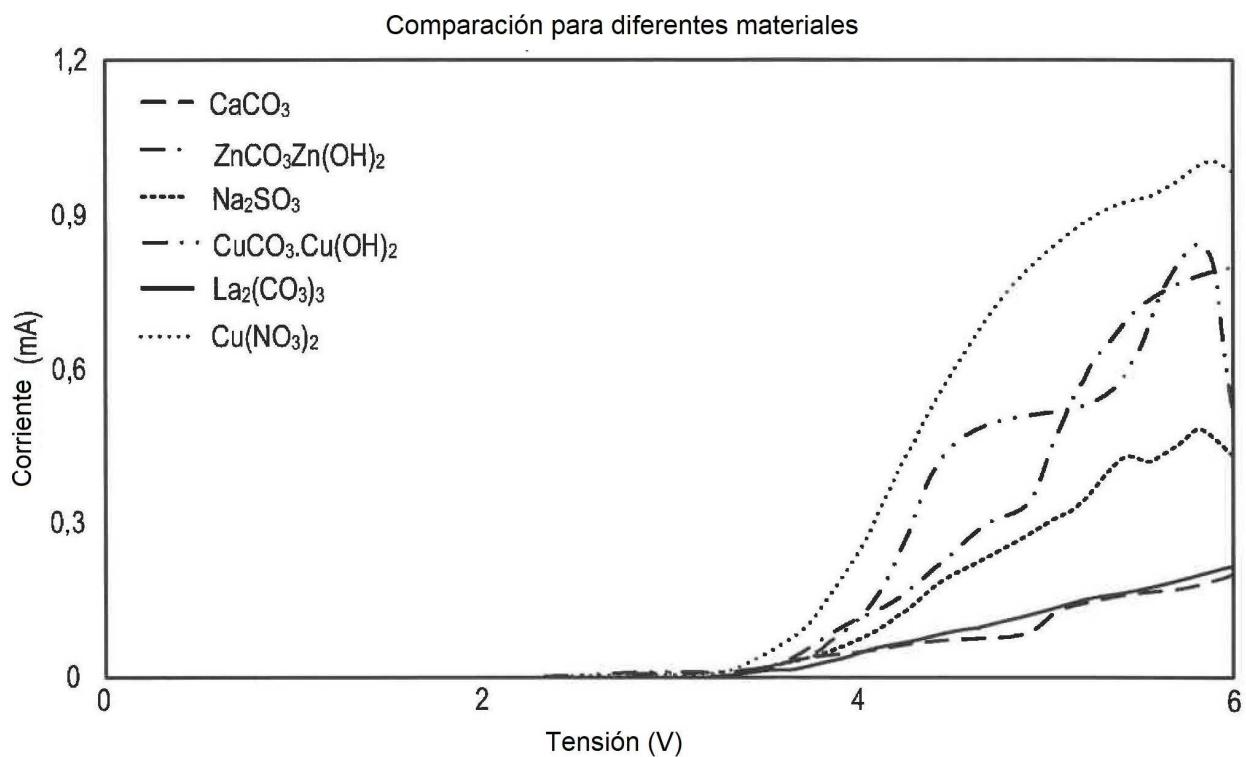


FIG. 31

Compuestos	Corriente pico (mA)	Tensión pico (V)
$\text{CaCO}_3$	0,2	>6
$\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$	0,2	>6
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	0,48	5,84
$\text{ZnCO}_3\text{Zn}(\text{OH})_2$	0,77	5,89
$\text{CuCO}_3\text{.Cu}(\text{OH})_2$	0,78	5,78
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1	5,8

