

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 262**

51 Int. Cl.:

H01M 10/44 (2006.01)

H01M 10/30 (2006.01)

H01M 10/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.09.2010 PCT/FR2010/000638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2011 WO11039428**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2010 E 10773115 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2483962**

54 Título: **Procedimiento de carga y procedimiento de determinación de un criterio de fin de carga de una batería a base de níquel**

30 Prioridad:

29.09.2009 FR 0904661

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

10.05.2018

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR y
BUBENDORFF SOCIÉTÉ ANONYME (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BRUN-BUISSON, DAVID;
LABRUNIE, ANTOINE y
PERICHON, PIERRE**

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 667 262 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

Procedimiento de carga y procedimiento de determinación de un criterio de fin de carga de una batería a base de níquel

5

Ámbito técnico de la invención

La invención se refiere a un procedimiento de carga de una batería electroquímica a base de níquel, con capacidad nominal predeterminada, que comporta al menos una medición de la tensión de la batería y una medición de la temperatura representativa de la batería, en la que dicha batería se recarga mediante una fuente de energía intermitente y de corriente variable.

Estado de la técnica

En los últimos años, las nuevas tecnologías han permitido desarrollar la utilización de aparatos electrónicos nómadas como los ordenadores portátiles, la telefonía móvil o los sistemas autónomos. Estas tecnologías han hecho necesaria la mejora de los sistemas de almacenamiento de energía para obtener una densidad de almacenamiento de energía satisfactoria de los aparatos que cada vez consumen más energía. En la actualidad, un sistema de almacenamiento que se utiliza corrientemente es la batería electroquímica a base de níquel. La tecnología de batería de níquel permite almacenar una cantidad de energía óptima porque su energía volúmica, del orden de 350Wh/dm^3 , es una de las más elevadas conocidas a día de hoy.

Los fabricantes de baterías de níquel recomiendan una carga de corriente constante, la capacidad máxima de las baterías se obtiene en general mediante una carga al 160 % de la capacidad nominal. Una de las problemáticas es saber en qué momento detener la carga, es decir, qué criterio cuantificable y medible utilizar para determinar el momento en que se alcanza la capacidad máxima.

El método más utilizado se denomina comúnmente el método Delta V negativo. De hecho, durante una carga rápida de una batería NiCd, la tensión en los bornes de la batería alcanza un valor máximo V_{max} cuando la carga alcanza un valor cercano del 100 % al 120 % de la capacidad nominal de la batería. Después, la tensión en los bornes de la batería vuelve a bajar y cuando la variación de esta tensión se hace superior a un cierto umbral, se considera que la batería está cargada.

Otro método, más bien asociado a las baterías de tipo NiMH, consiste en detectar la ausencia de la variación de la tensión en los bornes de la batería. De hecho, para este tipo de batería la variación del delta V es relativamente débil y difícilmente detectable. Así después de medir un pico de tensión se espera que esta última se estabilice.

También es posible, en el caso de las baterías NiMH, establecer una relación sobre la variación de la temperatura de la batería en función del tiempo. Cuando esta relación sobrepasa un cierto umbral, se considera que la batería está cargada.

Todos estos métodos permiten garantizar una capacidad máxima de la batería realizando una sobrecarga de esta última. La sobrecarga se comprende clásicamente entre el 20 y el 60 % de la capacidad nominal, lo que corresponde a un excedente. La sobrecarga está impuesta por la aparición de fenómenos electroquímicos parásitos relacionados con la descomposición del agua que consume energía y que hay que compensar para procurar a un usuario la mayor capacidad durante la utilización de un aparato electrónico alimentado en corriente por dicha batería. El documento EP1990890 describe un procedimiento de carga de una batería de un sistema autónomo. El procedimiento comporta la medición de una temperatura y permite el paso de un primer modo de carga a un segundo modo de carga cuando se alcanza un umbral de tensión. El final de carga se observa clásicamente por una elevación rápida de la temperatura de la batería.

El documento EP 0 980 130 A1 describe un procedimiento de control de la carga rápida de acumulador industrial a electrolito alcalino.

Objeto de la invención

El objeto de la invención es realizar un procedimiento de carga de una batería a base de níquel garantizándole una buena autonomía, una longevidad y un rendimiento elevado cuando la batería está conectada a una fuente de corriente intermitente y variable.

