

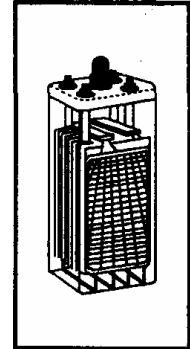


Soluciones Energéticas, S.A.

Avda. Real de Pinto, 146 28021 Villaverde Alto (Madrid)

Tlf y Fax: 91 539 27 00 - 91 530 67 43

ACUMULADORES ESTACIONARIOS PARA INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS



La misión de un acumulador en una instalación solar fotovoltaica es la de suministrar energía en los momentos en que no hay incidencia luminosa sobre los paneles, o ésta es muy débil. Deben cumplir además dos importantes funciones:

- **Satisfacer una elevada demanda de potencia en un breve espacio de tiempo.** Es el caso de los motores de inducción, que requieren para el arranque una punta de energía varias veces superior a su potencia nominal, mucho mayor que la que los paneles podrían generar en las condiciones más favorables de iluminación.
- **Mantener la tensión estable.** La tensión de salida del panel varía según la energía incidente. El acumulador mantiene un nivel constante del voltaje, independientemente de las variaciones de incidencia luminosa.

Los acumuladores estacionarios de Pb-ácido que emplea SOLENERSA en sus instalaciones cumplen estos requisitos y presentan además las siguientes ventajas:

- Máxima capacidad útil por unidad de volumen y peso.
- Resistencia muy elevada a las vibraciones.
- Una larga vida de servicio.
- Mantenimiento mínimo, facilitado por las características del recipiente que permite ver el nivel del electrolito a su través.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

RÉGIMEN DE TRABAJO

Ciclos de carga-descarga.- El acumulador estacionario en una instalación fotovoltaica está sometido a una serie de ciclos de trabajo; cada ciclo comprende la descarga del acumulador, bajo un determinado régimen, seguido de la subsiguiente recarga. El acumulador estacionario debe estar diseñado para soportar el máximo número posible de ciclos de carga-descarga.

Durante el día los paneles generan energía que se emplea en satisfacer los consumos; la energía sobrante será absorbida por la batería (proceso de carga). Durante la noche, cuando el consumo

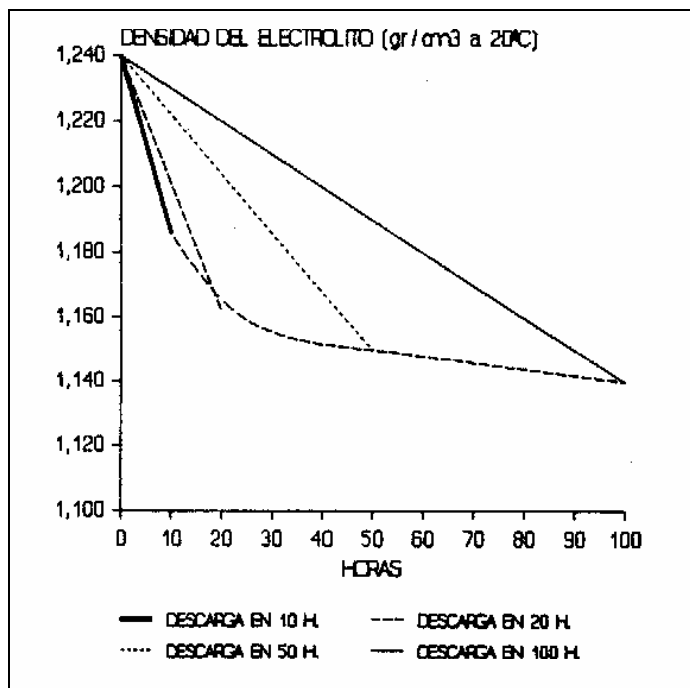


Fig. 1: Evolución de la densidad del electrolito en función del régimen de descarga.

