

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 657**

51 Int. Cl.:

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 7/35 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2009 PCT/US2009/044783**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2009 WO09148839**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2009 E 09759000 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020 EP 2289162**

54 Título: **Sistema de almacenamiento que maximiza la utilización de energía renovable**

30 Prioridad:

30.05.2008 US 156346

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

07.10.2020

73 Titular/es:

**CHANG, CHUN-CHIEH (50.0%)
2250 N. Triphammer Road H2E
Ithaca, NY 14850, US y
LEE, OLIVIA PEI-HUA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**CHANG, CHUN-CHIEH y
LEE, OLIVIA PEI-HUA**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 785 657 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

Sistema de almacenamiento que maximiza la utilización de energía renovable

5 Campo de invención

La presente invención se refiere a sistemas de almacenamiento de energía adecuados para su uso general en el hogar y la oficina.

10 Antecedentes de la invención

15 La energía fotovoltaica se encuentra conectada, en general, en serie o en paralelo como un dispositivo de conversión que convierte energía fotoeléctrica en energías eléctricas. Tradicionalmente, la energía generada por la energía fotovoltaica se utiliza o bien directamente como una fuente de alimentación o bien retroalimentación a una red eléctrica local reduciendo, de este modo, la carga de la planta central de energía. Puesto que la energía solar solo se puede generar durante el día, se tiene que generar más alimentación por la planta central de energía durante la noche, especialmente al atardecer, para satisfacer la demanda de energía eléctrica. Se pueden encontrar antecedentes generales de la técnica anterior en el documento JP2000102196A.

20 Sin embargo, la dependencia de un inversor que convierte alimentación de CC en alimentación de CA puede experimentar una pérdida de alimentación significativa debido a la inestabilidad de la fuente de alimentación de CC (que procede de la energía fotovoltaica) y el problema de ajuste de fase (la consistencia de alimentación de CA generada por el inversor en fase con la alimentación de CA en la red). Como resultado, se propone un sistema de almacenamiento de energía eficaz para resolver los problemas mencionados anteriormente.

25 En la presente invención, un sistema de almacenamiento eléctrico consiste en una pluralidad de baterías conectadas en paralelo integradas con uno o más inversores. Los inversores son independientes unos de otros y cada inversor está conectado a al menos un módulo de batería que está conectado en paralelo. El límite de potencia máxima de un inversor está diseñado para que sea coherente con la capacidad de potencia de un módulo de batería que está conectado con el inversor (por ejemplo, se requiere el mismo límite de potencia nominal tanto para el módulo de batería como el inversor) garantizando, de este modo, un funcionamiento seguro. Cada inversor convierte una fuente de CC (que procede de una batería) en alimentación de CA hasta que se alcanza una baja tensión de batería. Durante un período de baja tensión de batería, se deriva alimentación de red para satisfacer las demandas de los usuarios hasta que se alcanza un período de tiempo de carga de batería preestablecido (por ejemplo, desde media noche hasta las 35 6:00 a. m.). Cada inversor puede conectarse a un interruptor ya instalado en una oficina o un hogar. El sistema de almacenamiento que se desvela en el presente documento puede instalarse fácilmente en un hogar o una oficina y puede integrarse con paneles solares, turbinas eólicas u otras fuentes de energía renovable con fines de ahorro energético que se ilustrarán en ejemplos posteriores.

40 Objeto de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de almacenamiento de energía libremente ampliable adecuado para el hogar y la oficina que puede utilizarse para equilibrar el consumo de energía durante el día y la noche a la vez que permite la integración de una fuente de energía renovable para maximizar los ahorros energéticos.

45 Sumario de la invención

La invención se define mediante las reivindicaciones independientes 1 y 10. Se proporcionan realizaciones ventajosas en las reivindicaciones dependientes.

50 Se desvela un sistema de almacenamiento de energía ampliable que se puede ampliar sin ningún diseño adicional necesario. Los requisitos y las funciones propuestas para satisfacer la compatibilidad y capacidad de ampliación del sistema que incluye un inversor, módulos de batería y fuentes de energía renovables se describen y demuestran más adelante.

55 Descripción de los dibujos

La invención se entenderá más fácilmente a partir de la siguiente descripción de la misma que se muestra, solo a modo de ejemplo, en los dibujos adjuntos, en donde:

60 La Fig. 1 muestra un diseño convencional de un sistema de almacenamiento de energía.

La Fig. 2 muestra una repetición de un sistema de almacenamiento de energía que está implementado en un hogar.

La Fig. 3 muestra una ampliación adicional del sistema que se muestra en la Fig. 2.

5 La Fig. 4 muestra el proceso lógico utilizado para el funcionamiento en modo normal del inversor.

La Fig. 5 muestra el proceso lógico utilizado para el funcionamiento en modo de sobredescarga del inversor.

10 La Fig. 6 muestra el proceso lógico utilizado para el funcionamiento en modo de sobrecarga del inversor.

La Fig. 7 es el proceso lógico utilizado para el funcionamiento en modo de recarga del inversor.

La Fig. 8 es el proceso lógico utilizado para el funcionamiento en modo de mantenimiento del inversor.

15 La Fig. 9 muestra una representación esquemática de la integración del sistema de almacenamiento con un panel solar.

La Fig. 10 muestra la curva típica I, V frente a tiempo durante 24 horas (desde las 4:00 a. m. de un día hasta las 4:00 a. m. del siguiente día).

20 Descripción detallada de la invención

El hardware:

25 En la Fig. 1 se muestra un diseño convencional de un sistema de almacenamiento de energía. A partir de la Fig. 1 se puede observar que el almacenamiento es uno centralizado. Debido a la alta demanda de alimentación, el sistema de almacenamiento tiene que tener una tensión alta para reducir la magnitud de la corriente y, de este modo, el calor.

Inconvenientes del diseño convencional:

- 30
1. Alta tensión que resulta potencialmente peligrosa en especial cuando la tensión es superior a 60 V.
 2. Problema de equilibrio de batería que aparece después del ciclado ya que muchas baterías están conectadas en serie. Cuantas más baterías conectadas en serie, más probabilidades de que el problema de desequilibrio se vuelva más grave. Esto afectaría a la vida útil del sistema de baterías.
 - 35 3. La posibilidad de la formación de arcos eléctricos si se utiliza un interruptor para interrumpir la corriente.
 4. Problema de eficacia de almacenamiento de energía a menos que se instale un controlador de carga (debido a la pérdida de I V provocada por las diferencias de tensión entre la energía fotovoltaica y las baterías).
 5. Posible inactividad de energía fotovoltaica cuando hay numerosos módulos conectados en serie. La insuficiencia de uno de los módulos conectados en serie daría como resultado una gran pérdida de eficiencia de conversión.
 - 40 6. Altos costes de la utilización del inversor de alta alimentación, controlador de carga, controlador (monitor) de baterías e interruptor (para la prevención de un arco eléctrico).

45 En comparación con consideraciones de diseño convencionales, el sistema de almacenamiento que se desvela en el presente documento consiste en un inversor que está conectado a al menos un módulo de batería. El límite de potencia máxima de un inversor está diseñado para que sea coherente con la capacidad de potencia de un módulo de batería que está conectado con el inversor (por ejemplo, se requiere el mismo límite de potencia nominal tanto para el módulo de batería como el inversor) para prevenir un funcionamiento de sobrecorriente (calentamiento) garantizando, de este modo, seguridad. Cuantos más módulos de batería hay conectados en paralelo al módulo de batería existente, más seguro es el sistema. No obstante, cuantos más módulos de batería hay conectados en paralelo, más rentable resulta el sistema, ya que se puede almacenar y utilizar más energía renovable. La naturaleza ampliable de los módulos de batería y la compatibilidad entre el inversor, los módulos de batería y las fuentes de energía renovable (por ejemplo, paneles solares), forman la base de la presente invención. La Fig. 2 muestra una repetición de un sistema de almacenamiento de energía que está implementado en un hogar normal. Cada inversor está conectado a un interruptor tal como se muestra en la Fig. 2 y cada inversor está conectado a al menos un módulo de batería que posee la misma potencia nominal del inversor. Una ampliación adicional del sistema que se muestra en la Fig. 2 se muestra en la Fig. 3 con todos los módulos de batería conectados en paralelo. Según la circunstancia indicada en la Fig. 3, se debe cumplir una condición como la de si el número del inversor es N, entonces el número de módulos de batería debe ser N+1. De este modo, la potencia nominal de los módulos de batería nunca alcanza una condición tan inferior como el consumo de alimentación máximo de los inversores si uno de los módulos de batería no está funcionando bien. 55 Mientras tanto, todos los inversores que se muestran en las Fig. 2 y 3 son independientes unos de otros y cada módulo

de batería en paralelo es exactamente el mismo en estructura permitiendo, de este modo, la ampliación ilimitada del sistema.