60

Este objeto se alcanza por las reivindicaciones anexas y en particular porque la carga de la batería se interrumpe cuando la tensión medida en los bornes de la batería alcanza un umbral de tensión, función de la temperatura medida, y representativo de una capacidad cargada en la batería que corresponde a un rendimiento de la carga superior o igual al 90 %.

5

Descripción somera de los dibujos

Otras ventajas y características aparecerán más claramente con la descripción que sigue de las realizaciones particulares de la invención dados a título de ejemplos no limitativos y representados en los dibujos anexas, en los que:

- La figura 1 ilustra un dispositivo que utiliza el procedimiento de carga según la invención.
 La figura 2 es una curva representativa del número de accionamientos posibles en el tiempo de los dos sistemas autónomos idénticos cuya batería se carga de manera diferente.
 15 La figura 3 es un gráfico representativo de una ventana, función de la tensión y de la temperatura de la batería, en la que se autoriza la carga.
 La figura 4 representa una curva del rendimiento global de la carga en función de la capacidad cargada.
 La figura 5 es una curva en forma de histograma representativa del rendimiento de la carga en función de una pluralidad de rangos de capacidad cargada en la batería.
 20 La figura 6 ilustra en una pluralidad de temperaturas la evolución de la tensión en los bornes de la batería en función de la capacidad cargada.

Descripción de los modos preferidos de realización

- 25 Una batería a base de níquel puede integrarse en los llamados sistemas autónomos. En un sistema autónomo ilustrado en la figura 1, la batería 1 está conectada a una fuente de energía 2 intermitente y de corriente variable que garantiza la recarga de la batería. Esta fuente de energía utiliza en general energías renovables como la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica o la energía geotérmica. A modo de ejemplo, la batería 1 puede recargarse mediante paneles solares, por lo que el paso de una simple nube puede disminuir la intensidad de la corriente de carga o
 30 interrumpir la carga de la batería si las condiciones de exposición al sol son demasiado desfavorables.

El hecho de no poder controlar la corriente de carga hace que sean inutilizables los procedimientos de carga de baterías a base de níquel de la técnica anterior. De hecho, en este caso no es posible garantizar una carga rápida con corriente constante.

35

- De forma general, es necesario proporcionar el máximo de autonomía a un usuario, por esa razón las baterías actuales de níquel están sobrecargadas, para que su capacidad pueda corresponder al 100 % de su capacidad nominal. Sin embargo, esta carrera por la autonomía no tiene en cuenta un criterio importante. Este criterio es la duración de la vida de las baterías, es decir, su autonomía a largo plazo. Efectivamente, la sobrecarga de la batería 1 a base de níquel es
 40 necesaria para compensar las reacciones parásitas de final de carga de la batería para procurar la mejor autonomía posible a un usuario. A largo plazo, estas reacciones parásitas tienen consecuencias directas sobre la autonomía de la batería 1. Este fenómeno es visible en la figura 2, que ilustra el número de accionamientos posibles de un motor 3 conectado a la batería 1 en función de años simulados a partir de dos sistemas autónomos similares que comportan cada uno un motor 3 y una batería 1. Un accionamiento en el presente ensayo corresponde a un tiempo dado de
 45 funcionamiento del motor con corriente constante. La batería 1 de un primer sistema siempre se recarga teniendo como criterio de final de carga un criterio representativo de una capacidad cargada del 160 % de la capacidad nominal de la batería 1. La batería de un segundo sistema siempre se recarga teniendo como criterio de final de carga un criterio representativo de una capacidad cargada del 85 % de la capacidad nominal de la batería 1. En la figura 2, el primer y el segundo sistema autónomo están respectivamente asociados a una curva diferente. La curva asociada a
 50 la capacidad cargada del 160 % de la capacidad nominal de la batería corresponde de hecho a una sobrecarga como recomienda la técnica anterior. Las dos curvas extraídas de la figura 2 permiten observar una disminución menos importante de la autonomía de la batería en términos de número de accionamiento del motor para la curva asociada al criterio de final de carga al 85 % respecto de la curva asociada al criterio de final de carga del 160 %. De hecho, al cabo de aproximadamente ocho años simulados, el sistema asociado a la curva de la capacidad cargada del 85 %
 55 presenta una mejor autonomía que el sistema sobrecargado.