FIG. 32

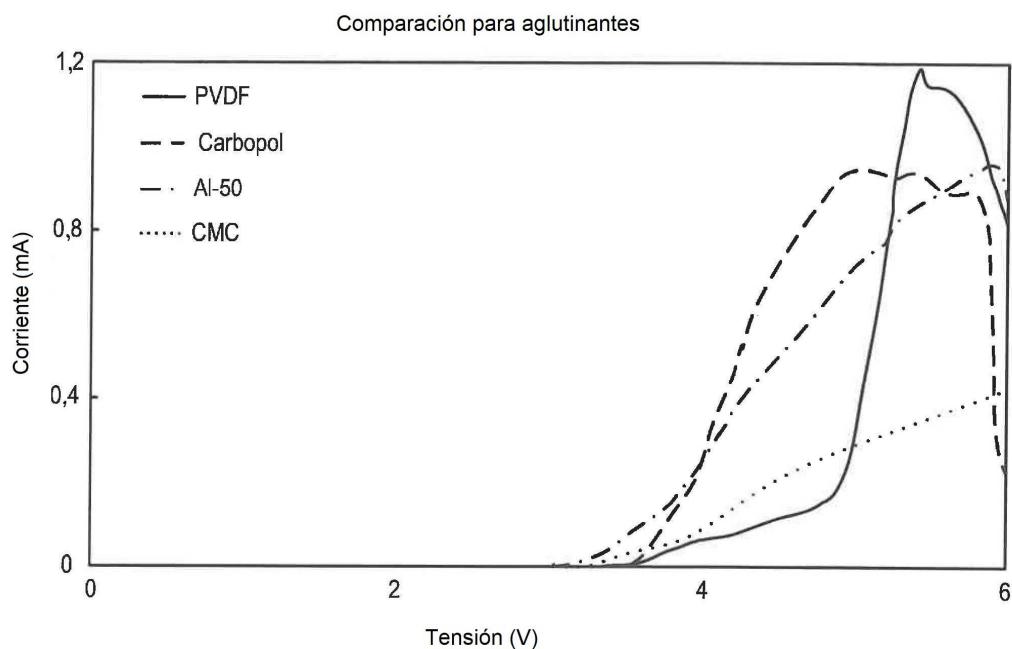


FIG. 33

Polímeros	Corriente pico/mA	Tensión pico/V
Carbopol	0,94	4,95
Al-50	0,96	5,88
CMC	0,4	>6
PVDF	1,178	5,38