5 Tal como se muestra en las Fig. 2 y 3, cada inversor convierte una fuente de CC (de batería) en alimentación de CA hasta que se alcanza una baja tensión de batería. Durante el período de baja tensión de batería, se deriva alimentación de red para satisfacer la demanda de los usuarios hasta que se alcanza un período de carga de batería preestablecido (por ejemplo, desde media noche hasta las 6:00 a. m.). Cada inversor puede conectarse a un interruptor ya instalado en una oficina o un hogar.

10 Entre las ventajas de la presente invención se incluye:

1. Baja tensión (sistema de almacenamiento más seguro).
2. Ampliación de módulo de batería ilimitada.
- 15 3. La conexión de módulos de batería en paralelo puede reducir la carga de batería cuando un circuito se encuentra bajo una utilización intensa (hacer referencia a la Fig. 3).
4. Cada circuito es independiente, aunque la carga de batería se encuentra centralizada. Cada circuito está protegido con interruptores convencionales (existentes).
5. Las baterías conectadas en paralelo dan como resultado bajos costes de mantenimiento de batería (fácil y seguro de sustituir) y se prevé una larga vida útil de la batería.
- 20 6. Bajos costes de implementación, ya que solo se necesitan pequeños inversores de energía.
7. Las baterías son autocontroladas; no se necesitan monitores de batería especiales.
8. Compatible con uso de corriente del hogar para circuitos eléctricos. No se necesita ninguna implementación adicional mientras se instala este sistema de almacenamiento (solo un cambio de conexión tal como se muestra en las Fig. 2 y 3). Puesto que cada batería está conectada a un interruptor existente, la compatibilidad es alta y la característica de seguridad es buena.
- 25 9. Flexible para instalar el sistema. Por ejemplo, el usuario puede escoger sobre qué circuito instalar este sistema de almacenamiento, según sus necesidades (hacer referencia a la Fig. 2).

El software:

30 Los conceptos utilizados en la presente invención:

1. El sistema de almacenamiento a solas puede comportarse como un depósito que puede retrasar el consumo de energía eléctrica que procede de una planta central de energía desde una demanda en horas punta hasta una demanda en horas valle equilibrando, de este modo, la carga de la planta central de energía. Esto puede lograrse estableciendo la carga del sistema de almacenamiento durante el período de consumo de energía en horas valle solo.
- 35 2. Mientras que se integra con la energía fotovoltaica, la energía acumulada que procede de energía fotovoltaica se consume como primera prioridad. De este modo, la dependencia en la alimentación de red se ve reducida. Esto se puede lograr estableciendo que el sistema de almacenamiento se cargue parcialmente (por ejemplo, 30 %, dependiendo de la energía prevista acumulada que procede de la energía fotovoltaica) durante el consumo de energía de red en horas valle (por ejemplo, durante la media noche y las 6:00 a. m.).
- 40 3. Mientras que se integra con la energía fotovoltaica, el sistema de almacenamiento puede instalarse a unos costes muy bajos, ya que no se necesita ningún diseño especial. Cuanto mayor es la capacidad del sistema de almacenamiento instalado, menor es la dependencia en la alimentación de red (más naturaleza autosostenible). La ampliación de capacidad de almacenamiento resulta sencilla ya que solo se necesita una conexión paralela de las baterías.
- 45 4. La aceptación de energía que procede de la red se acciona solo cuando se agota la capacidad de la batería.
- 50 5. No hay ninguna interfaz entre el inversor, el módulo de batería y el panel solar.

Análisis detallados de funciones y capacidad de los componentes utilizados en la presente invención:

Parte I. El inversor

55 El proceso lógico utilizado para el inversor se muestra en las Fig. 4 a 7. La Fig. 4 muestra el funcionamiento en modo normal del inversor. Durante el funcionamiento en modo normal, la energía de batería se convierte en CA antes de que se alcance el período de consumo de energía de red en horas valle (en este caso se establece entre las 12 p. m. y las 6 a. m.). Una vez se ha alcanzado el período de consumo de energía de red en horas valle, cualquier consumo de energía eléctrica se suministra desde la alimentación de red en lugar de la alimentación de batería. Durante el funcionamiento en modo normal, si el módulo de batería alcanza un límite de tensión bajo, debido a una entrada de energía insuficiente que procede de la energía solar, el inversor pasa al modo de sobredescarga (como se muestra en la Fig. 5). Durante el funcionamiento en modo de sobredescarga, cualquier consumo de energía que procede de

dispositivos de usuarios se suministra a partir de la fuente de alimentación de red. Al mismo tiempo, si la batería toma suficiente energía a través del panel solar (como se indica $V \geq V_L$ que se muestra en la Fig. 5), el inversor pasará al funcionamiento en modo normal, de modo que la conversión de energía de batería en CA se reanuda. De modo similar, si el módulo de batería alcanza un límite de tensión alto debido al sobresuministro de energía que procede del panel solar, el inversor pasará al modo de sobrecarga (como se muestra en la Fig. 6). Durante el funcionamiento en modo de sobrecarga, cualquier consumo de energía que procede de los dispositivos de los usuarios se retrasará hasta que se alcance una tensión V_H preestablecida inferior. Esto evita daños al inversor mientras que la tensión de fuente de alimentación es superior que la sostenibilidad del inversor. La Fig. 7 es el proceso lógico utilizado para recargar los módulos de batería. La recarga del módulo de batería solo puede suceder durante el período de consumo de energía de red en horas valle. Si la tensión del módulo de batería es superior a una tensión V'' preestablecida, no se requiere ninguna recarga. Al contrario, si la tensión del módulo de batería es inferior a la tensión V'' preestablecida, se lleva a cabo la recarga del módulo de batería utilizando la fuente de alimentación de red hasta que se alcanza V'' . Cabe destacar que V'' se puede ajustar según las condiciones de acumulación de energía de los paneles solares que cambian de estación en estación. Preferentemente, V'' se establece en la tensión que se corresponde con una capacidad vacía seleccionada del módulo de batería que coincide con la energía máxima que podría acumularse del panel solar durante la estación, de este modo, se puede lograr una utilización completa de la energía solar. Uno modo más de funcionamiento es el modo de mantenimiento. Durante este modo de funcionamiento, los inversores proporcionan una carga de tensión constante en V''' a los módulos de batería para mantener el estado de salud de las baterías. El proceso lógico utilizado en el modo mantenimiento del funcionamiento se muestra en la Fig. 8.

Parte II. El módulo de batería

Para potenciar la «facilidad (bajo coste) de mantenimiento» y cumplir las características de «flexibilidad (permite una amplia gama de sistema solar o incluso sistema eólico)» del sistema de almacenamiento, se coloca un controlador de protección de células dentro de cada módulo de batería. El controlador supervisa la tensión de cada batería conectada en serie que conforma un módulo de batería. Cuando el controlador detecta una baja tensión (V_{BL}) o una alta tensión (V_{BH}) de cualquiera de las baterías conectadas en serie, el controlador envía una señal para bloquear la entrada/salida de alimentación mediante el uso de medios tales como un relé. En una condición de sobrecarga, el relé se abre hasta que se alcanza una tensión V_{BH}' inferior. En cambio, en una condición de sobredescarga, el relé se abre hasta que se pulsa manualmente un botón de «reanudar» (o simplemente se sustituye el módulo de batería). Durante la condición de sobredescarga, se puede generar un sonido de pitido o una señal de luz LED parpadeante para llamar la atención sobre la condición anómala. En general, el inversor activará el modo «sobredescarga» antes de la condición de baja batería generada en los módulos de batería. En la presente invención, la batería de ion de litio de tipo óxido de litio hierro fósforo (LiFexPyOz) es un tipo de batería preferente. Con el uso de las baterías de óxido de litio hierro fósforo, el límite de alta tensión (V_{BH}) establecido es preferente que sea de 4,0 V y el límite de baja tensión (V_{BL}) establecido es preferente que sea de 2,0 V. En general, el límite de baja tensión de batería no se alcanzará cuando el inversor esté funcionando (es decir, el inversor alcanza V_L antes de que se llegue a V_{BL}). Sin embargo, el límite de alta tensión V_{BH} de batería se puede alcanzar antes de que se llegue al límite de alta tensión V_H del inversor (hacer referencia también a la sección Parte III). El contralor incorporado en cada módulo de batería proporciona dos funciones principales: (1) Asumir que un módulo de batería consiste en una configuración en serie de cuatro baterías y asumir que el módulo de batería se mantiene a 13,4 V (igual que otros módulos de batería ya que todos los módulos están conectados en paralelo tal como se muestra en la Fig. 2). Mientras que una de las baterías está internamente reducida (reducida dentro de la batería misma), la caída de tensión de una de las baterías en serie accionará el relé a «abierto» evitando, de este modo, que los otros módulos de batería (igual mantenidos a 13,4 V) carguen aquel (módulo) que tiene una batería defectuosa dentro. (2) Con el uso de una función de sonido de pitido, un usuario puede darse cuenta de la integridad de los módulos de batería considerando la frecuencia de la generación de sonidos de pitido.