Por capacidad cargada se entiende la cantidad de corriente almacenada en la batería durante la carga para obtener una capacidad de Ah de la batería durante la descarga. La capacidad de la batería es de forma general inferior a la capacidad cargada. Es decir que para N Ah almacenados en la batería, esta última es capaz de restituir N-x Ah.

- 60 Entonces es posible establecer el rendimiento para una carga dada creando una relación entre la capacidad cargada

en función de la capacidad recuperada durante la descarga. El rendimiento será diferente en función de la corriente utilizada para la carga y/o la descarga.

5 El procedimiento de carga según la invención consiste en cargar una batería electroquímica a base de níquel de capacidad nominal predeterminada según un criterio de final de carga predefinido que permita limitar la capacidad cargada en la batería para trabajar en una ventana electroquímica en la que las reacciones parásitas no tienen lugar, o son insignificantes. El criterio de final de carga puede corresponder a un umbral de tensión, preferentemente predeterminado por calibrado.

10 Así, el procedimiento de carga de una batería 1 electroquímica a base de níquel, de capacidad nominal predeterminada, y conectada, es decir, recargada por una fuente de energía 2 intermitente y de corriente variable, comporta al menos una medición de la tensión de la batería y una medición de la temperatura representativa de la batería 1. La carga de la batería se interrumpe cuando la tensión medida en los bornes de la batería alcanza un umbral de tensión, preferentemente predeterminado y que forma el criterio de final de carga, función de la temperatura medida,
15 y representativo de una capacidad cargada en la batería que corresponde a un rendimiento de la carga superior o igual al 90 % del rendimiento máximo de esta carga. El rendimiento máximo depende del valor de corriente utilizado.

Este umbral de tensión cuyo rendimiento de la carga es superior o igual al 90 % puede corresponder a una capacidad cargada de la batería comprendida entre el 75 y el 85 % de la capacidad nominal de la batería. Tal criterio de final de
20 carga permite evitar la degradación de la batería evitando la carga por encima de dicho umbral. Así, por criterio de final de carga se entiende un criterio asociado a la interrupción de la carga por encima de la cual la carga de la batería no está autorizada. Dicho de otro modo, mientras que la tensión de la batería sea superior al criterio de final de carga, su carga está prohibida.

25 Además, para limitar las degradaciones de la batería, la carga solo puede autorizarse en una gama de temperatura en la que el rendimiento durante la carga siga siendo correcto. Dicho de otro modo, el procedimiento integra dos valores consigna de temperatura T_{min} y T_{max} entre los cuales se autoriza la carga. Efectivamente, la temperatura influye en la cinética de las reacciones químicas, la movilidad de los portadores de carga, y la importancia de las reacciones parásitas. A baja temperatura, la disminución de la movilidad de los portadores de carga provoca el
30 aumento de la impedancia interna de la batería. Esta disminución de la movilidad de los portadores de carga limita por tanto la corriente suministrada por la batería, y aumenta la tensión de carga de corriente constante, produciendo directamente degradaciones internas. A alta temperatura, las reacciones parásitas degradantes se favorecen implicando una disminución importante del rendimiento de carga y una aceleración de la autodescarga. Estas temperaturas pueden elegirse en función del rango de temperatura de funcionamiento recomendado por el fabricante.

35 El umbral de tensión puede ser constante en el interior de un rango de temperatura y diferente en diferentes rangos de temperatura. En una variante que tiene en cuenta los dos valores consigna de temperatura, el rango en el que la carga se autoriza se divide entonces en varios subrangos y cada rango se asocia a una tensión máxima de funcionamiento. Esto permite tener en cuenta el comportamiento de la batería en función de la temperatura. De hecho,
40 cuanto más alta es la temperatura más bajo es el umbral de tensión.

Un ejemplo particular de gestión de la carga en función de la temperatura medida y de la tensión medida por una batería, compuesta por diez celdas de tipo NiMH con capacidad nominal 2,1 Ah y con tensión nominal 12V, se ilustra en la figura 3. Los valores consigna de temperatura T_{min} y T_{max} son respectivamente iguales a -10 °C y 40 °C. Un
45 primer rango asociado a una tensión de 14,5 V está definido entre -10 °C y -5 °C, un segundo rango asociado a una tensión de 14,2 V está definido entre -5 °C y 0 °C, y un tercer rango asociado a una tensión de 14V está definido entre 0 °C y 40 °C.