FIG. 34

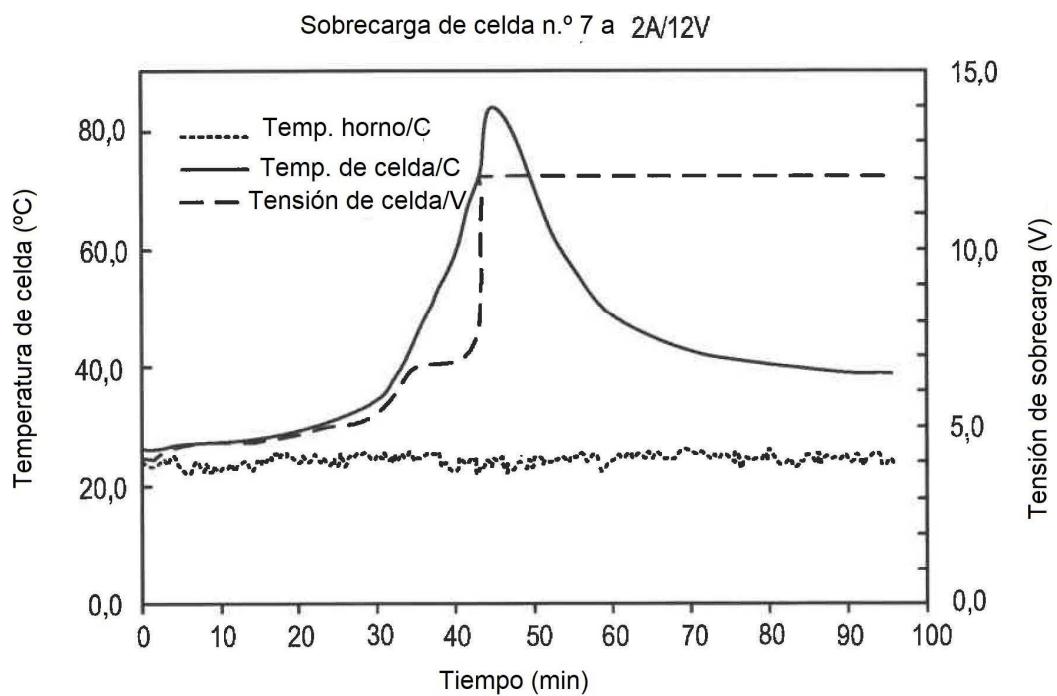


FIG. 35

N.º de celda	Impedancia (mohm)	Cap. A 1A (Ah)	Cap. A 3A (Ah)	Cap. A 6A (Ah)	Cap. A 10A (Ah)	Relac. (Cap. A 3A/Cap.A /1A)	Relac. (Cap. A 6A/Cap.A /1A)	Relac. (Cap. A 10A/Cap.A /1A)
1	14	2,32	2,24	2,13	1,93	0,97	0,95	0,91
3	25,8	2,9117	2,8172	2,6473	2,3289	0,97	0,94	0,88
4	89	1,756	1,096	0,023	0	0,62	0,02	0
5	15,8	2,3383	2,2495	2,1446	1,967	0,96	0,95	0,92
6	16	2,416	2,379	2,3	2,06	0,98	0,97	0,9