Hasta este punto, se puede concluir varios aspectos:

1. Los módulos de batería y los inversores son independientes (no es necesaria la comunicación entre el controlador del módulo de batería y el inversor).
2. Los límites y modos se diseñan para que sean compatibles entre el inversor y los módulos de batería.
3. El sistema de almacenamiento puede ser autosostenible con inversores y módulos de batería solos sin una fuente de energía renovable. Este sistema de almacenamiento solo es bueno para aplicaciones tales como retrasar el consumo de energía de red en horas punta hasta el período de consumo de energía en horas valle.

Como detalles descritos en la Parte I y Parte II, se garantiza la compatibilidad entre los módulos de batería y el inversor. Todos los modos introducidos en el inversor se controlan de modo que cumpla los requisitos y funciones de los módulos de batería y viceversa. Incluso si la salida de batería se desactiva por un relé debido a una sobredescarga del módulo de batería, el inversor detectará la «baja tensión» y pasará al modo de sobredescarga hasta que el módulo

de batería se «reanude manualmente» o «sustituya con un nuevo módulo de batería». Hasta este punto, se cumple la naturaleza autónoma y las cuestiones de compatibilidad.

5 Parte III. Integración de sistema de almacenamiento (los módulos de batería y los inversores) junto con otras fuentes de alimentación tales como paneles solares.

Cuando se integra el sistema de almacenamiento con una fuente de energía renovable tal como paneles solares, se consideran y analizan a continuación más cuestiones:

10 1. La condición de sobrecarga:

Mientras que la salida del panel solar es superior al consumo de energía que procede del inversor, se puede alcanzar una condición de batería completa. Esto podría suceder cuando no se consume la energía de batería almacenada de modo regular durante días consecutivos y lleva a la condición de batería completa. En tal condición, el módulo de batería puede sobrecargarse y activar la acción «abrir» el relé. Cuando el relé se encuentra abierto, la conexión de salida de la batería al panel solar se deriva y la conexión entre el panel solar y el inversor permanece activa, tal como se muestra en la Fig. 9. En la Fig. 9 se muestra una representación esquemática de la integración del sistema de almacenamiento con un panel solar. De acuerdo con la Fig. 9, el panel solar y el inversor están conectados directamente delante del relé. Durante condiciones normales, el panel solar, el módulo de batería y el inversor están intercontactados. Cuando un módulo de batería está sobrecargado, el relé se encontrará «abierto» de modo que solo el panel solar y el inversor estarán interconectados. Mientras que el relé de batería está «abierto», en este caso, el inversor puede ya haber alcanzado el «modo de sobrecarga». Si la tensión detectada por el inversor se encuentra todavía por debajo de la condición de "modo de sobrecarga", el inversor continuará trabajando hasta que se alcance la condición de "modo de sobrecarga" (detener la función del inversor para proteger el inversor). El último caso es más probable que ocurra ya que la V_H está establecida normalmente en 16 V y V_{BH} está establecida en 4,0 V. Para una condición en serie de cuatro baterías, es más probable alcanzar 4,0 V para una batería antes de alcanzar 16 V. La función del inversor se reanuda si la tensión del panel solar vuelve a normal (cuando se cumple la condición normal, $V \leq V_H$). De modo similar, la función de módulo de batería puede reanudarse cuando la tensión del módulo de batería vuelve a normal (cuando se cumple V_{BH}). Esta condición de sobrecarga es aplicable al sistema ampliado (como se muestra en las Fig. 2 y 3) con múltiples módulos de batería e inversores también. En un sistema de módulo de batería múltiple, si la salida de panel solar es estable, los módulos de batería se cargarán hasta su capacidad completa con uno o más relés «abiertos». Mientras que uno o más relés se encuentran abiertos, el/los inversor(es) puede(n) seguir funcionando hasta que se alcanza un «modo de sobrecarga» o continúan funcionando normal hasta que los relés en los módulos de batería vuelven a su estado «cerrado».

35 La condición de sobrecarga analizada en esta sección explica la superioridad de la compatibilidad entre el sistema de almacenamiento desvelado en la presente invención y otras fuentes de energía renovables.

40 Se puede extraer las siguientes conclusiones:

1. Los paneles solares, módulos de batería y los inversores son independientes (no es necesaria la comunicación entre el panel solar, el controlador del módulo de batería y el inversor).
2. La compatibilidad entre el inversor, los módulos de batería y la fuente de energía renovable queda garantizada.
3. El sistema de almacenamiento está disponible para otra entrada de fuente de alimentación tal como paneles solares o energías eólicas.
4. La naturaleza preparada para ampliarse del sistema (sin problemas con ampliación directa).

55 Los parámetros indicados en las especificaciones tanto para el inversor como los módulos de batería son adecuados para una batería de sistema de cuatro materiales de óxido de litio hierro fósforo (LiFePO₄) en serie que se encuentra en un módulo de batería como ejemplo. Cabe destacar que un módulo de batería puede constar de hasta 16 baterías en serie. Sin embargo, sería necesaria la repetición de controladores y relés tal como se indica en la Tabla I. La Tabla I es una lista de parámetros adecuados para hasta 16 baterías en serie en un módulo de batería. Cada módulo puede conectarse en paralelo para llevar a cabo la presente invención.

60 Tabla I. Parámetros adecuados para inversores y módulos de batería

	4 en serie	8 en serie	12 en serie	16 en serie
--	------------	------------	-------------	-------------

Parámetros de inversor:				
V_H	16	32	48	64
V_H'	15	30	45	60
V_L	10,5	21	31,5	42
V_L'	12,5	25	37,5	50
V''	12,8	25,6	38,4	51,2
V'''	14,6	29,2	43,8	58,4
Parámetros de módulo de batería:				
V_{BH}	4	4	4	4
V_{BH}'	3,5	3,5	3,5	3,5
V_{BL}	2	2	2	2
Unidades de módulo	1	2	3	4

* «Unidades de módulo» representan la repetición de componentes (los relés y controladores, etc.). Por ejemplo, un sistema de 16 en serie consiste en 4 controladores y 4 relés.

5 El número de controladores y relés que se encuentran en un módulo de batería desvelado en la presente invención (tal como se muestra en la Tabla I) no limita la adecuación del módulo de batería que está conectado con el inversor y el panel solar o la naturaleza ampliable de la repetición de módulos de batería que están conectados en paralelo. Por ejemplo, un módulo de batería de 16 en serie puede contener solo un controlador y un relé dependiendo de la disponibilidad de controladores y relés. Sin embargo, la V_{BH} , V_{BH}' , V_{BL} , el control de relé abierto/cerrado, las actividades que posee el módulo de batería cuando se cumplen V_{BH} , V_{BH}' , V_{BL} y las configuraciones que se muestran en la Fig. 9 son siempre importantes para hacer que el sistema funciones correctamente.

Ejemplo I. PV (energía fotovoltaica) integrada con sistema de almacenamiento que imita condiciones de uso familiar en un hogar

15 En el presente ejemplo, se realizan varias suposiciones para imitar las condiciones de uso familiar en un hogar:

1. Sin consumo de energía eléctrica desde las 8 a. m hasta las 6 p. m.
2. Se lleva a cabo un consumo de alimentación constante de 800 W (empleando bombillas) entre las 6 p. m y las 12 p. m (6 horas de duración).
3. Se instala un sistema fotovoltaico (750 W) de 30 V de OCV para convertir energía fotoeléctrica en energía eléctrica.
4. Se utiliza un inversor de 2,2 kW (110 V, 20 A máx.) para imitar un circuito eléctrico que se está utilizando por una familia típica. El inversor se preestablece para cargar la batería durante las 12 p.m y las 6 a.m al 30 % de capacidad de batería.
5. Los parámetros establecidos para el inversor incluyen:
 - a. $V_H = 32$ V, $V_L = 21$ V,
 - b. $V_H' = 30$ V, $V_L' = 25$ V,
 - c. $V'' = 25,6$ V, $V''' = 29,2$ V

d. Corriente modo recarga = 25 A

6. En el presente ejemplo se utiliza un paquete de baterías de 10 kWh que utiliza una batería de litio de ion de óxido de litio hierro fósforo (LiFexPyOz) (26,2 V, 8 baterías en serie, 400 Ah de capacidad). Una capacidad de alimentación de la batería es de 30 kW (equivalente a 3C, que es el agotamiento completo de la batería en 20 minutos). Se mantiene una carga inicial del 60 % de capacidad en el sistema de almacenamiento. Si la capacidad es inferior al 30 %, el sistema de almacenamiento se recargará al 30 % de capacidad de batería entre las 12 p. m. y 6 a. m. Los límites de tensión de batería se establecen como V_{BH} es 4,0 V, V_{BL} es 2,0 V.

10 Resultados:

Caso I. Durante un día soleado:

15 En la Fig. 10 se muestra la curva I, V frente a tiempo durante 24 horas (desde las 4:00 a. m. de un día hasta las 4:00 a. m. del siguiente día). Los datos de energía que se muestran en la Fig. 10 son la integración de la corriente (panel solar o batería), tiempo y la tensión de la batería.