Para definir esta ventana donde la carga está autorizada, dicho de otro modo el criterio de final de carga, los umbrales
50 de tensión y su rango de temperatura asociada se han determinado durante una fase de calibrado de la batería. La fase de calibrado se realiza, preferentemente, sobre una batería de calibración durante ciclos de carga y de descarga con corriente constante, ciclos donde las características de la batería están controladas (detección de final de carga, integración de la capacidad cargada, etc.).

55 La fase de calibrado comporta en primer lugar el establecimiento de una curva de rendimiento representativa del rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada en la batería. Esta curva de rendimiento puede establecerse mediante una sucesión de ciclos de carga y de descarga de la batería de calibración. La variación entre la capacidad cargada en la batería y la capacidad suministrada por la batería durante una fase de descarga consecutiva a la carga que permite establecer este rendimiento. Tal curva se ilustra en la figura 4. En función de las
60 baterías, la lectura de esta curva permite observar un punto de ruptura de pendiente en el cual el rendimiento global

cae. Este punto de ruptura de pendiente puede ser una selección de un valor de capacidad máxima de carga, y puede por ejemplo corresponder a una caída de un factor dos de la pendiente de la curva de rendimiento. En la figura 4, este punto se sitúa aproximadamente a 2 Ah de capacidad cargada. Según las características de los ciclos, el nivel máximo del rendimiento varía pero la forma general de la curva está fija.

5

Según un ejemplo particular, la curva de rendimiento corresponde a un histograma ilustrado en la figura 5 que representa el rendimiento por rangos de capacidad cargada, este punto corresponde entonces a una capacidad máxima de carga asociada a una caída de rendimiento. El rendimiento de un rango se determina entonces mediante dos ciclos de carga, cada uno seguido de una fase de descarga, utilizando la fórmula siguiente:

10

$$R_{\text{gamma}X;Y} = \frac{C_{\text{dergc}Y} - C_{\text{dergc}X}}{C_{\text{car}Y} - C_{\text{car}X}} \times 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde $R_{\text{gamma}X;Y}$ es el valor en porcentaje del rendimiento del rango considerado definido por los valores Y y X respectivamente alcanzados durante un primer y un segundo ciclo de carga, Y siendo superior a X;

15

$C_{\text{car}X}$ la capacidad en Ah suministrada a la batería durante el primer ciclo de carga;

$C_{\text{dergc}X}$ la capacidad de la batería en Ah recuperada durante una fase de descarga consecutiva al primer ciclo de carga;

$C_{\text{car}X}$ la capacidad en Ah suministrada a la batería durante el segundo ciclo de carga;

20

$C_{\text{dergc}Y}$ la capacidad de la batería en Ah recuperada durante una fase de descarga consecutiva al segundo ciclo de carga.

Por ejemplo, se realizó un primer ciclo de carga durante el cual la capacidad en Ah suministrada a la batería era igual a 2,81 Ah, fue posible recuperar 2,14 Ah durante la descarga. Después, se realizó un segundo ciclo de carga durante el cual la capacidad en Ah suministrada a la batería era igual a 3,21 Ah, fue posible recuperar 2,15 Ah durante la

25

descarga. La inyección de estos datos en la ecuación (1) permite obtener:

$$R_{\text{gamma}2,8;3,2} = \frac{C_{\text{dergc}3,2} - C_{\text{dergc}2,8}}{C_{\text{car}3,2} - C_{\text{car}2,8}} \times 100 = \frac{2,15 - 2,14}{3,2 - 2,8} \times 100 = 2,5\%$$

30

Este rendimiento del 2,5 % era muy débil, debido al hecho de que la energía fue consumida casi totalmente por las reacciones parásitas que degradan físicamente la batería.

La elección del punto de capacidad máxima de carga para permitir la mejor longevidad de la batería no es anodina. Conviene determinar este punto analizando el rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada respecto de la capacidad nominal de la batería. En la figura 5 este punto está determinado, preferentemente, por el rango que precede a una caída drástica del rendimiento. En el ejemplo particular de la figura, se trata del último rango que tiene un rendimiento de carga superior al 90 %. En este último rango se tomará, preferentemente, el borne inferior que corresponde en el ejemplo de la figura 5 a 1,8 Ah. Este valor de 1,8 Ah corresponde a la curva del 85 % de la capacidad cargada en la figura 2.

