



GUÍA DE LA IALA

G1067-3

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

Edición 3.0

Diciembre de 2018



Puertos del Estado





HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Las revisiones realizadas a este documento de la IALA se anotarán en el siguiente cuadro antes de la puesta en circulación de un documento revisado.

Fecha	Detalles	Aprobación
Mayo de 2009	1ª edición	Consejo 45
Diciembre de 2017	Documento entero revisado y actualizado tras la remaquetación de la documentación según la nueva estructura de documentación de la IALA. Actualizado para reflejar la información del taller sobre la luz y energía sostenible para la próxima generación.	Consejo 65
Diciembre de 2018	Apartado 5.9. Modificación de la definición de vida de ciclos.	Consejo 68

La revisión de la traducción de este documento ha sido realizada por el grupo de trabajo de Puertos del Estado en el que han participado:

*Luis Martínez (Autoridad Portuaria de Vigo);
Enrique Abati (Autoridad Portuaria de Marín);
Juan Manuel Vidal (Autoridad Portuaria de Gijón);
Carlos Calvo (Autoridad Portuaria de Santander);
Cristina García-Capelo (Autoridad Portuaria de Bilbao);
José Luis Núñez (Autoridad Portuaria de Pasajes);
Juan Antonio Torres (Autoridad Portuaria de Huelva);*

*Septimio Andrés (Autoridad Portuaria de Sevilla);
Germán Gamarro (Autoridad Portuaria de Algeciras);
Santiago Tortosa (Autoridad Portuaria de Ceuta);
Jaime Arenas (Autoridad Portuaria de Baleares);
Antonio Cebrián y Guillermo Segador (Autoridad Portuaria de Barcelona);
José Carlos Díez (Puertos del Estado).*

Coordinación de la edición en español y edición final:

José Carlos Díez (Puertos del Estado)

NOTA: Puertos del Estado no se responsabiliza de los errores de interpretación que puedan producirse por terceros en el uso del contenido de este documento, que corresponde a una traducción del documento original de la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (IALA) denominado según aparece en la carátula.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Ámbito de aplicación y objeto	5
2. CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA	5
3. TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA DE BATERÍA	5
3.1. Baterías primarias (no recargables)	6
3.2. Baterías secundarias (recargables)	6
3.2.1. Primera categoría	6
3.2.2. Segunda categoría (en flotación)	6
4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS PRINCIPALES DE VARIOS TIPOS DE BATERÍAS UTILIZADOS EN AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMA	7
4.1. Tipos de batería primaria.....	7
4.1.1. Baterías secas de despolarización por aire	7
4.1.2. Zinc-Carbono	7
4.1.3. Batería alcalina sellada	7
4.1.4. Litio	8
4.2. Tipos de baterías secundarias.....	8
4.2.1. Batería de plomo y ácido con electrolito líquido	8
4.2.2. Baterías de plomo y ácido reguladas por válvula (VLRA) - Electrolito de malla de fibra de vidrio absorbente (AGM) y gel.....	9
4.2.3. Baterías de níquel cadmio (de placa alveolar) ventiladas (industriales).....	9
4.2.4. Baterías níquel cadmio de placa sinterizada ventiladas	10
4.2.5. Baterías de níquel cadmio selladas.....	10
4.2.6. Baterías de níquel-metal hidruro.....	11
4.2.7. Baterías de ion de litio	11
4.2.8. Baterías de polímero de litio	12
4.2.9. Baterías de litio ferrofosfato.....	12
5. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO DE ACUMULADORES	12
5.1. Cálculo de la capacidad necesaria	12
5.2. Estratificación del electrolito	13
5.3. Transporte	13
5.4. Peso.....	13
5.5. Almacenamiento.....	13
5.6. Temperatura de funcionamiento	13
5.7. Protección física	13
5.8. Capacidad	14
5.9. Ciclos de vida	14
5.10. Vida útil de diseño	14
5.11. Parámetros de carga	14



ÍNDICE DE CONTENIDOS

5.12.	Supervisión del estado de baterías	14
5.13.	Autodescarga	15
5.14.	Protección contra sobredescargas	15
5.15.	Baterías en boyas	15
5.16.	Calidad en función del precio	15
6.	MANEJO SEGURO DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	15
6.1.	Problemas asociados con la seguridad de las baterías	15
6.2.	Instalación	16
6.3.	Ventilación	16
6.4.	Reciclaje y eliminación	16
7.	PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO	17
7.1.	Consideraciones generales	17
7.2.	Inspecciones	17
7.2.1.	Lecturas iniciales	17
7.2.2.	Mediciones y registro	17
7.2.3.	Nivel del electrolito	17
7.2.4.	Comprobaciones visuales	18
7.3.	Actuaciones correctivas – General	18
7.3.1.	Carga de nivelación	18
7.3.2.	Sustitución de célula	19
7.3.3.	Estratificación del electrolito	19
7.3.4.	Efecto memoria	19
8.	ACRÓNIMOS	19
9.	REFERENCIAS	19

Índice de figuras

<i>Figura 1 - Perspectiva general de la estructura de la guía</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - Células primarias</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 - Instalación de baterías de gel de una señal en flotación</i>	<i>9</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y OBJETO

Los dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica son una parte fundamental de los sistemas de energía y se tienen que diseñar, instalar y utilizar correctamente si se pretende que ofrezcan el nivel adecuado de disponibilidad.

Esta guía aporta directrices de mantenimiento, criterios de funcionamiento y orientación sobre el manejo seguro de los dispositivos de almacenamiento de energía que se utilizan habitualmente en las aplicaciones de ayudas a la navegación marítima.