Al integrar la I, V y tiempo, la energía almacenada y suministrada se enumera en la Tabla II.

20 Tabla II. Características de ahorro en costes del sistema de almacenamiento de energía durante un día soleado

Entrada de energía entre las 8 a. m. y 6 p. m.	3,4 kWh
Salida de energía entre las 6 p. m. y 12 p. m.	4,8 kWh
Entrada de energía entre las 12 p. m. y 6 a. m.	1,4 kWh (para mantener 30 % de capacidad)
Energía ahorrada	$4,8 - 1,4 = 3,4$ kWh
Cantidad ahorrada con PV y sistema de almacenamiento*	0,41 \$ USD
Cantidad ahorrada con PV solo [§]	0,34 \$ USD

* La cantidad ahorrada se calcula asumiendo que el precio antes de las 12 p. m. es de 0,1 \$ USD/kWh, después de las 12 p. m. es de 0,05 USD/kWh. El ahorro basándose en la presencia de tanto el PV como el sistema de almacenamiento se calcula del siguiente modo:

1. Sin el sistema de almacenamiento y la energía fotovoltaica, el coste del consumo energético es de: $4,8 * 0,1 = 0,48$ \$ USD
2. Ahorros con el sistema de almacenamiento y energía fotovoltaica calculando el precio de entrada de energía necesaria desde la red: $1,4 * 0,05 = 0,07$ \$ USD
3. Ahorro total: $0,48 - 0,07 = 0,41$ \$ USD

35 §El ahorro basándose en la presencia de PV solo (asumiendo un 100 % de conversión a red) se calcula del siguiente modo:

1. Sin el sistema de almacenamiento y la energía fotovoltaica, el coste del consumo energético es de: $4,8 * 0,1 = 0,48$ \$ USD
2. Ahorro con energía fotovoltaica solo calculando el precio de entrada de energía neta necesaria desde la red: $(4,8 - 3,4) * 0,1 = 0,14$ \$ USD
3. Ahorro total: $0,48 - 0,14 = 0,34$ \$ USD

45 Caso I. Durante un día nublado:

Similar al caso I, en la Tabla III se muestra un ejemplo de la energía almacenada y suministrada durante un día nublado.

50 Tabla III. Características de ahorro en costes del sistema de almacenamiento de energía durante un día nublado

Entrada de energía entre las 8 a. m. y 6 p. m.	1 kWh
Salida de energía entre las 6 p. m. y 12 p. m.	4,8 kWh
Déficit de energía (entrada desde la red) entre las 6 p. m. y las 12 p. m.	0,8 kWh
Entrada de energía entre las 12 p. m. y 6 a. m.	3 kWh (para mantener 30 % de capacidad completa)
Energía ahorrada	1 kWh
Importe ahorrado con PV y sistemas de almacenamiento*	0,25 \$ USD
Importe ahorrado con PV solo [‡]	0,1 \$ USD

* El ahorro basándose en la presencia de tanto la PV como el sistema de almacenamiento se calcula del siguiente modo:

- 5 1. Sin el sistema de almacenamiento y la energía fotovoltaica, el coste del consumo energético es de: $4,8 \times 0,1 = 0,48$ \$ USD
2. Ahorro con el sistema de almacenamiento y energía fotovoltaica calculando el precio de entrada de energía necesaria desde la red: $0,8 \times 0,1 + 3 \times 0,05 = 0,23$ \$ USD
3. Ahorro total: $0,48 - 0,23 = 0,25$ \$ USD

10 [‡]El ahorro basándose en la presencia de PV solo (asumiendo un 100 % de conversión a red) se calcula del siguiente modo:

- 15 1. Sin el sistema de almacenamiento y energía fotovoltaica, el coste del consumo energético es de: $4,8 \times 0,1 = 0,48$ \$ USD
2. Ahorro con energía fotovoltaica solo calculando el precio de entrada de energía neta necesaria desde la red: $(4,8 - 1) \times 0,1 = 0,38$ \$ USD
3. Ahorro total: $0,48 - 0,38 = 0,1$ \$ USD

Conclusiones

- 20 1. El sistema es completamente automático sin operaciones manuales.
2. Se pueden lograr máximos ahorros solo cuando la energía consumida es inferior a la energía acumulada que procede de la energía fotovoltaica.
- 25 3. Sin el sistema de almacenamiento de energía, el importe ahorrado con la PV aumenta con la energía acumulada que procede de la PV.
4. Con el sistema de almacenamiento de energía, el importe ahorrado puede ser incluso más en comparación a cuando se usan solo PV debido a la diferencia de precio entre el consumo de energía de red en horas punta y horas valle.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento de energía que comprende:

5 una pluralidad de módulos de batería, eléctricamente conectados en paralelo, teniendo dicha pluralidad de módulos de batería un inversor eléctricamente conectado a los mismos para formar una combinación de pluralidad de módulos de batería e inversor, teniendo el inversor una salida de CA conectada a uno o más dispositivos de consumo de energía,

10 una fuente de energía renovable conectada a la pluralidad de módulos de batería y

una entrada de CA conectada a una red de alimentación,

15 teniendo cada módulo de batería de dicha pluralidad de módulos de batería propiedades eléctricas similares al resto de módulo(s) de batería, y

teniendo cada módulo de batería una potencia de salida nominal máxima igual a o superior a una potencia de salida nominal máxima continua del inversor,

20 en donde la combinación de pluralidad de módulos de batería e inversor está configurada para funcionar:

1) en un modo de sobrecarga si una tensión V , detectada a partir de dicho módulo de batería es $>$ a un límite de alta tensión V_H sostenible del inversor, en donde la función del inversor se detiene en el modo de sobrecarga hasta que se alcanza un límite de tensión V_H' inferior;

25 2) en un modo de sobredescarga si la tensión detectada $V <$ una tensión preestablecida V_L , en donde el inversor se desconecta de la pluralidad de módulos de batería en el modo de sobredescarga y la entrada de CA conectada a la red de alimentación se conecta a uno o más dispositivos de consumo de energía, mientras que se desconecta la pluralidad de módulos de batería;

30 3) en un modo de recarga si la tensión detectada $V <$ una tensión preestablecida V'' y si un tiempo del día T se encuentra dentro de un intervalo R preestablecido, en donde la pluralidad de módulos de batería se recarga a partir de la entrada de CA conectada a la red eléctrica en el modo de recarga; y

35 4) en un modo de funcionamiento normal si la tensión detectada V es $< V_H$ y si la tensión detectada V es $> V_L$ y si la hora del día T no se encuentra en el intervalo R preestablecido, en donde la pluralidad de módulos de batería se encuentra conectada al inversor para suministrar energía a través de la salida de CA del inversor al uno o más dispositivos de consumo de energía en el modo de funcionamiento normal.

40 2. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde la combinación de pluralidad de módulos de batería e inversor se configura adicionalmente para funcionar en un modo de mantenimiento si un primer período de tiempo que ha transcurrido desde la última vez que se encontraba en el modo de mantenimiento supera un período de tiempo preestablecido, en donde el inversor proporciona una carga de tensión constante a una tensión V''' a la pluralidad de módulos de batería durante un segundo período de tiempo preestablecido en el modo de mantenimiento.

45 3. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde

cada módulo de batería tiene dentro del mismo al menos un controlador para monitorizar la tensión de las células de batería del módulo de batería.

50 4. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde

cada módulo de batería tiene dentro del mismo un relé para desconectar el módulo de batería.

55 5. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde

cada módulo de batería tiene una o más baterías conectadas en serie y tiene dentro del mismo al menos un medio para desconectar el módulo de batería del resto de módulos de batería y el inversor cuando cualquiera de la(s) batería(s) se encuentra en un estado de sobrecarga $V > V_{BH}$ o un estado de sobredescarga $V < V_{BL}$ donde V_{BH} es una tensión de sobrecarga de batería y V_{BL} es una tensión de sobredescarga de batería.

60 6. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 5, en donde

cada módulo de batería tiene dentro del mismo al menos un medio para reconectar el módulo de batería al resto de módulos de batería y el inversor cuando la tensión de la(s) batería(s) después de estar en el estado de sobrecarga $V > V_{BH}$ cae por debajo de V_{BH}' donde V_{BH}' es una tensión de funcionamiento de batería normal.

5
7. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde
cada módulo de batería cuando se encuentra en un estado de sobredescarga proporciona una señal visual o sonora.

10
8. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde
el inversor tiene una salida de potencia continua en un intervalo de 2 kW a 3 kW, y cada módulo de batería tiene un intervalo de capacidad de 5 kWh a 10 kWh y una tensión de salida de 100 voltios.

15
9. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde
el inversor tiene una salida de potencia continua en un intervalo de 2 kW a 3 kW, y cada módulo de batería tiene un intervalo de capacidad de 1 kWh a 10 kWh y una tensión de salida de 60 voltios.