35

40

La figura 5 se obtuvo realizando al menos diez rangos entre 0 y la capacidad nominal de la batería. Un mínimo de diez rangos permite observar mejor el punto de capacidad máximo de carga que hay que seleccionar.

El valor obtenido con la curva de la figura 5 es inferior al de la curva de la figura 4. Así, la autonomía será más débil con una capacidad máxima cargada de 1,8 Ah que de 2 Ah, sin embargo, la duración de vida aumentará.

45

Una vez elegido el valor de capacidad máximo (1,8 Ah en el presente ejemplo), este valor puede validarse realizando una prueba de longevidad como el ilustrado por la figura 2 con el valor de capacidad máximo de carga y un valor superior.

50

El procedimiento de determinación del criterio de final de carga comporta entonces el establecimiento de al menos una curva de tensión representativa de la tensión de la batería en función de la capacidad cargada para una temperatura dada representativa de la temperatura de la batería. La figura 6 ilustra ocho curvas, cada curva representa

la evolución de la tensión en voltios en función de la capacidad cargada de la batería en Ah, y está asociada a una temperatura (-10 °C, ambiente, +40 °C y +60 °C) y a una corriente de carga (C/10 y C/40). Para una temperatura dada, se tiene por tanto un par de curvas, la primera curva del par se realiza durante una carga de 10 horas y la segunda curva del par durante una carga de 40 horas. Se observa así que la influencia de la corriente de carga es débil cuando
5 esta es débil.

Además, en el ejemplo particular de la figura 6, la gama de temperatura se limita de -10 °C a 40 °C. De hecho, la pendiente de la curva asociada a la temperatura de 60 °C es tan débil en las cercanías del valor de 1,8 Ah que no es posible determinar el final de carga.

10

Después, para cada temperatura, se determina un umbral de tensión correspondiente al valor máximo de carga. El umbral puede determinarse a partir de la curva de tensión correspondiente, el umbral de tensión entonces es representativo del criterio de final de carga. Estos umbrales permiten realizar entonces un gráfico del tipo del de la figura 3 para formar la ventana en la que se autoriza la carga. El umbral de tensión, función de la temperatura,
15 determina el criterio de final de carga. Los datos representativos de la figura 3 pueden registrarse en una tabla de correspondencia que comporte varios rangos de temperaturas cada uno asociado a un umbral de tensión diferente. Más particularmente, la tabla puede comportar una pluralidad de objetos, cada objeto comportando dos entradas, una primera entrada siendo representativa del rango de temperatura, y una segunda entrada representativa de la tensión asociada a dicho rango.

20

La temperatura representativa de la batería puede determinarse por una sonda 4 (figura 1) colocada cerca de los bornes de esta última o en esta última.

A modo de ejemplo particular de realización, conectado una batería electroquímica a base de níquel a un cargador
25 dotado de un gestor de la carga de la batería, el cargador puede recargar la batería utilizando un criterio de final de carga dependiente de la tensión y de la temperatura de la batería. Así, durante una fase de carga, se ejecuta un bucle de medición de la temperatura y de la tensión en los bornes de la batería, en función de dichas medidas, el cargador decide si debe o no continuar cargando la batería.