Aunque este documento contiene recomendaciones generales, los fabricantes de los productos pueden dar instrucciones específicas sobre el funcionamiento y mantenimiento de sus propios equipos.

Esta guía tiene por objeto ayudar a los usuarios a elegir y mantener correctamente los sistemas de almacenamiento de energía utilizados en las ayudas a la navegación marítima.

2. CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA

Este documento forma parte de un conjunto de guías y debe leerse junto con los siguientes documentos:

Guía G1067-0 de la IALA – Selección de sistemas de energía para ayudas a la navegación y equipos relacionados.

Guía G1067-1 de la IALA - Consumos eléctricos totales de ayudas a la navegación.

Guía 1067-2 de la IALA - Fuentes de energía.

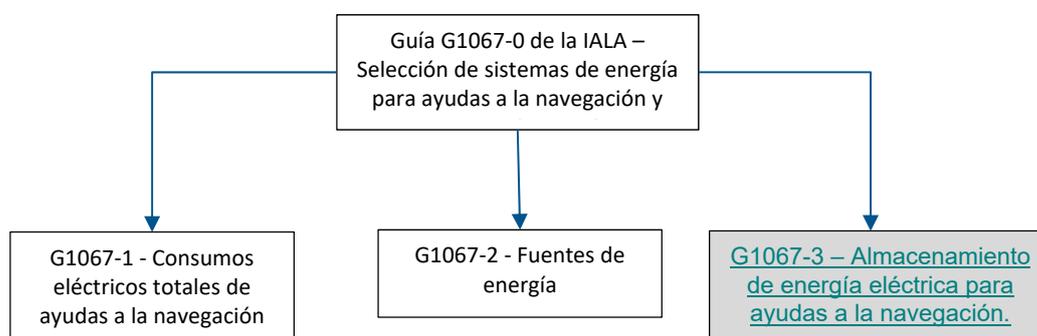


Figura 1 - Perspectiva general de la estructura de la guía

3. TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA DE BATERÍA

Los distintos tipos de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías en los servicios de ayuda a la navegación son las baterías primarias (no recargables) y los acumuladores (recargables). La elección del tipo de batería se realiza en la etapa de diseño y debe ser el adecuado para su uso, teniendo en cuenta las limitaciones locales y las necesidades del usuario. Las listas a continuación exponen las ventajas y desventajas de la mayoría de los tipos de batería que se emplean habitualmente.

NOTA La que figura a continuación no es una lista exhaustiva de los tipos de batería, pero abarca los principales tipos utilizados en la actualidad en aplicaciones de ayudas a la navegación.

3.1. BATERÍAS PRIMARIAS (NO RECARGABLES)

- Baterías secas de despolarización por aire;
- Baterías de zinc-carbono;
- Baterías alcalinas selladas;
- Baterías de litio.

3.2. BATERIAS SECUNDARIAS (RECARGABLES)

Las aplicaciones de las baterías secundarias pueden encuadrarse en dos categorías principales.

3.2.1. PRIMERA CATEGORÍA

Aquellas aplicaciones en que la batería secundaria se utiliza o descarga básicamente como batería primaria, pero que se recarga después del uso, en lugar de eliminarla. Las baterías secundarias se utilizan así por motivos de conveniencia, de ahorro de costes (ya que se pueden recargar en lugar de sustituirlos) o para aplicaciones que exigen descargas de energía que superan la capacidad de las baterías primarias.

3.2.2. SEGUNDA CATEGORÍA (EN FLOTACIÓN)

Aquellas aplicaciones en las que la batería secundaria se utiliza como un dispositivo de almacenamiento de energía, conectándose, en general, a una fuente de energía y siendo recargado por ella y, además, suministrando bajo demanda la energía almacenada para el consumo, cuando la fuente de energía no esté disponible, o sea incapaz de responder a las necesidades de consumo.

- Baterías de plomo y ácido:
 - Baterías selladas (sin mantenimiento y reguladas por válvula);
 - Baterías de electrolito líquido.
- Baterías de níquel cadmio:
 - Baterías de placa alveolar ventiladas;
 - Baterías de placa sinterizada ventiladas;
 - Baterías selladas.
- Baterías de níquel-metal hidruro;
- Baterías de litio:
 - Baterías de ion de litio;
 - Baterías de litio ferrofosfato;
 - Baterías de polímero de litio.

4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS PRINCIPALES DE VARIOS TIPOS DE BATERÍAS UTILIZADOS EN AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARITIMA

4.1. TIPOS DE BATERÍA PRIMARIA

Este apartado describe las baterías diseñadas especialmente como baterías primarias (fuente de energía primaria). Es importante considerar la protección contra sobretensiones para todos los bancos de baterías primarias.

4.1.1. BATERÍAS SECAS DE DESPOLARIZACIÓN POR AIRE

4.1.1.1. Ventajas

- Salida elevada, pero de precio alto;
- Larga vida de almacenamiento (el deterioro puede ser de solo el 8% en 2 años).

4.1.1.2. Desventajas

- Requieren ventilación por aire;
- La instalación se limita principalmente a AtoN en tierra o a boyas con un diseño cuidado de la ventilación;
- Es necesaria una eliminación correcta.

4.1.2. ZINC-CARBONO

Se están sustituyendo por baterías de tipo alcalino.

4.1.2.1. Ventajas

- Tipos sellados, baratos y fiables, que no requieren ningún mantenimiento para aplicaciones independientes, como en boyas, balizas y balizas de radar, pero, en algunas partes del mundo, su disponibilidad es cada vez más limitada.