20
10. Un sistema de almacenamiento de energía que comprende:
un módulo de batería, teniendo dicho módulo de batería un inversor eléctricamente conectado al mismo para formar una combinación de módulo de batería e inversor, teniendo el inversor una salida de CA conectada a uno o más dispositivos de consumo de energía,
una fuente de energía renovable conectada al módulo de batería y
una entrada de CA conectada a una red de alimentación,
25
30
teniendo el módulo de batería una potencia de salida nominal máxima igual a o superior a una potencia de salida nominal máxima continua del inversor,

35
en donde la combinación de módulo de batería e inversor está configurada para funcionar:
1) en un modo de sobrecarga si una tensión V , detectada a partir de dicho módulo de batería es $>$ a un límite de alta tensión V_H sostenible del inversor, en donde la función del inversor se detiene en el modo de sobrecarga hasta que se alcanza un límite de tensión V_H' inferior;
40
2) en un modo de sobredescarga si la tensión detectada $V <$ una tensión preestablecida V_L , en donde el inversor se desconecta del módulo de batería en el modo de sobredescarga y la entrada de CA conectada a la red de alimentación se conecta a uno o más dispositivos de consumo de energía, mientras que se desconecta el módulo de batería;
45
3) en un modo de recarga si la tensión detectada $V <$ una tensión preestablecida V'' y si una hora del día T se encuentra dentro de un intervalo R preestablecido, en donde el módulo de batería se recarga a partir de la entrada de CA conectada a la red de alimentación en el modo de recarga; y
50
4) en un modo de funcionamiento normal si la tensión detectada V es $<$ V_H y si la tensión detectada V es $>$ V_L y si la hora del día T no se encuentra en el intervalo R preestablecido, en donde el módulo de batería se encuentra conectado al inversor para suministrar energía a través de la salida de CA del inversor al uno o más dispositivos de consumo de energía en el modo de funcionamiento normal.

11. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde
un medio para desconectar el inversor de la pluralidad de módulos de batería es un relé.

55
12. El sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde los módulos de batería comprenden células de batería de óxido de litio hierro fósforo.

13. Un sistema de almacenamiento de energía combinado que comprende
60
una pluralidad de los sistemas de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en donde

la pluralidad de módulos de batería de cada sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1 está conectada en paralelo a la pluralidad de módulos de batería de cada otro sistema de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, y el número de módulos de batería es $N + 1$, donde N es el número de inversores.