30 La utilización de un tal procedimiento permitirá disminuir el mantenimiento de los sistemas autónomos que conducen a reemplazar regularmente las baterías.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de carga de una batería (1) electroquímica a base de níquel, con capacidad nominal predeterminada, que comporta al menos una medición de la tensión de la batería y una medición de la temperatura representativa de la batería (1), en la que la carga de la batería (1) se interrumpe cuando la tensión medida en los bornes de la batería (1) alcanza un umbral de tensión, función de la temperatura medida;
- 5
- procedimiento **caracterizado porque** la batería se recarga mediante una fuente de energía (2) intermitente y de corriente variable, y porque el umbral de tensión es representativo de una capacidad cargada en la batería correspondiente a un rendimiento de la carga superior o igual al 90 %, el rendimiento de la carga estando definido por la relación entre la capacidad cargada en la batería (1) y la capacidad recuperada durante la descarga de la batería (1).
- 10
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el umbral de tensión, función de la temperatura medida, es representativo de una capacidad cargada en la batería comprendida entre el 75 y el 85 % de la capacidad nominal de la batería.
- 15
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** comporta dos valores consigna de temperatura (Tmin, Tmax) entre los cuales se autoriza la carga.
- 20
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el umbral de tensión es constante en el interior de un rango de temperatura y diferente en diferentes rangos de temperatura.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el umbral de tensión es representativo de un criterio de final de carga obtenido previamente por:
- 25
- el establecimiento de una curva de rendimiento representativa del rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada en la batería;
 - la selección de un valor de capacidad máxima de carga correspondiente a una ruptura de pendiente de la curva de rendimiento, la capacidad máxima corresponde al rendimiento de la carga superior o igual al 90 %;
 - el establecimiento de al menos una curva de tensión representativa de la tensión de la batería en función de la capacidad cargada para una temperatura dada representativa de la temperatura de la batería;
 - la determinación a partir de la curva de tensión correspondiente, para cada temperatura, de un umbral de tensión representativo del criterio de final de carga, correspondiente a dicho valor de capacidad máxima de carga.
- 30
6. Procedimiento según la reivindicación 5 **caracterizado porque** comporta la realización de una tabla de correspondencia que comporta varios rangos de temperaturas cada una asociada a un umbral de tensión diferente.
- 35
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, **caracterizado porque** la curva de rendimiento es un histograma representativo del rendimiento en función de rangos de capacidad cargada, el valor de capacidad máxima de carga está comprendido en el último rango con un rendimiento de carga superior al 90 %.
- 40
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el valor de capacidad máxima cargada corresponde al borne inferior del último rango.
- 45