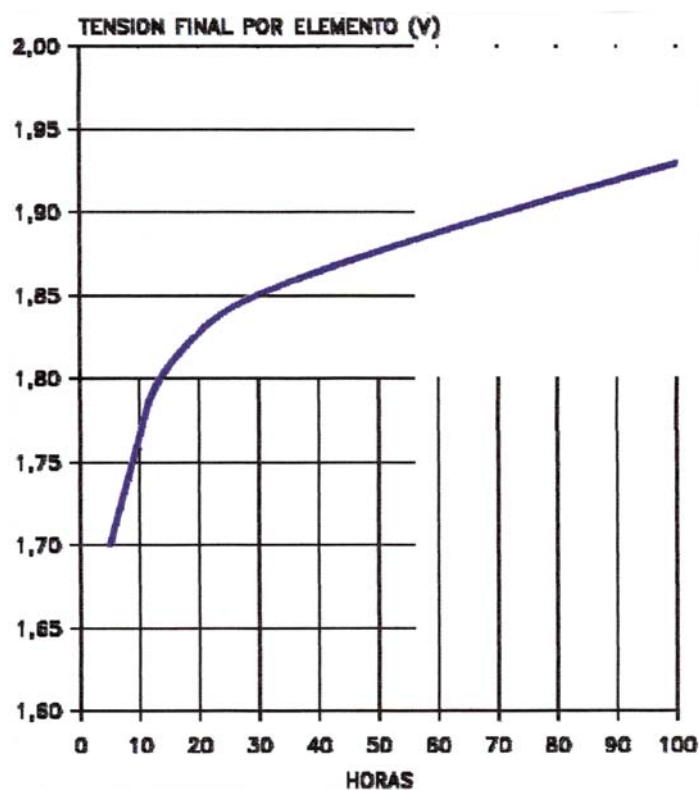


Fig. 2: Tensión final de descarga en función del régimen de la misma.

es precisamente más elevado, la energía se extrae exclusivamente de la batería (proceso de descarga). Se completa así un **ciclo diario** de carga-descarga, que se irá repitiendo si las condiciones de iluminación son favorables. Sin embargo, si se produce un período de tiempo nublado, casi todo el consumo se hace a expensas de la energía acumulada en la batería, sin que ésta pueda recargarse. Al pasar el período desfavorable, los paneles irán recargando la batería, pero hasta llegar a capacidad plena tardarán varios días, ya que al existir consumo, sólo una parte de la energía que producen será almacenada. De esta forma se completa un **ciclo autónomo** de la batería (la demanda energética se satisface únicamente con la capacidad útil de la batería).

Régimen de descarga.- El régimen de descarga de un acumulador estacionario de aplicación solar es mucho más lento que el de otros tipos (de arranque o de tracción). Por ello, la capacidad de la batería viene referida a una descarga de 100 horas, que es aproximadamente el período mínimo de autonomía exigible. Los acumuladores de que dispone SOLENERSA han sido diseñados para obtener la máxima capacidad en esta descarga, con la cantidad de electrolito adecuada para alcanzar una densidad final que garantice un comportamiento óptimo (fig. 1).

Profundidad de descarga.- Se refiere a la intensidad con que se produce la descarga en un ciclo determinado de trabajo. Generalmente una batería en una instalación fotovoltaica descarga cada día entre un 10% y un 30% de la energía almacenada. La profundidad máxima de descarga admisible no debe ser superior a un 80% de la capacidad nominal de la batería.