5

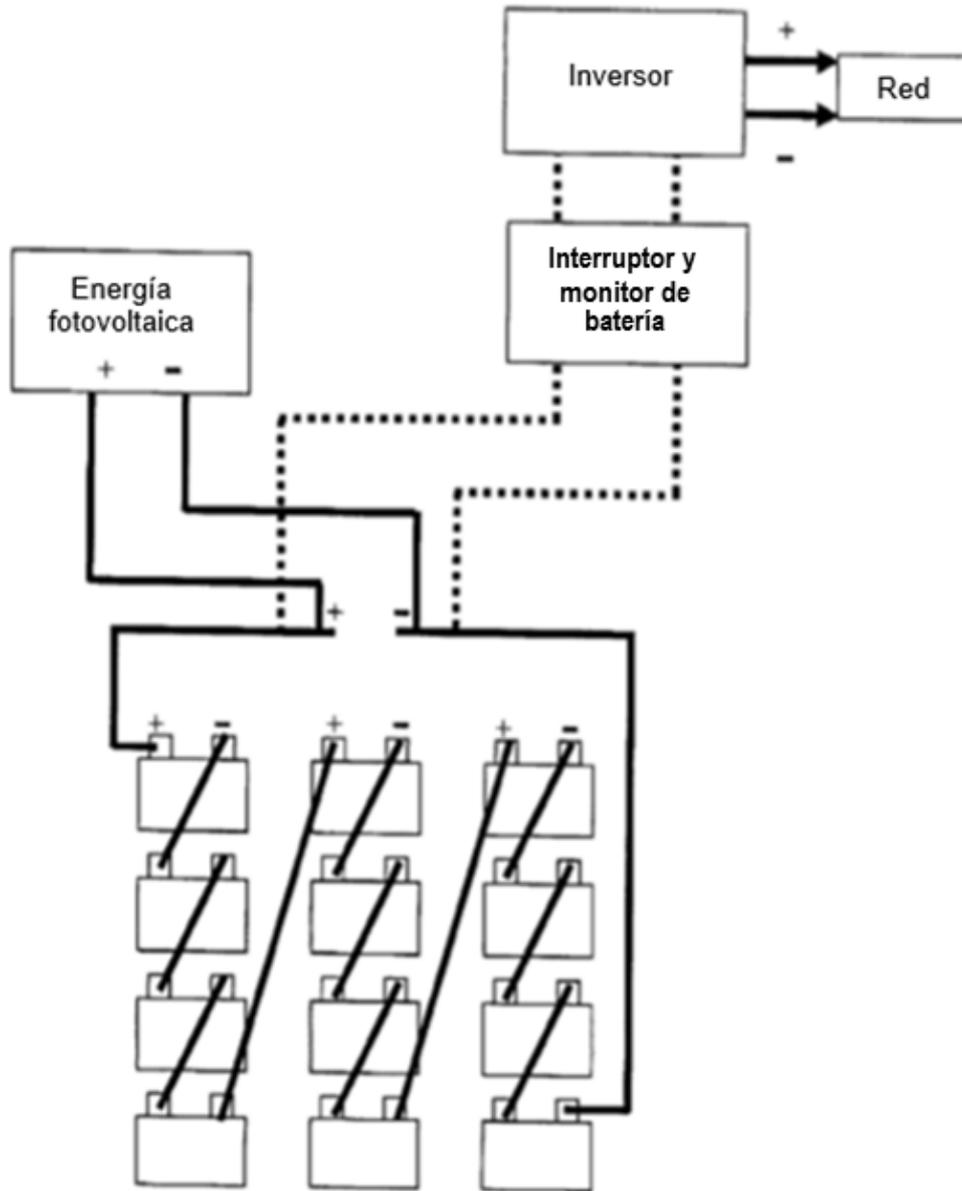


Fig. 1

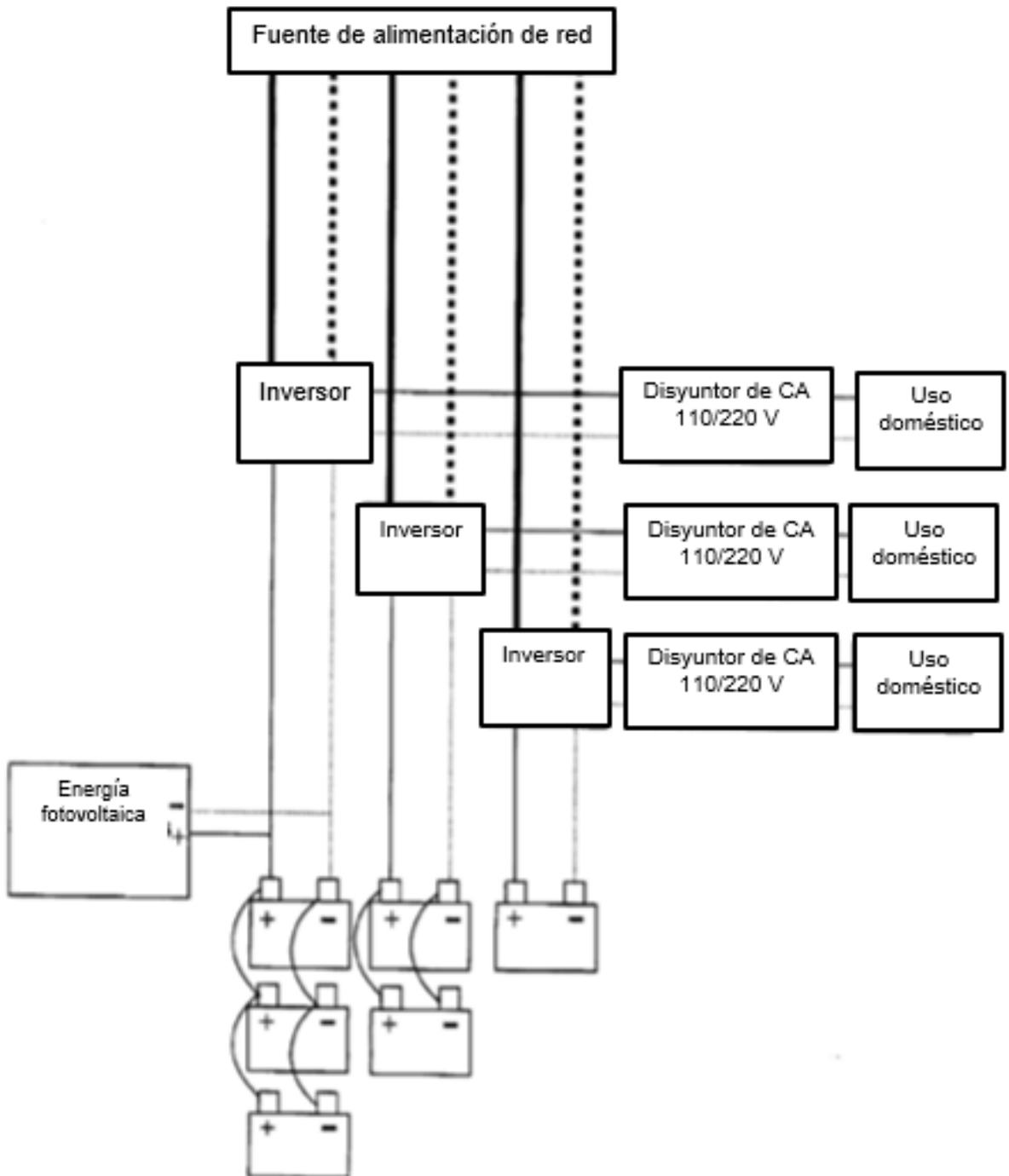


Fig. 2

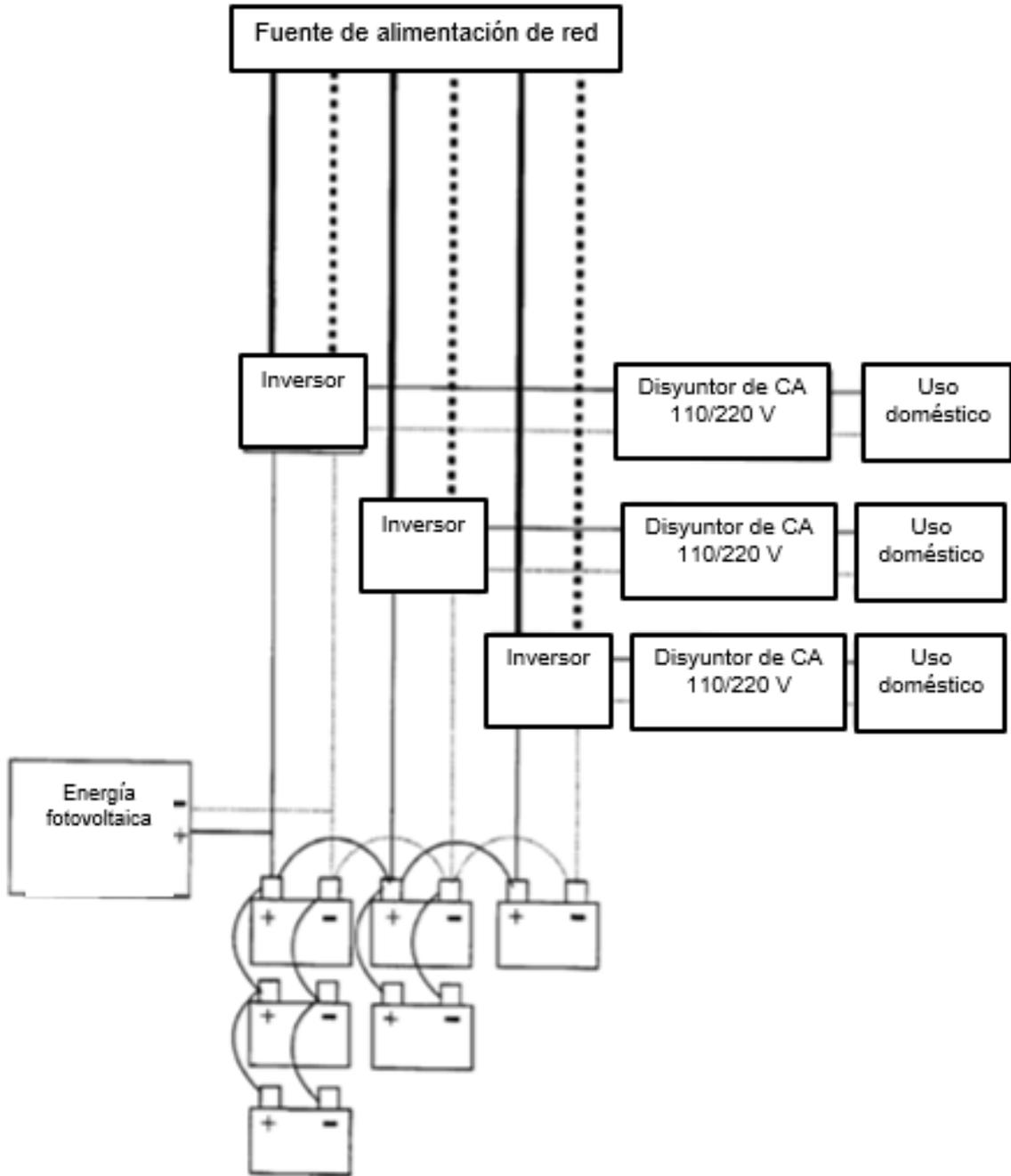
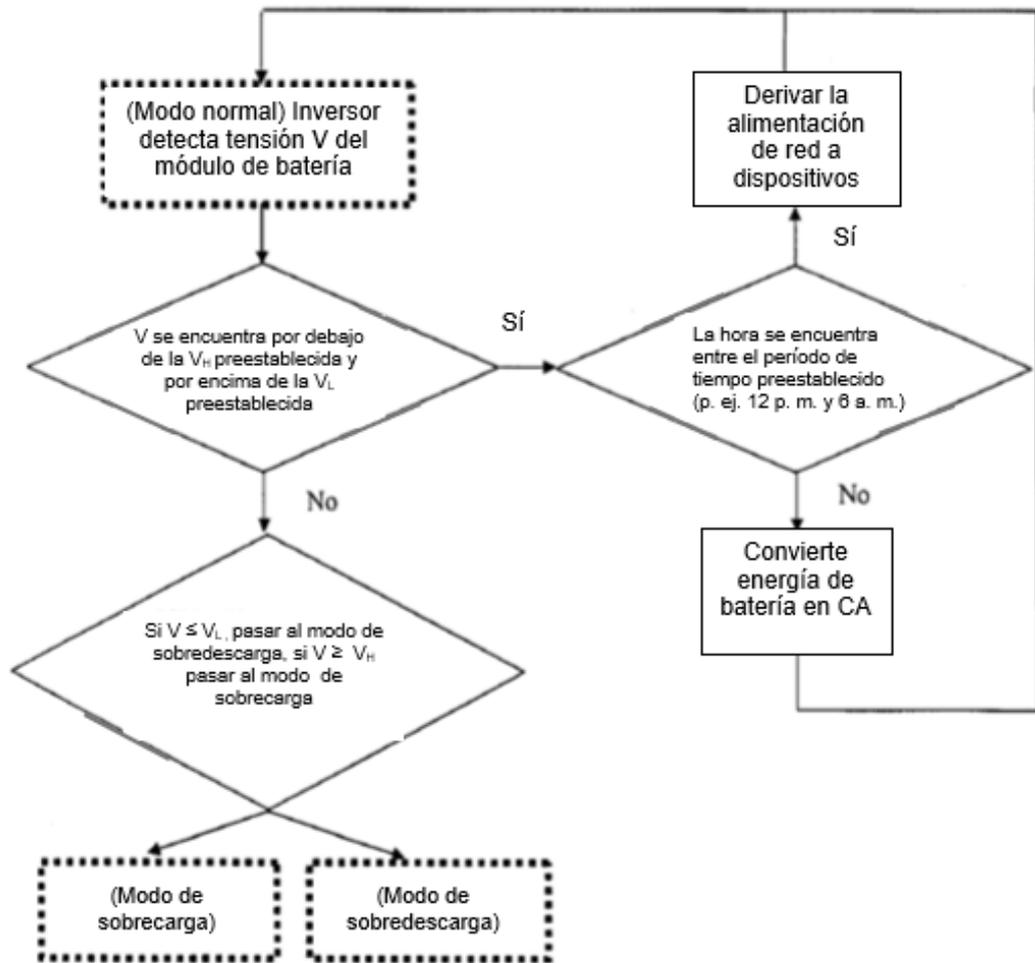
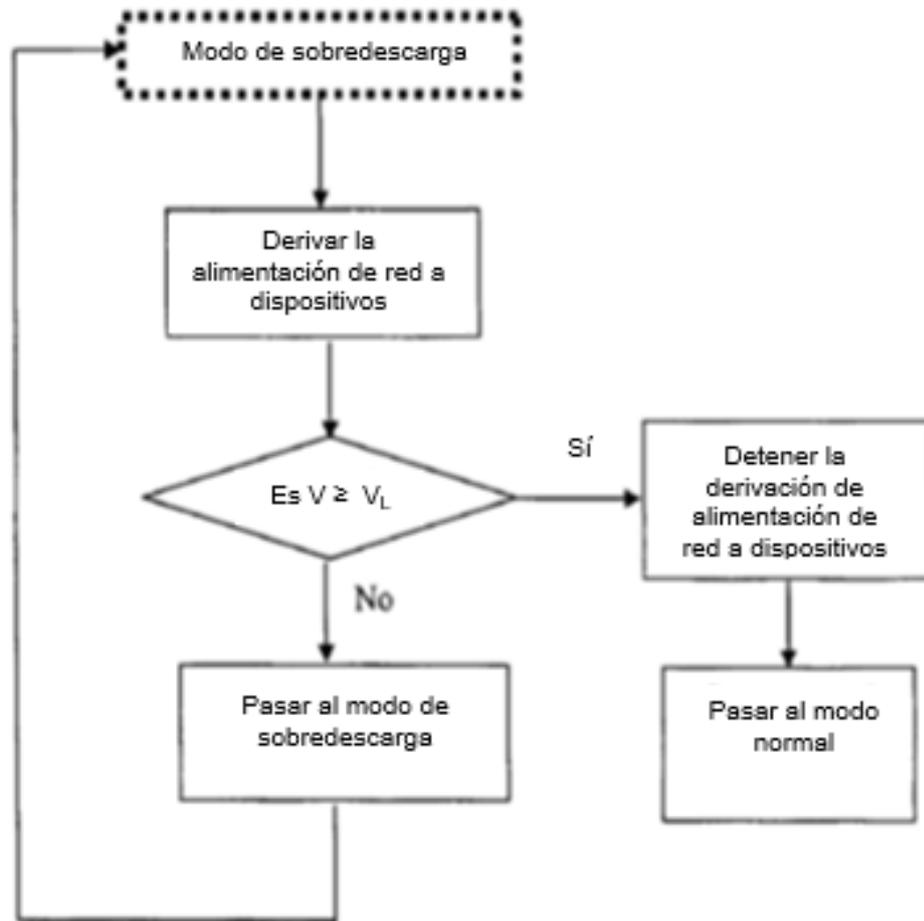