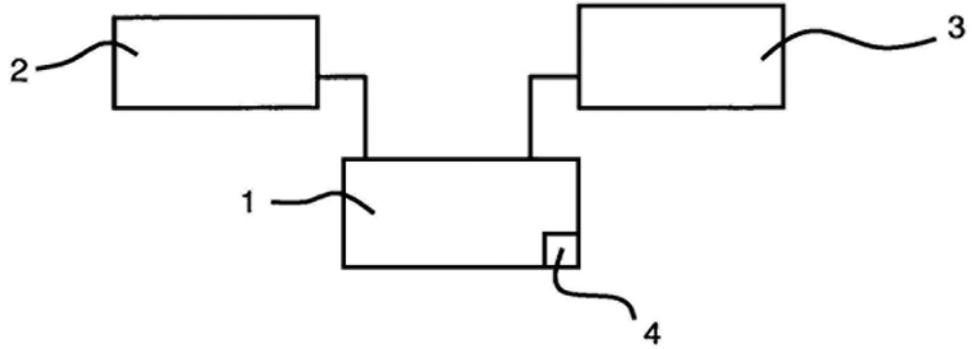


Figura 1

Número de accionamientos

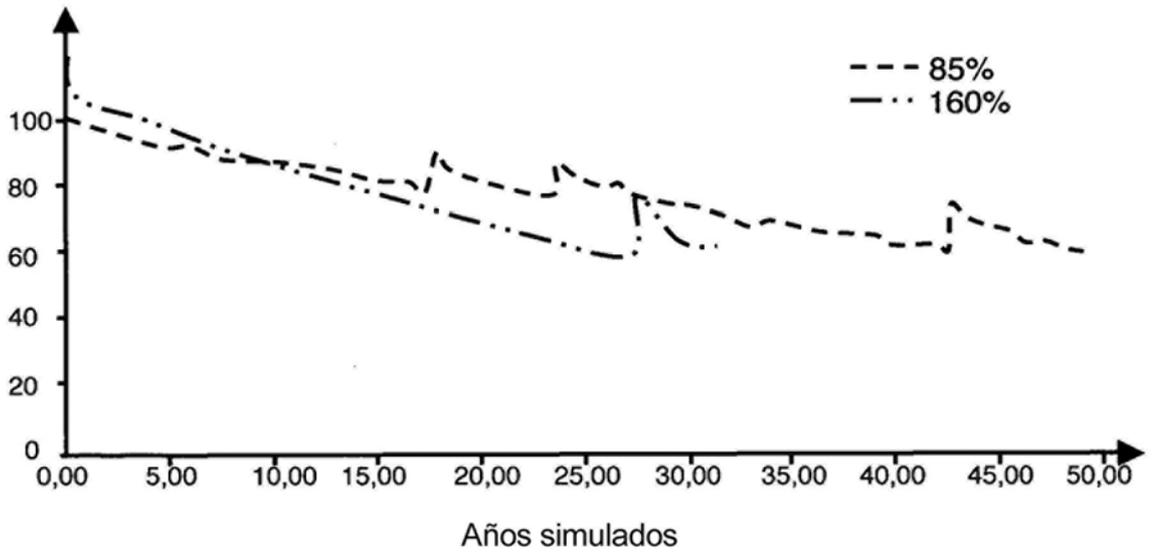


Figura 2

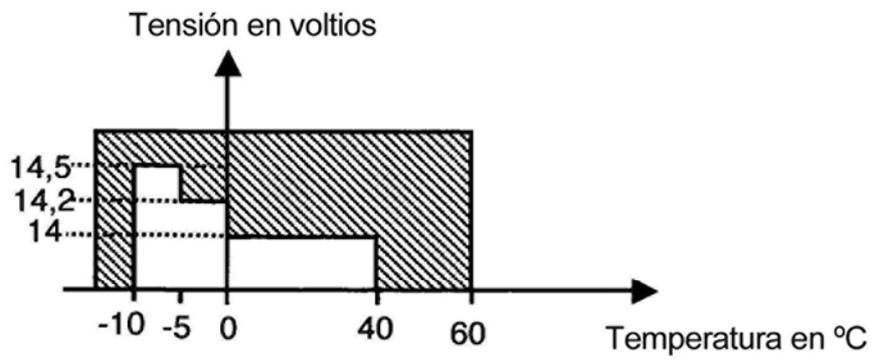