FIG. 36

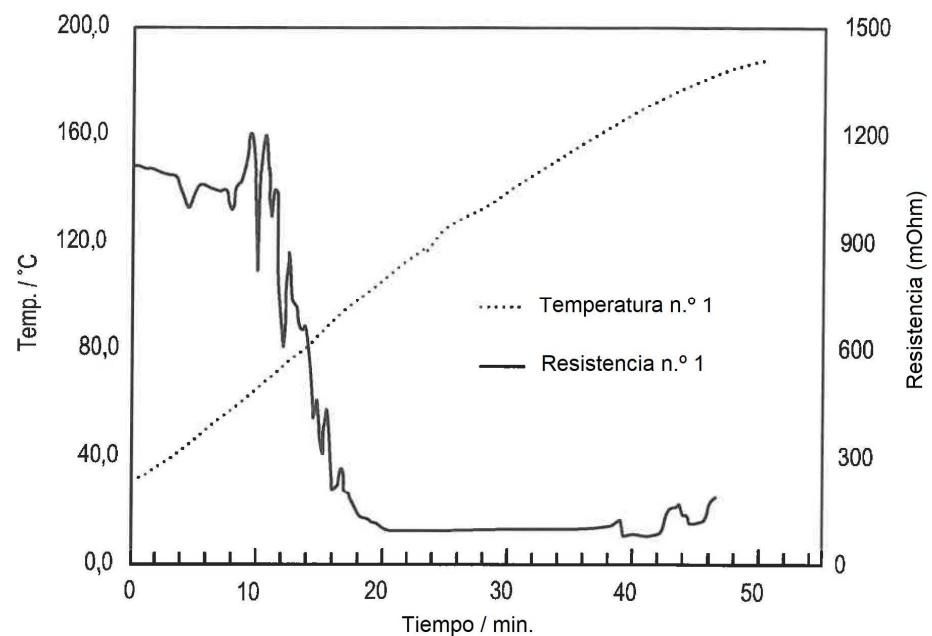


FIG. 37

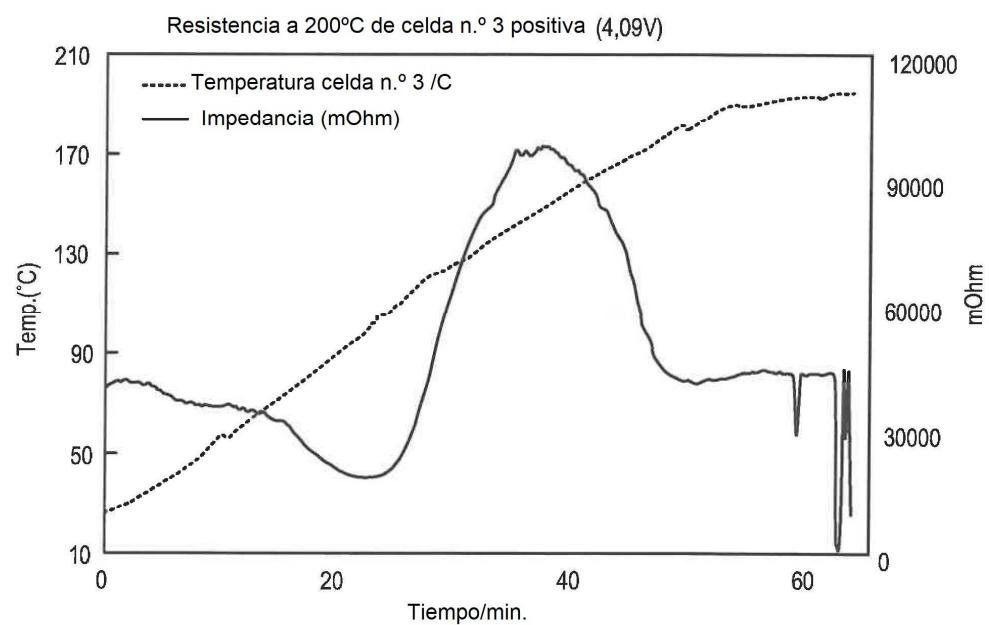


FIG. 38

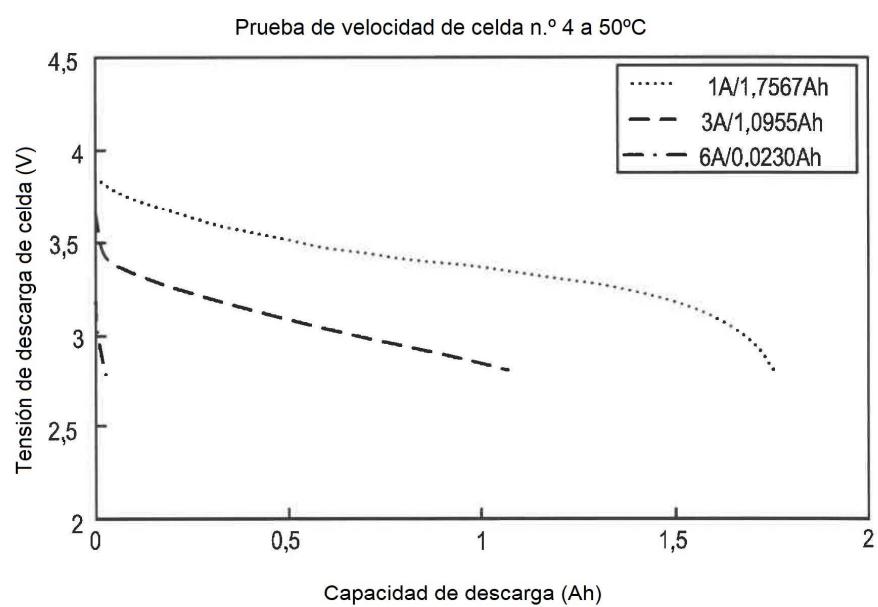


FIG. 39

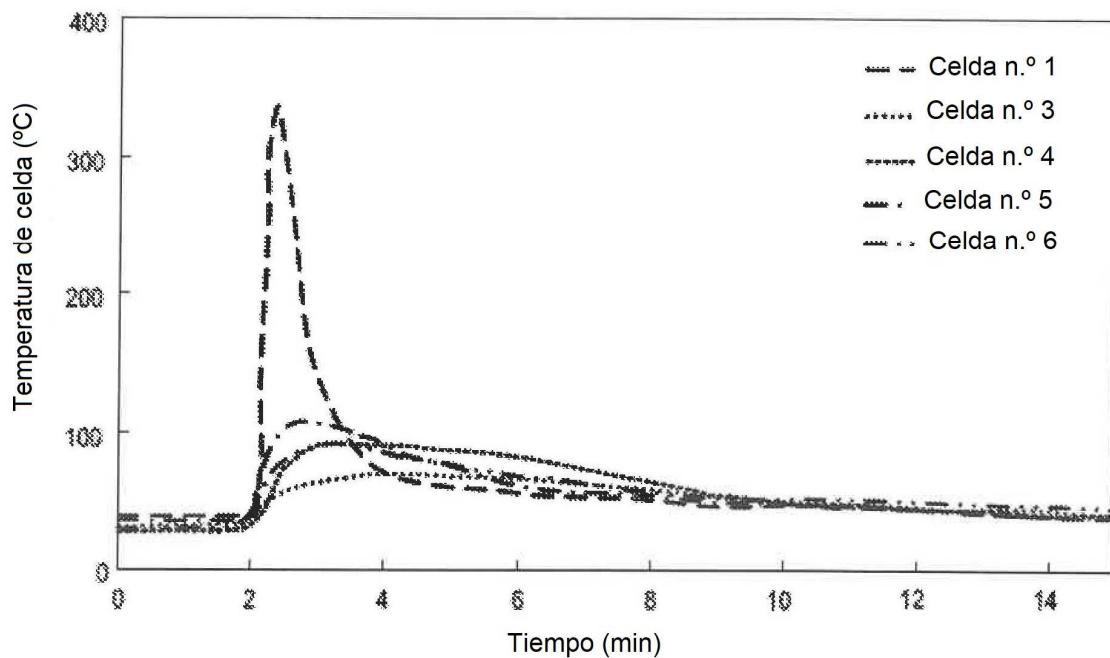