Fig. 3



V = Tensión detectada que procede del módulo de batería.
 V_H = Un valor de alta tensión preestablecido que inicia el modo de sobrecarga.
 V_L = Un valor de baja tensión preestablecido que inicia el modo de sobredescarga.

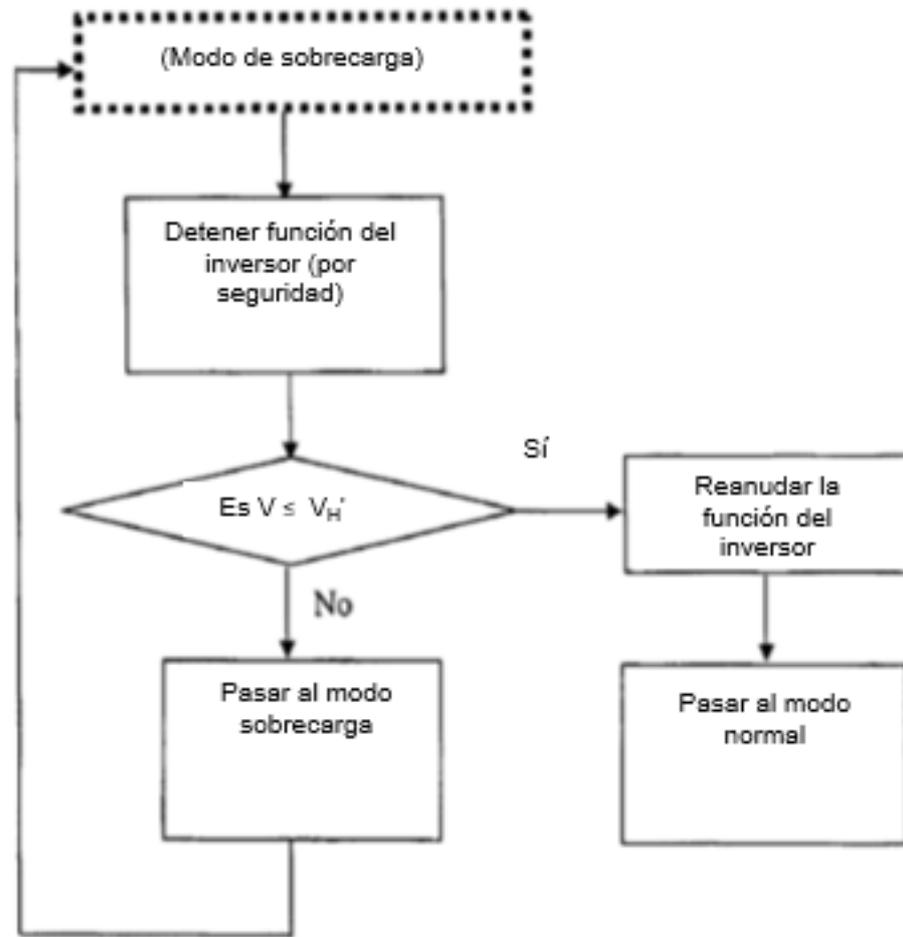
Fig. 4



V = Tensión detectada que procede del módulo de batería.

V_L = Un valor de baja tensión preestablecido que finaliza el modo de sobredescarga.

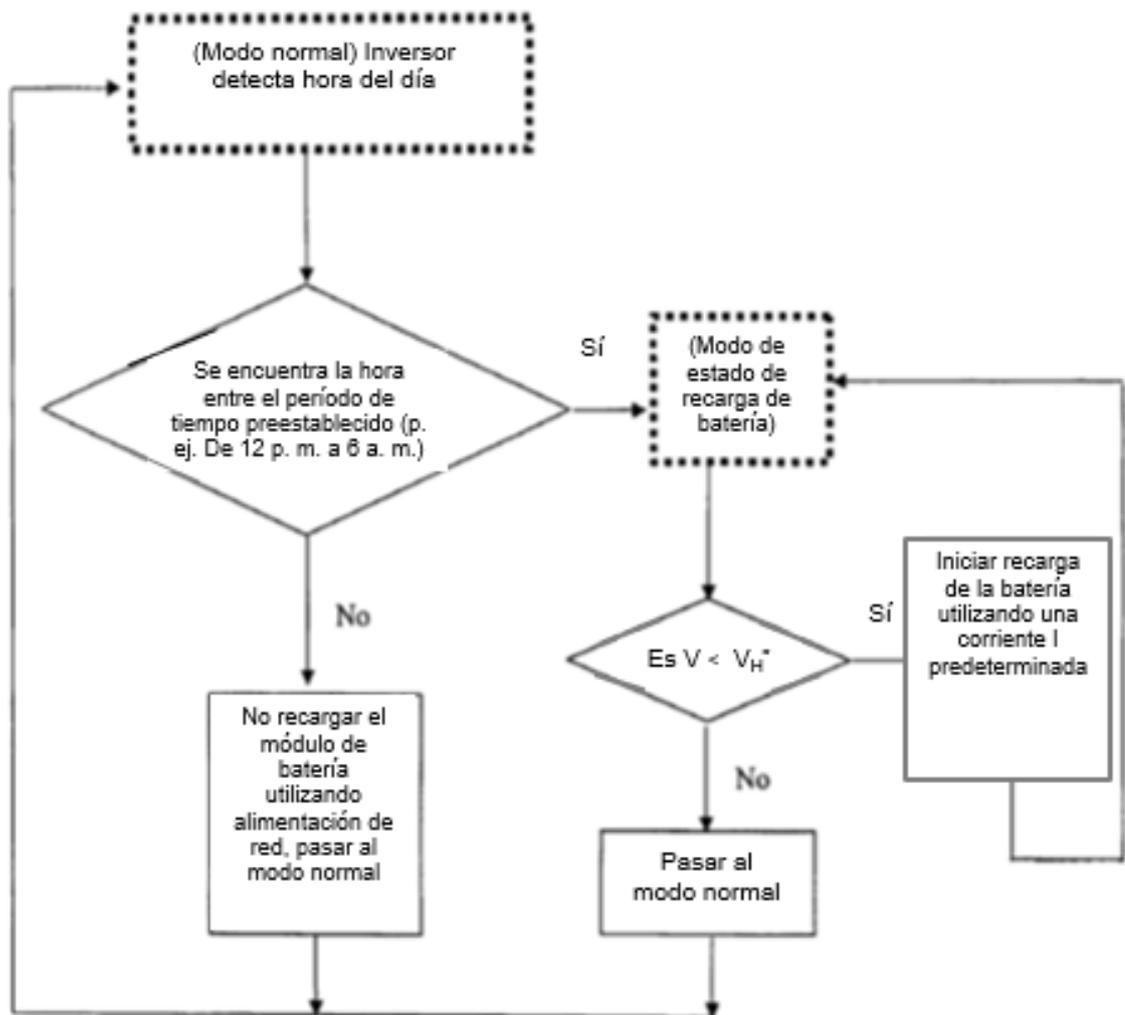
Fig. 5



V = Tensión detectada que procede del módulo de batería.

V_H = Un valor de alta tensión preestablecido que finaliza el modo de sobrecarga.