4.1.2.2. Desventajas

- Vida de almacenamiento corta;
- Potencia instantánea de salida limitada;
- No suelen disponer de un factor de carga superior al 20%;
- Poca capacidad de funcionamiento a temperaturas bajas.

4.1.3. BATERÍA ALCALINA SELLADA

4.1.3.1. Ventajas

- Ciclo de vida mayor que las baterías de zinc-carbono;
- Muy útiles en el funcionamiento de luces en boyas y en otras aplicaciones que exigen un funcionamiento sellado y seguro;
- Buen funcionamiento a temperaturas bajas.

4.1.3.2. Desventajas

- Coste elevado y, en general, tensión baja por unidad, lo que significa que se necesitan muchos conjuntos de estas baterías para crear sistemas de 12V.



Figura 2 - Células primarias

4.1.4. LITIO

4.1.4.1. Ventajas

- Bajo peso y alta densidad de energía;
- Vida de almacenamiento prolongada.

4.1.4.2. Desventajas

- Si se utilizan incorrectamente, existe riesgo de explosión;
- Restricciones de transporte;
- Coste elevado de adquisición.

4.2. TIPOS DE BATERIAS SECUNDARIAS

Este apartado describe las baterías recargables que se emplean donde se dispone de una fuente de recarga. Es importante considerar la protección contra sobretensiones para todos los bancos de acumuladores.

4.2.1. BATERÍA DE PLOMO Y ÁCIDO CON ELECTROLITO LÍQUIDO

4.2.1.1. Ventajas

- Batería popular de bajo coste – muy asequible;
- Disponibles en grandes cantidades y en una variedad de tamaños, diseños y capacidades;
- Buen funcionamiento a una tasa de descarga elevada;
- Vida de almacenamiento razonable – pueden almacenarse en condiciones secas;
- Eléctricamente eficientes;
- Tensión alta de célula;
- Buen servicio en carga de flotación;
- Fácil indicación del estado de carga (sólo electrólito líquido);
- Tecnología comprobada.

4.2.1.2. Desventajas

- Ciclos de vida para descargas profundas relativamente bajos;
- Densidad de energía baja – normalmente 30 – 40 Wh/kg;
- Mal funcionamiento a bajas y altas temperaturas;
- Autodescarga elevada;
- El almacenamiento prolongado en estado de descarga puede dar lugar a la sulfatación de los electrodos;
- Contenidos peligrosos (electrólito corrosivo);
- Necesitan ventilación adecuada para impedir condiciones explosivas;
- Peligrosas y difíciles de transporte e instalar;
- Con una tasa baja de recarga, se puede producir la estratificación;
- Posibilidad de producirse fallo súbito de la batería.

4.2.2. BATERÍAS DE PLOMO Y ÁCIDO REGULADAS POR VÁLVULA (VLRA) - ELECTROLITO DE MALLA DE FIBRA DE VIDRIO ABSORBENTE (AGM) Y GEL

4.2.2.1. Ventajas

- Sin mantenimiento (no requieren rellenar);
- Vida útil en carga de flotación;
- Buen funcionamiento a una tasa de descarga elevada;
- Eléctricamente eficientes;
- Batería popular de bajo coste – muy asequible;
- Disponibles en grandes cantidades y en una variedad de tamaños, diseños y capacidades;
- Tecnología comprobada;
- En condiciones de funcionamiento normal no desprenden gases;
- Sin riesgo de vertidos.
- En climas más fríos, se prefiere la malla de fibra de vidrio absorbente (AGM).



Figura 3 - Instalación de baterías de gel de una señal en

4.2.2.2. Desventajas

- El almacenamiento prolongado en estado de descarga puede dar lugar a la sulfatación de los electrodos;
- Densidad de energía relativamente baja;
- Contenidos peligrosos (electrólito corrosivo).
- Necesitan ventilación adecuada para impedir condiciones explosivas;
- Rendimiento bajo a bajas y altas temperaturas;
- Dificultad para verificar el estado de carga;
- La descarga profunda puede dar como resultado el fallo de la batería;
- Necesitan control de sobrecarga;

4.2.3. BATERÍAS DE NÍQUEL CADMIO (DE PLACA ALVEOLAR) VENTILADAS (INDUSTRIALES)

4.2.3.1. Ventajas

- Fiables y robustas;
- Ciclos de carga – descarga elevados (más de 2.000 ciclos, vida útil total de hasta 25 años);
- Autodescarga baja;
- Capaces de tolerar descarga profunda;
- Capaces de tolerar temperaturas altas y bajas;
- Óptimo almacenamiento prolongado (en cualquier estado de carga);
- Ritmo de recarga rápido.

4.2.3.2. Desventajas

- Necesitan ventilación adecuada para impedir condiciones explosivas;
- Densidad de energía baja;
- Coste inicial de adquisición más alto que el de las baterías de plomo y ácido;
- Contienen cadmio, lo que podría aumentar el coste de eliminación, en función de la disponibilidad de instalaciones de reciclaje;
- Efecto memoria (caída de tensión), si no se realizan periódicamente ciclos profundos;
- Peligrosas para su transporte.

4.2.4. BATERÍAS NÍQUEL CADMIO DE PLACA SINTERIZADA VENTILADAS

4.2.4.1. Ventajas

- Perfil de descarga plano;
- Densidad de energía un 50% mayor que en las de placa alveolar;
- Funcionamiento óptimo a pleno rendimiento y bajas temperaturas;
- Resistentes, fiables y poco mantenimiento;
- Óptimo almacenamiento prolongado en cualquier estado de carga en una gama de temperaturas muy amplia (-60 °C a +60 °C);
- Autodescarga baja;
- Elevado número de ciclos de carga - descarga;
- Se puede esperar una vida útil superior a 20 años.