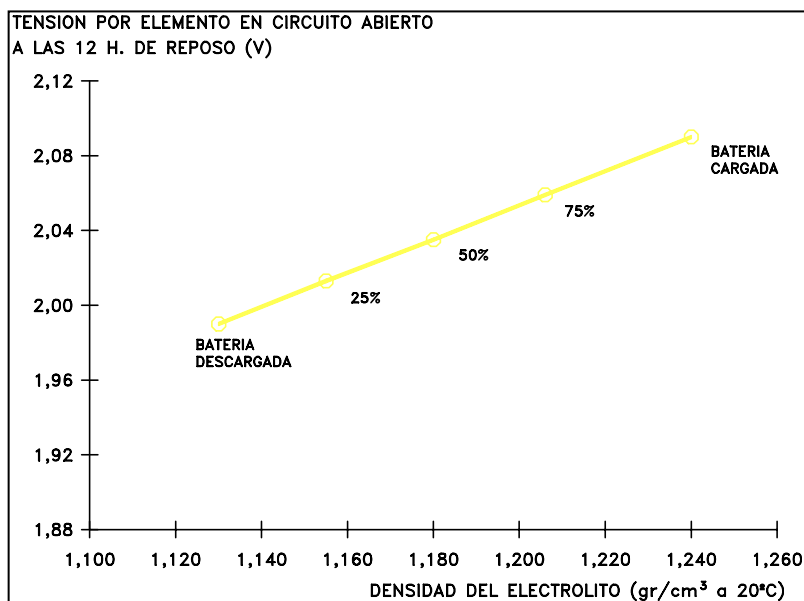


Fig. 3: Tensión y densidad del electrolito en circuito abierto, para diferentes estados de carga.

Trabajo en baja carga.- Otra diferencia fundamental con los acumuladores empleados en otras aplicaciones es que éstos no trabajan en baja carga; sin embargo, el acumulador estacionario de uso solar puede soportar un régimen de trabajo de tres meses sucesivos con el 30% de su capacidad, y luego recuperarse totalmente una vez cargado.

ESTADO DE CARGA. VOLTAJE

La **tensión nominal** de cada elemento de un acumulador solar es de **2V**, sin embargo, la tensión real depende del estado de carga en que se encuentre. El voltaje disminuye a medida que la batería se descarga, y aumenta cuando se está cargando, hasta llegar a un máximo. Se considera que el acumulador está totalmente cargado cuando la tensión en vacío en bornes por elemento es de **2,05 a 2,15V**.

La medida del voltaje en los bornes de la batería indica su estado de carga; pero como dicha medida, en la práctica, es difícil de obtener, se recurre a medir la **densidad relativa del electrolito**. El valor de ésta es de 1,250 gr/cm³ en el caso de que la batería esté plenamente cargada, y de 1,05 gr/cm³ si está totalmente descargada (en condiciones de temperatura de 20°C, con otras temperaturas hay que consultar la tabla de corrección por temperaturas - Fig. 3).

Antes de llegar a carga cero, se alcanza un **voltaje crítico inferior**, por debajo del cual la batería sufre daños irreversibles si se continúa la descarga.

NOTA: la tensión nominal de una batería será la resultante de multiplicar la tensión nominal de un elemento (2V) por el número de elementos conectados en serie.

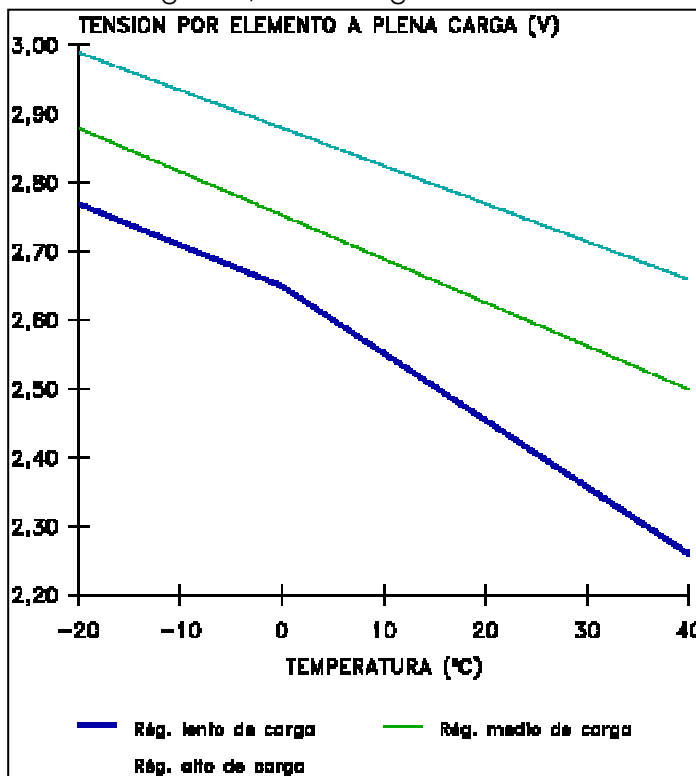


Fig. 4: Valor estabilizado de tensión, según el régimen de carga, en función de la temperatura del electrolito.