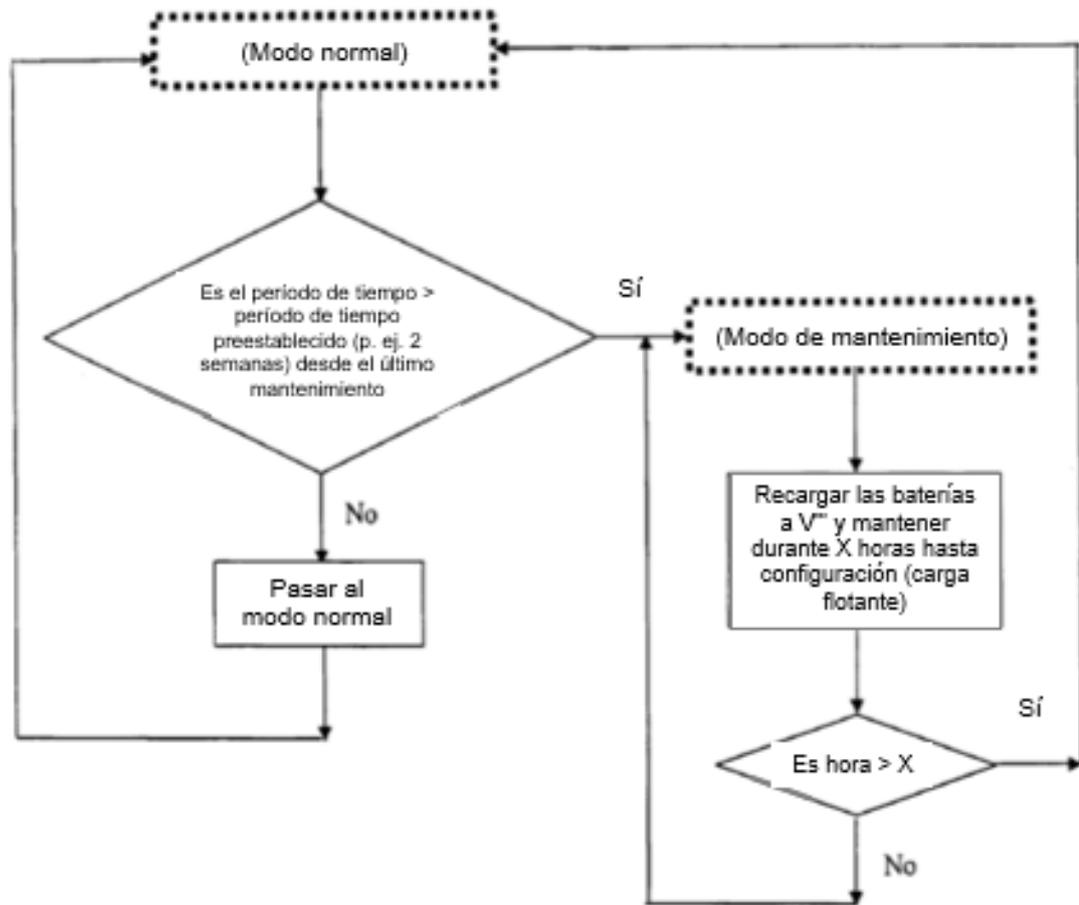
Fig. 6



V = Tensión detectada que procede del módulo de batería.

V* = Un valor de tensión preestablecido que determina cuánta capacidad recargar. Esta tensión está diseñada según el cambio de estación.

Fig. 7



V = Tensión detectada que procede del módulo de batería.
 V'' = Un valor de tensión preestablecido diseñado para carga flotante.

Fig. 8

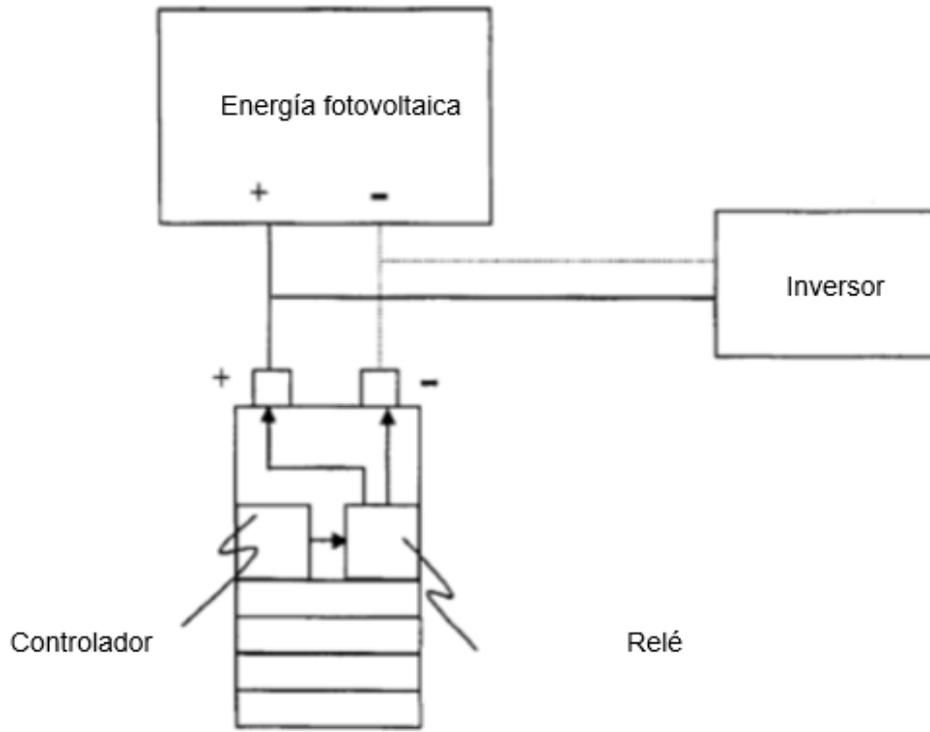


Fig. 9

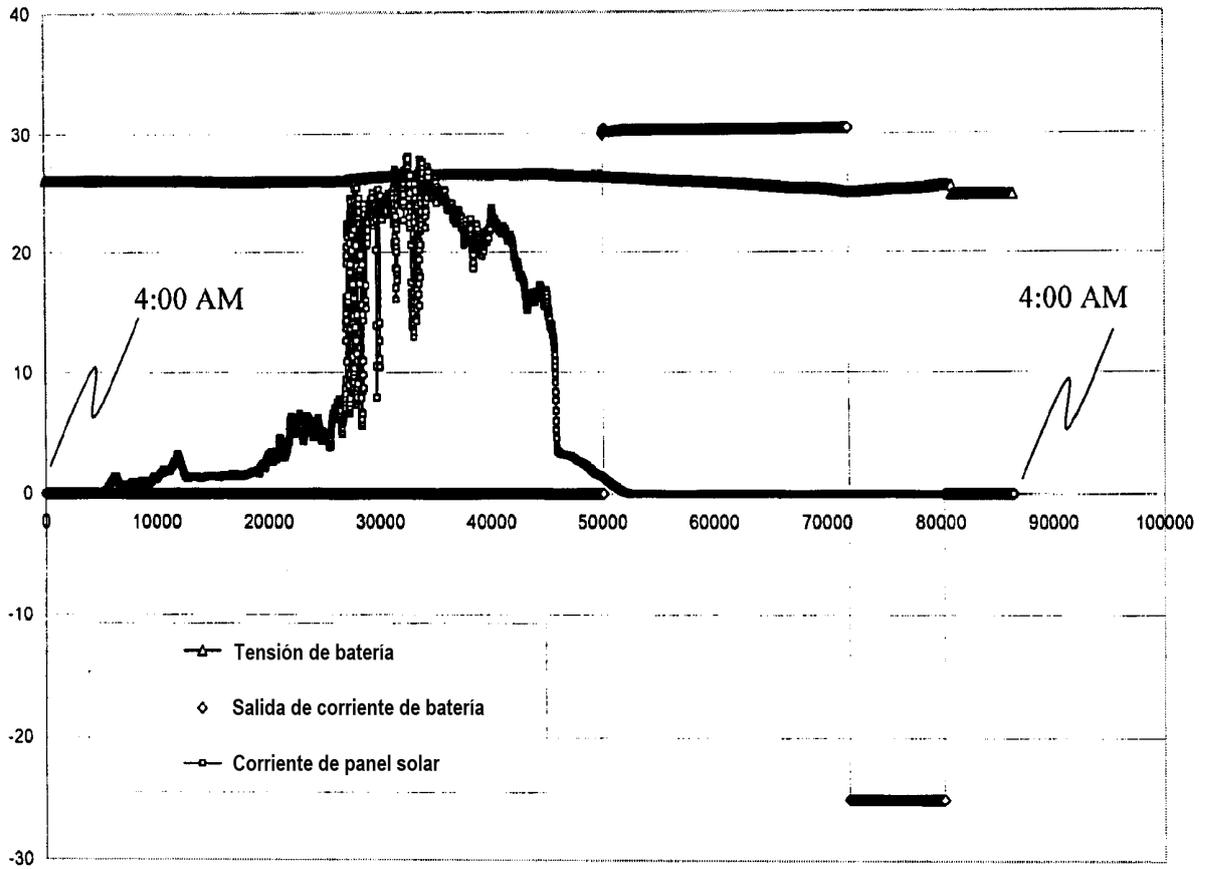


Fig. 10