4.2.4.2. Desventajas

- Necesitan ventilación adecuada para impedir condiciones explosivas;
- Contienen cadmio, lo que podría aumentar el coste de eliminación, en función de la disponibilidad de instalaciones de reciclaje;
- Peligrosas para su transporte;
- Densidad de energía baja;
- Coste inicial de adquisición más elevado;
- Efecto memoria (caída de tensión), si no se realizan periódicamente ciclos profundos;
- Necesitan control de sobrecarga;

4.2.5. BATERÍAS DE NÍQUEL CADMIO SELLADAS

4.2.5.1. Ventajas

- Las células están selladas;
- Funcionan sin mantenimiento;
- Elevado número de ciclos de carga – descarga;
- Se puede esperar una vida útil superior a 20 años;
- Buena capacidad de funcionamiento a una tasa de descarga elevada a bajas temperaturas;
- Vida de almacenamiento prolongada en cualquier estado de carga;

- Capacidad de recarga rápida;
- Óptima fiabilidad;
- Resistentes, aguantan el manejo brusco.

4.2.5.2. Desventajas

- Necesidad de ventilación adecuada, ya que la generación de hidrógeno puede dar lugar al riesgo de explosión;
- Fuga térmica en baterías o equipos de carga mal diseñados;
- Caída de tensión en ciertas aplicaciones;
- Difíciles de reciclar, ya que la batería contiene cadmio, que podría aumentar el coste de eliminación, en función de la disponibilidad de instalaciones de reciclaje;
- Coste más elevado que el de la batería de plomo y ácido;
- Difíciles de transportar.

4.2.6. BATERÍAS DE NÍQUEL-METAL HIDRURO

4.2.6.1. Ventajas

- Sin mantenimiento;
- Batería sellada;
- Vida útil prolongada (se espera que sea del orden de 15 años);
- Alta densidad de energía con relación al volumen y el peso;
- Sin necesidad de ventilación de gases en funcionamiento normal;
- Número de ciclos de carga – descarga elevados (aproximadamente 1.200 ciclos son lo normal, pero depende de la profundidad de descarga);
- Gama de temperaturas de funcionamiento muy amplia (-20°C a +60°C es lo habitual).

4.2.6.2. Desventajas

- Coste elevado;
- Necesitan control de sobrecarga;
- Riesgo de desbordamiento térmico.

4.2.7. BATERÍAS DE ION DE LITIO

4.2.7.1. Ventajas

- Sin mantenimiento;
- Batería sellada;
- Vida útil prolongada (se espera que sea del orden de 20/25 años);
- Densidad de energía muy alta con relación al volumen y el peso;
- Sin necesidad de ventilación de gases en funcionamiento normal;
- Elevado número de ciclos de carga - descarga, pero depende del régimen de carga;
- Autodescarga baja;
- Eficiencia de carga elevada.

4.2.7.2. Desventajas

- Coste elevado;
- Complejidad del sistema de gestión electrónico integrado a la batería;
- Fuga térmica en baterías o equipos de carga mal diseñados;
- Severas restricciones para su transporte;
- Deben almacenarse en un estado de carga parcial;
- Se degradan a temperaturas altas por encima de 55°C;
- Se destruye la batería si se recarga por debajo de -5°C;
- Riesgo de explosión e incendio.

4.2.8. BATERÍAS DE POLÍMERO DE LITIO

Hay disponibilidad de baterías de polímero de litio, y sus características son similares a las de ion de litio, pero son más estables.

4.2.9. BATERÍAS DE LITIO FERROFOSFATO

4.2.9.1. Ventajas

- Sin mantenimiento;
- Batería sellada;
- Vida útil prolongada (se espera que sea del orden de 20/25 años);
- Densidad de energía muy alta con relación al volumen y el peso;
- Elevado número de ciclos de carga - descarga, pero depende del régimen de carga;
- Autodescarga baja;
- Eficiencia de carga alta.
- , Seguridad inherente mejorada, comparado con otros productos de litio.

4.2.9.2. Desventajas

- Coste elevado;
- Severas restricciones para su transporte;
- Se degradan a temperaturas altas por encima de 55°C.

5. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO DE ACUMULADORES

Este apartado detalla los criterios de funcionamiento de las aplicaciones de acumuladores.

Estos sistemas de baterías pueden suministrar energía constante, variable o intermitente a los equipos conectados (consumo) a ellos y se pueden cargar mediante la electricidad por red, fuentes de energía renovable y sistemas híbridos.

5.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD NECESARIA

La capacidad necesaria de las baterías puede determinarse siguiendo la Guía 1067-1 de la IALA – Consumos eléctricos totales de ayudas a la navegación. Además, como ayuda para el cálculo, puede consultarse la Guía 1039 de la IALA - Diseño de sistemas de energía solar para ayudas a la navegación[4] y el Programa de Dimensionamiento Solar, que se puede encontrar en la página Web de la IALA.

5.2. ESTRATIFICACIÓN DEL ELECTRÓLITO

En las baterías de plomo y ácido con electrolito líquido, puede producirse la estratificación del electrolito. En ellas, la estratificación del electrolito se puede impedir mediante la agitación del electrolito o recargas periódicas mientras esté en funcionamiento y, en las baterías de plomo y ácido reguladas por válvula (VRLA), haciéndolas funcionar según las instrucciones del fabricante.