Figura 3

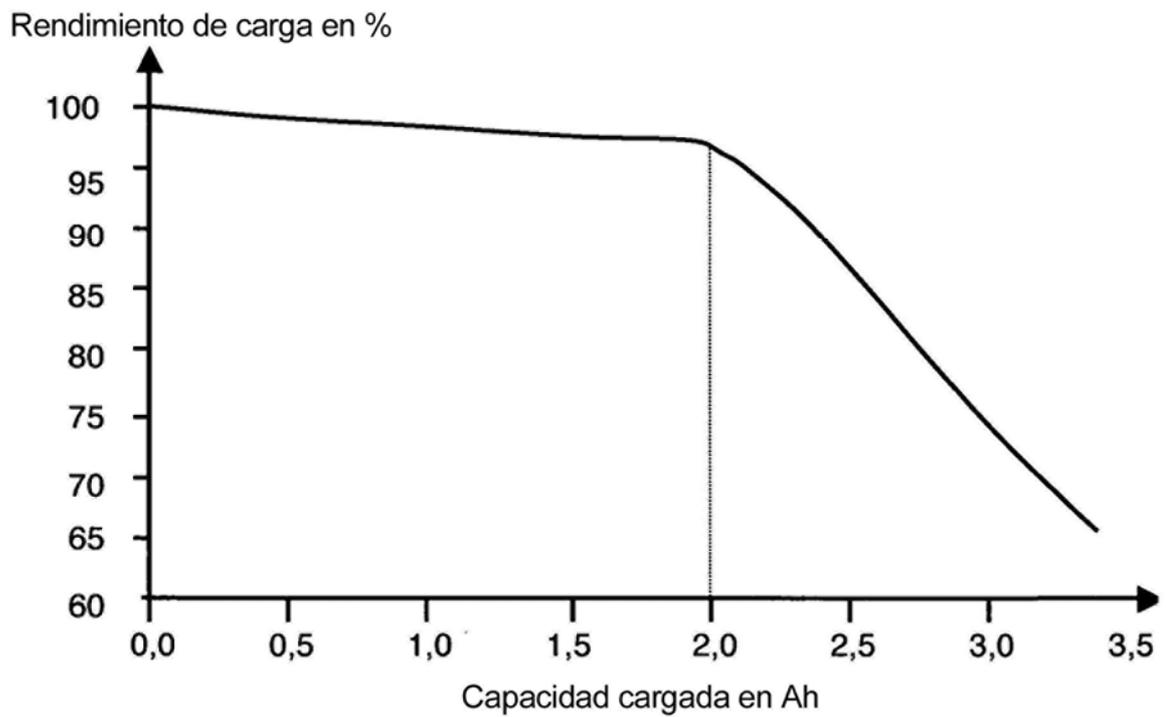


Figura 4

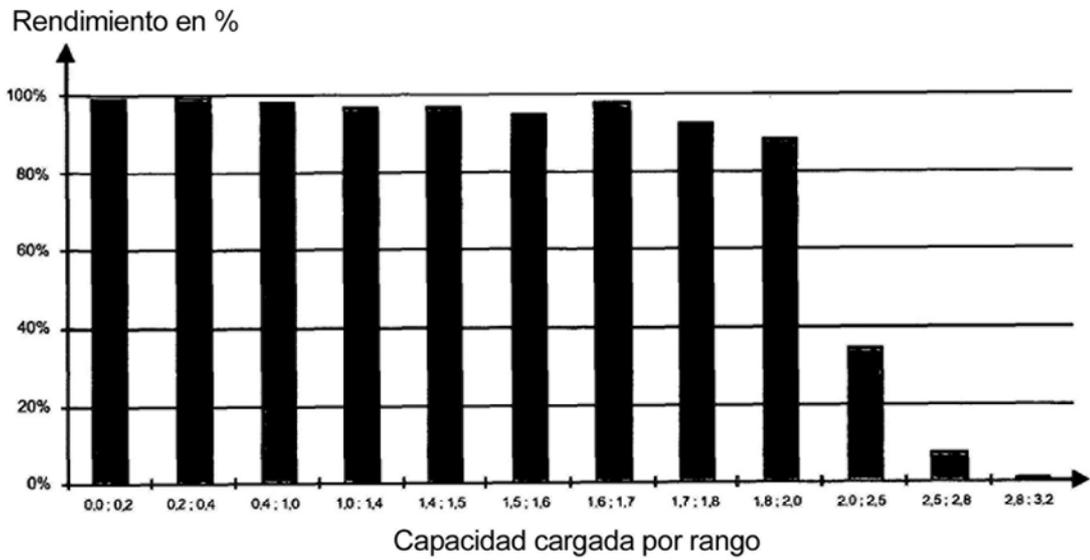


Figura 5

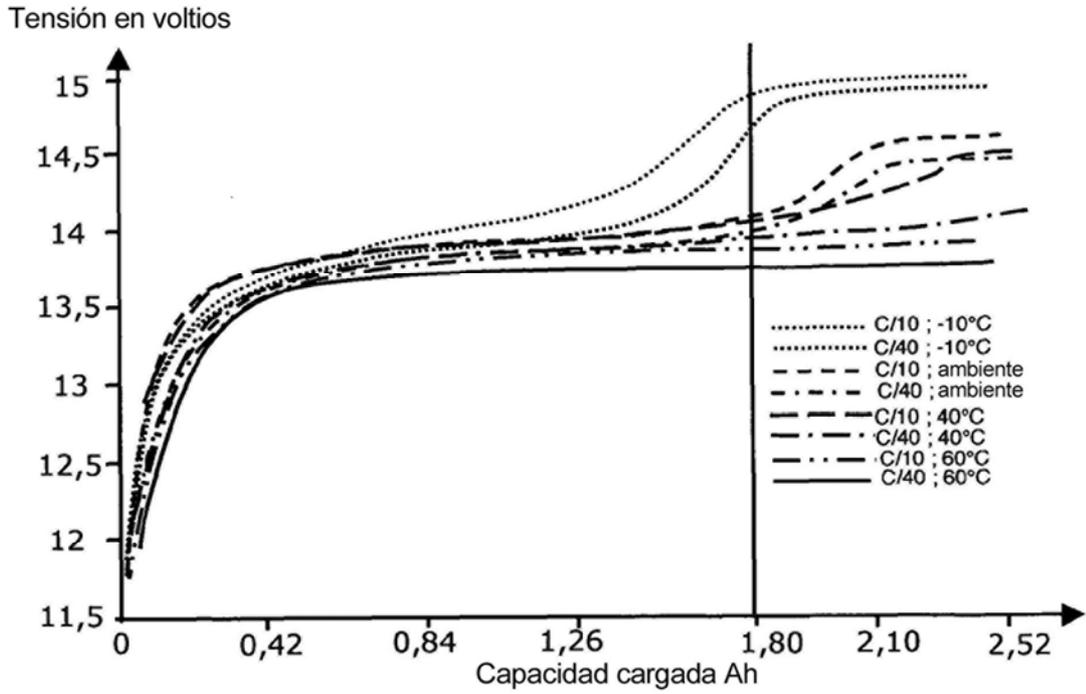


Figura 6