FIG. 40

N.º celda	Temperatura celda máxima (°C)	Comentarios
1	334	explosión y fuego
3	70	pasa
4	90	pasa
5	106	pasa
6	90	pasa

FIG. 41

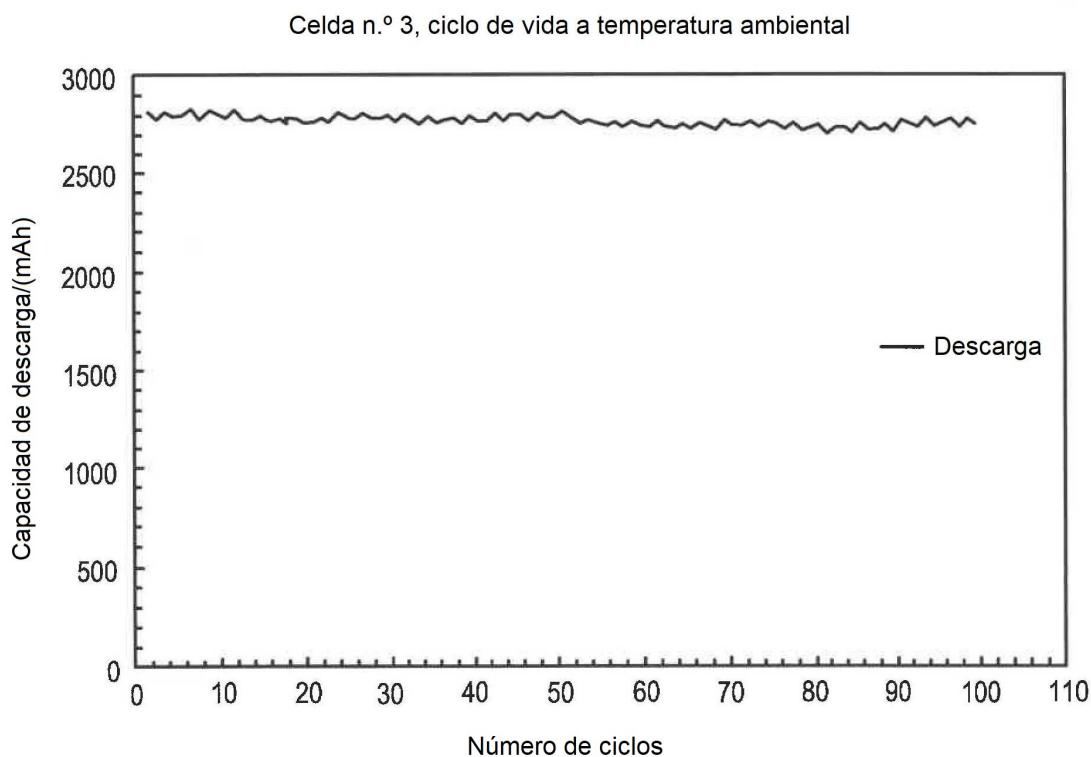


FIG. 42