5.3. TRANSPORTE

Las baterías se utilizan con frecuencia en emplazamientos de AtoN con accesos difíciles o limitados. Todas las baterías elegidas deben estar diseñadas para soportar las fuerzas mecánicas y durante el transporte. Durante el transporte, debe emplearse un embalaje adecuado para proteger las baterías.

Algunas se pueden transportar en seco y ser llenadas de electrolito y cargadas en el lugar de instalación de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Puede haber restricciones o reglamentos a cumplir durante el transporte de cualquier batería, como, por ejemplo, las restricciones al transporte de materiales peligrosos por aire, carretera y mar.

5.4. PESO

Cuando se selecciona el tipo de batería, el peso es un factor importante para garantizar que se siguen los procedimientos de manejo seguro y adecuado. Para garantizar un funcionamiento seguro, se considerará el peso en la elección, diseño y colocación de las baterías en las estructuras portantes.

5.5. ALMACENAMIENTO

Los fabricantes pueden aconsejar sobre el almacenamiento seguro.

De acuerdo con las instrucciones del fabricante, es posible que algunas baterías necesiten recargarse periódicamente.

La exposición de una batería a temperaturas elevadas y la humedad durante el almacenamiento puede ocasionar una pérdida de su capacidad.

5.6. TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

La gama de temperaturas durante el funcionamiento experimentada por la batería afectará de manera considerable a su vida útil y es un factor de peso en la elección de la batería.

Las baterías deben funcionar a las temperaturas especificadas por el fabricante. Su funcionamiento fuera de estos rangos tendrá un efecto adverso en su capacidad y vida útil e, incluso, puede resultar peligroso.

5.7. PROTECCIÓN FÍSICA

Se debe prever la protección física contra las consecuencias de las condiciones adversas del lugar, como, por ejemplo, contra los efectos de:

- El gradiente de temperatura y sus magnitudes máximas y mínimas;
- La exposición directa a la luz solar (radiación ultravioleta);
- El polvo o la arena transportada por el viento;
- Las atmósferas explosivas;
- La humedad elevada y la inundación;
- Los terremotos;

- Los impactos, la rotación, la aceleración y las vibraciones (particularmente durante el transporte y en las aplicaciones en boyas luminosas);
- El abuso mecánico severo y el manejo brusco.

5.8. CAPACIDAD

La capacidad de almacenamiento se expresa en amperios-hora (Ah) y varía en función de las condiciones de uso (temperatura del electrolito, corriente de descarga y tensión final). Se suele publicar la capacidad para 10 horas (C_{10}) y 5 horas (C_5) de tasa de descarga, respectivamente. También hay que conocer la capacidad para una descarga de 100 horas (C_{100}), ya que este tiempo de descarga se emplean con frecuencia en aplicaciones fotovoltaicas.

5.9. CICLOS DE VIDA

Los ciclos de vida es el número de ciclos de carga-descarga que se pueden obtener de una célula o batería bajo unas condiciones concretas.

Los ciclos de carga- descarga normalmente, se expresan para una profundidad de descarga (DOD, en inglés, *Depth of Discharge*) fija y con la batería plenamente cargada en cada ciclo. Las baterías suelen caracterizarse por el número de ciclos de carga-descarga que se pueden dar antes de que la capacidad disminuya a un valor especificado en las normas pertinentes (como, por ejemplo, al 80% de la capacidad nominal a una temperatura determinada, normalmente 25°C).

En las aplicaciones fotovoltaicas, la batería estará expuesta a un número elevado de ciclos poco profundos, pero en un estado de carga variable. Por lo tanto, las baterías deben cumplir los requisitos del ensayo descrito en la norma CEI 61427 [1], que es una simulación del funcionamiento de sistemas fotovoltaicos. El fabricante especificará el número de ciclos que las baterías pueden conseguir antes de que la capacidad disminuya al valor especificado en las normas pertinentes (como, por ejemplo, el 80% de la capacidad nominal).

5.10. VIDA ÚTIL DE DISEÑO

Habitualmente, el fabricante declara la vida útil de diseño, que debe adecuarse a la aplicación y a la accesibilidad del emplazamiento. A menudo, es un factor limitante cuando funcionan con suministro de red eléctrica. La vida útil de diseño de la batería debe tenerse en cuenta en el contexto de la vida útil del diseño general del sistema.

5.11. PARÁMETROS DE CARGA

Para mantener el funcionamiento óptimo de la batería, es fundamental controlar correctamente su carga. El método de control es específico en función del tipo de batería y dicha información la suele proporcionar el fabricante. No seguirlo acortará la vida útil y podría resultar peligroso. Una sobrecarga excesiva no aumentará la energía almacenada en la batería y debe evitarse, ya que puede llegar a dañarla.

Para asegurar una vida útil prolongada de la batería, la tensión máxima de carga debe ajustarse para garantizar que esté cargada por completo durante un periodo de tiempo prolongado. Este ajuste representa un delicado equilibrio entre el consumo excesivo de agua y el hecho de que la batería nunca se cargue por completo.

Para conseguir la máxima capacidad y vida útil, las baterías de plomo y ácido se deben acondicionar (someterse a aproximadamente tres ciclos de carga) antes de su instalación según las recomendaciones del fabricante.

El régimen de control de carga debe tener en cuenta la temperatura de la batería, particularmente en aplicaciones de alta y baja temperatura. Para orientación al respecto, los usuarios deben consultar las especificaciones del fabricante de la batería.

5.12. SUPERVISIÓN DEL ESTADO DE BATERÍAS

Dependiendo del riesgo, la supervisión y control de los parámetros de la batería puede resultar eficaz en cuanto a costes, y ambos se podrán realizar de forma local o remota, según la ubicación. Permiten comprobar el estado de la batería y tomar las medidas correctivas necesarias. La supervisión permitirá predecir los posibles problemas de



la batería, permitiendo así realizar actuaciones antes de que den lugar a un fallo. Se pueden encontrar detalles sobre la supervisión en la Guía 1008 de la IALA – Supervisión y control remoto de ayudas a la navegación[5].

5.13. AUTODESCARGA

La autodescarga de una batería utilizada en una aplicación de energía renovable tiene que ser baja. El fabricante debe indicar la cifra de autodescarga, que debe cumplir los requisitos de las normas pertinentes de baterías, lo que se tendrá en cuenta a la hora de diseñar el sistema.

5.14. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Las baterías deben estar protegidas contra la descarga excesiva para evitar la pérdida de capacidad o daños, lo que se podrá conseguir mediante la reducción del consumo o la desconexión, cuando se exceda la profundidad máxima de descarga de diseño.

También se recomienda el uso de un mecanismo de reducción de consumo o desconexión, según la información del fabricante, para impedir el envejecimiento prematuro de la batería y posibles fallos, que podrían dar como resultado la descarga excesiva de la batería.

5.15. BATERÍAS EN BOYAS

Debido a los daños por impacto de las placas, especialmente en las baterías de electrolito líquido, la vida útil esperada de baterías en boyas puede ser menor que en una estación en tierra.

Las baterías de malla de fibra de vidrio absorbente (AGM) y de electrolito de gel se suelen utilizar en boyas para evitar vertidos del electrolito. Consulte al fabricante al respecto.

5.16. CALIDAD EN FUNCIÓN DEL PRECIO

Cabe señalar que, en algunas zonas, una solución razonable podría ser la utilización de baterías más baratas y asumir que será necesario sustituirlas con mayor frecuencia que en el caso de las baterías especializadas. Tal decisión se verá influida por la capacidad de adquirir la batería, los costes de acceso al emplazamiento de la AtoN y la facilidad de acceso rápido en caso de fallo.

6. MANEJO SEGURO DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Las baterías forman parte integral de cualquier sistema de almacenamiento de energía empleado en las AtoN y su manipulación segura es una de las consideraciones clave.

6.1. PROBLEMAS ASOCIADOS CON LA SEGURIDAD DE LAS BATERÍAS

Los grandes sistemas de baterías son una fuente de corrientes de cortocircuito extremadamente altas. Para evitar cortocircuitos, debe extremarse el cuidado en la instalación y mantenimiento de cualquiera de los componentes del sistema de energía.

Algunos tipos de acumuladores generan hidrógeno durante el proceso de carga, produciéndose grandes cantidades de este gas cuando la batería alcanza plena carga. El gas hidrógeno se inflama fácilmente y da lugar a una explosión especialmente violenta. Por lo tanto, se debe extremar el cuidado de evitar una atmósfera explosiva y garantizar que estén controladas todas las fuentes de ignición, tanto durante el funcionamiento normal como en caso de fallos. Con frecuencia, la legislación establece requisitos de seguridad para ciertos tipos de baterías. Los fabricantes serán de ayuda al proporcionar la información de seguridad específica de la batería.

Algunas baterías contienen soluciones químicas peligrosas, que pueden ser perjudiciales tanto para el personal como para el medioambiente.

En el trabajo con baterías, es preciso utilizar equipos de protección personal adecuados y herramientas adecuadas que minimicen el riesgo eficazmente. La formación y competencia del personal también son aspectos clave.

6.2. INSTALACIÓN

A menos que se envíen en seco, las baterías deben instalarse lo antes posible después de su recepción. De lo contrario, se almacenarán en un lugar fresco y seco. Todos los acumuladores han de recibir una carga de refresco justo después de su instalación.

La instalación se realizará preferentemente en un lugar limpio y seco, y fuera del alcance de la luz solar directa (para prevenir el calentamiento individual de las células y para protegerlas de los rayos UV). Las cajas exteriores de las baterías deben estar hechas de un aislante eléctrico y ser de color claro para evitar el calentamiento por el sol, y también proporcionarán contención por si la celda se agrieta (sólo en el caso de las baterías de electrolito líquido). Las bancadas interiores, si se utilizan, dispondrán de bandejas o revestimientos aislantes para aislar las celdas del suelo, y se fijarán bien para evitar que se vuelquen.

Las interconexiones entre células se deben instalar según las instrucciones del fabricante. Para evitar la corrosión, los terminales de las celdas y las interconexiones se cubrirán con grasa sin ácido. Se recomienda la utilización de cubiertas de interconexión aisladas para protegerlas de cortocircuitos accidentales, pero para que sean eficaces, deben diseñarse de forma que no impidan las tareas rutinarias de mantenimiento.

6.3. VENTILACIÓN

Las baterías de plomo y ácido y las de níquel cadmio producen gas de hidrógeno y de oxígeno cuando se están cargando. Los acumuladores que emplean dispositivos de recombinación sólo producirán gases cuando la tasa de emisión de gases supera la de recombinación, que suele darse durante la sobrecarga. Las baterías sin un dispositivo de recombinación emitirán gas cuando estén plenamente cargadas y continúen recibiendo una carga (estado de flotación). La cantidad de hidrógeno y oxígeno producida no depende del tipo ni del tamaño de la batería (de ácido y plomo o de níquel cadmio), sino más bien de la tasa de carga, el número de células y el periodo de tiempo en que se aplica la carga. El hidrógeno y el oxígeno se producen como resultado de la electrólisis del agua en el electrolito. Las concentraciones de hidrógeno de hasta el 3% (por volumen) no son inflamables. A una concentración del 4-8%, el hidrógeno se inflamará si está expuesto a una llama desnuda, y por encima del 8%, se inflamará de manera explosiva. El hidrógeno también se puede producir en los bolsillos de baterías por la reacción entre el agua residual y materiales dispares, o por la corrosión de los metales debido al vertido del electrolito.

La ventilación se debe prever conforme a la norma CEI 62485-2 Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías - Parte 2: Baterías estacionarias [2].

Siempre y cuando sea posible, se utilizará la ventilación natural. Si la ventilación natural no se puede usar para producir la renovación de aire necesaria, se podrá utilizar la ventilación mecánica por extracción.

En el mercado hay tapones de recombinación para los diversos tipos de batería, que reducirán la cantidad de hidrógeno generado por la batería. Sin embargo, aun así, se necesitará ventilación en el compartimiento de las baterías. El fabricante de la batería suministrará información sobre los volúmenes de gas producidos.

6.4. RECICLAJE Y ELIMINACIÓN

Las leyes y los reglamentos, tanto nacionales como internacionales, que regulan el reciclaje y la eliminación de baterías, están en continua evolución. Las baterías se consideran residuos peligrosos. Los metales pesados empleados en estas baterías, cuando se eliminan incorrectamente, provocarán daños al medioambiente. Asimismo, la naturaleza corrosiva de los electrolitos de las baterías, si se vierten, también puede causar daños. Aunque las baterías de litio son poco contaminantes, se eliminarán como si fueran residuos peligrosos, debido a sus antecedentes de emisiones explosivas, si no están completamente descargadas. En la mayoría de los países, las baterías de plomo y ácido y las de níquel cadmio son reciclables, aunque parece que van en aumento las restricciones al reciclaje de las de níquel cadmio, lo que conlleva costes asociados. Para más orientación sobre la eliminación, véase la Guía G1036 de la IALA – Gestión medioambiental en ayudas a la navegación [3] Guía G1036 de la IALA – Gestión medioambiental en ayudas a la navegación

7. PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

7.1. CONSIDERACIONES GENERALES

En una aplicación de AtoN correctamente diseñada, es probable que la batería necesite un mantenimiento mínimo. No obstante, es una buena práctica realizar la inspección de un sistema de baterías al menos una vez al año, o a los intervalos recomendados, para asegurarse de que el cargador, la batería y la electrónica auxiliar funcionen correctamente.

Los requisitos básicos para el mantenimiento del sistema de baterías se encuadrarían en los siguientes grupos, que se podrán considerar y optimizar para cualquier circunstancia:

- Mantenimiento de baterías según los requisitos del fabricante;
- Los requisitos de la aplicación y medioambientales, incluidos el tipo de AtoN, su modo de funcionamiento previsto, el método de carga y los entornos;
- Los requisitos del usuario / operador, incluidos el lugar de instalación, el entorno y la accesibilidad, la filosofía de mantenimiento, y la destreza y niveles de formación del personal de mantenimiento.

7.2. INSPECCIONES

Cuando se realice una inspección, se recomienda la adopción de procedimientos específicos para garantizar que la batería se mantenga en buen estado. Se deben registrar los resultados de todas las inspecciones, lo que puede incluir los valores medidos, así como los sucesos acaecidos, tales como los cortes de suministro de energía, los test de descarga y capacidad, los tiempos y condiciones de almacenaje, actualizaciones, etc.

Unos registros adecuados de las baterías son una ayuda inestimable para determinar su estado. En los párrafos siguientes, se detalla un ejemplo de un procedimiento de inspección.

7.2.1. LECTURAS INICIALES

Las lecturas iniciales son las tomadas cuando la batería se pone en servicio. Las lecturas posteriores deben tomarse y registrarse, tras un periodo de reposo, con la batería totalmente cargada y desconectada de la carga:

- La tensión en el terminal de la batería y, si fuera posible, las tensiones de las células;
- Donde sean accesibles, los niveles del electrolito de las células;
- Donde sean accesibles, la lectura del peso específico de cada vaso, corregida a 25°C
- La temperatura ambiente;
- Tensión y corriente de corte del cargador.

Es fundamental que estas lecturas iniciales queden registradas para futuras comparaciones.

7.2.2. MEDICIONES Y REGISTRO

En general, todas las mediciones realizadas durante la inspección inicial se seguirán realizando durante la vida útil de la instalación. Las mediciones adicionales que figuran a continuación se controlarán y registrarán.

- Las temperaturas de las células, mientras estén en carga, deben ser homogéneas y las diferencias de temperatura entre las unidades individuales no deben superar 3°C.
- Tensión, peso específico y temperatura del electrolito (siempre que sea posible) de la célula piloto (si se usa);
- Utilización de agua desionizada.

7.2.3. NIVEL DEL ELECTROLITO

Para mantenerse en funcionamiento, algunos tipos de batería requieren el rellenado periódico del agua perdida. En cuanto a los niveles del electrolito, siempre siga las recomendaciones del fabricante. Sólo utilice agua destilada



o desionizada para rellenar las células. No rellene las células demasiado. Por lo tanto, se recomienda que se controlen regularmente los niveles iniciales del electrolito para determinar la frecuencia del rellenado. Existen sistemas de rellenado automático para las ubicaciones remotas.

Un consumo razonable de agua es la mejor indicación de que una batería esté funcionando bajo las condiciones correctas. Cualquier cambio notable en la tasa del consumo de agua se investigará de forma inmediata.

El consumo excesivo de agua puede indicar que la batería se está cargando a una tensión o temperatura demasiado elevada. Un consumo muy bajo de agua, en baterías con una corriente baja continua o en carga flotante, puede ser una indicación de que las cargas son insuficientes.

Las baterías selladas no necesitan mantenimiento y no hace falta rellenarlas de agua. Se emplean válvulas de presión para el sellado y no se pueden abrir sin destruirlas.

7.2.4. COMPROBACIONES VISUALES

El aspecto general y la limpieza de la batería y su zona (sala, armario). Excluya cualquier tipo de posible contaminación y mantenga limpios el alojamiento de la batería, las células, los terminales y los conectores, ya que el polvo y la humedad provocan fugas de corriente. Cualquier vertido durante el mantenimiento debe limpiarse con un paño limpio. Se puede lavar la batería con agua dulce o según las recomendaciones del fabricante. Algunas comprobaciones visuales adicionales podrían incluir:

- Inspeccione por si hubiera grietas y fisuras en los recipientes de las baterías o fugas de electrolito;
- Busque indicios de corrosión en las conexiones;
- Conexiones y tuercas de los terminales se protegerán de la corrosión, con una capa fina de grasa sin ácido;
- Revise el apriete de todas las conexiones unidas con tuercas (al par especificado por el fabricante);
- Las tuercas sueltas y las malas conexiones pueden provocar fallos, altas temperaturas e, incluso, incendios;
- El estado del sistema de ventilación;
- Compruebe que los conductos de ventilación y los filtros funcionan correctamente y permiten un flujo continuo de aire en toda la sala o armario de baterías;
- Verifique si hay indicios de fuga de corriente a tierra;
- Compruebe la integridad de la estructura de soporte de la batería y su cubierta.

7.3. ACTUACIONES CORRECTIVAS – GENERAL

Los siguientes puntos son condiciones que deben corregirse en el momento de la inspección.

7.3.1. CARGA DE NIVELACIÓN

La actuación correctiva de nivelar la carga para llevar las células a niveles uniformes de tensión y de peso específico debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Dicha carga será necesaria siempre que se descubran las siguientes condiciones:

- Para las baterías de plomo y ácido de electrolito líquido, cuando el peso específico de una célula individual, corregido en función de la temperatura, se encuentre por debajo de la media de todas las células en más de 0,010 kg/l, o cuando todas las células caen en más de 0,010 kg/l con respecto al valor medio de la instalación en el momento de la inspección;
- La tensión de la célula completamente cargada se encuentre 0,1 V fuera de la tensión de fin de carga recomendada por el fabricante.

Si se deja que persistan estas condiciones durante un periodo prolongado, pueden dar como resultado una reducción de la vida útil de la batería, pero no necesariamente indican una pérdida de capacidad.



7.3.2. SUSTITUCIÓN DE CÉLULA

Se puede sustituir una célula defectuosa por otra en buen estado de la misma marca, tipo, clasificación, edad y estado de carga. Salvo como último recurso, una célula nueva no se instalará en serie con otras más antiguas.

7.3.3. ESTRATIFICACIÓN DEL ELECTRÓLITO

A menos que se controle durante el proceso de carga, la estratificación del electrólito que se puede dar en células grandes, en niveles de concentración variable, puede quedar limitada la aceptación de la carga, la descarga y la vida útil. Los dos métodos para controlar la estratificación son el gaseado deliberado de las placas durante la sobrecarga al mismo régimen de final de carga, o la agitación del electrólito de la célula mediante bombas (normalmente, bombas accionadas por aire).

7.3.4. EFECTO MEMORIA

El efecto memoria, que es un proceso que ocasiona la reducción temporal de la capacidad de una célula sinterizada de níquel-cadmio después de ciclos repetitivos poco profundos de carga / descarga, se puede revertir por completo mediante un ciclo de mantenimiento, que consiste en una descarga completa seguida de una carga / sobrecarga plena y completa.

8. ACRÓNIMOS

AGM	(<i>Absorbed Glass Matt</i>) Malla de fibra de fibra de vidrio absorbente
Ah/	Amperio-hora/s
AtoN	(<i>Marine aid(s) to navigation</i>) Ayuda/s a la navegación marítima
C_x	Capacidad de un batería que se ha descargado completamente durante un período de x horas
DOD	(<i>Depth of discharge</i>) Profundidad de descarga
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
kg	Kilogramo
kg/l	kilogramos/litro (peso específico)
PV	(<i>Photovoltaic</i>) Fotovoltaico/a
RACON	(<i>Radar beacon</i>) Baliza de radar
UV	Ultravioleta
V	Voltio/s
VRLA	Batería de plomo y ácido regulada por válvula
Wh/kg	Vatio horas/kilogramo
°C	Grados Celsius

9. REFERENCIAS

- [1] Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). (2013). Acumuladores y baterías de acumuladores para el almacenamiento de energía renovable – Requisitos generales y métodos de ensayo – Parte 1: Aplicaciones fotovoltaicas independientes de la red, CEI 61427-1. CEI Ginebra, Suiza.
- [2] Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). (2010). Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías - Parte 2: Baterías estacionarias, CEI 62485-2. CEI Ginebra, Suiza.
- [3] Guía G1036 de la IALA – Gestión medioambiental en ayudas a la navegación.
- [4] Guía 1039 de la IALA - Diseño de sistemas de energía solar para ayudas a la navegación.
- [5] Guía 1008 de la IALA – Supervisión y control remoto de ayudas a la navegación.