CAPACIDAD

La capacidad de un acumulador es la cantidad de energía eléctrica que es capaz de suministrar en unas determinadas condiciones, estando totalmente cargado. Se expresa en **amperios-hora** y el número que la indica resulta del producto de la intensidad de descarga (en amperios) por la duración de la descarga (horas).

La capacidad varía según el régimen de descarga: aumenta a medida que la descarga es más lenta, y disminuye cuando ésta es más rápida (Fig. 5). En las tablas 1 y 2 se presenta la gama de acumuladores disponibles en SOLENERSA, en las que se indican las capacidades en función del régimen de descarga (desde 10h hasta 120h), y referidas a una temperatura del electrolito de **20°C**. Un incremento de temperatura supone un aumento de capacidad, y viceversa. (Fig. 6).

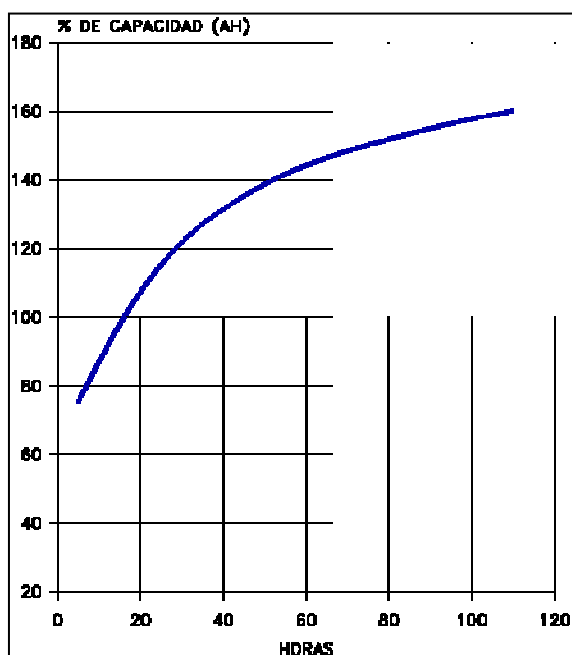


Fig. 5: Capacidad en función del régimen de descarga.

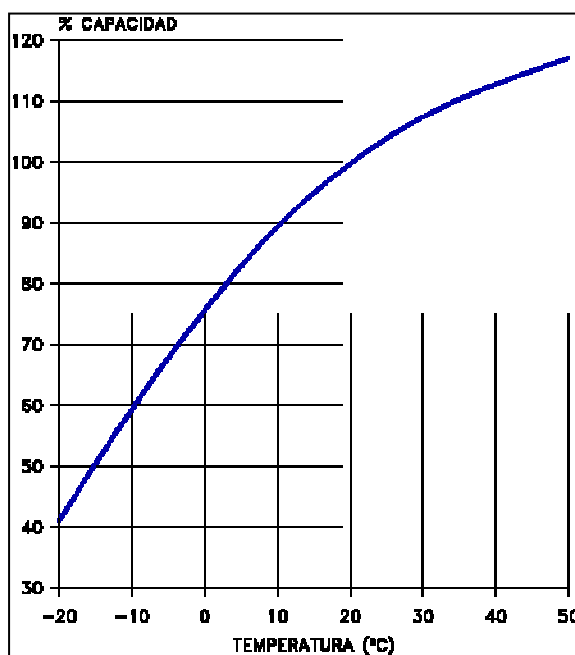


Fig. 6: Capacidad en función de la temperatura para descargas de 100 horas.

VIDA ÚTIL

La vida de servicio de una batería no se mide en años, sino por la cantidad de **ciclos de carga-descarga** que es capaz de realizar. Así, si se la somete a un régimen de trabajo de muchos ciclos diarios, probablemente sólo durará unos meses, mientras que si el régimen es de un ciclo al día o incluso más lento (como ocurre en el caso de iluminación de viviendas con energía solar), la batería puede durar al menos **10 años**.

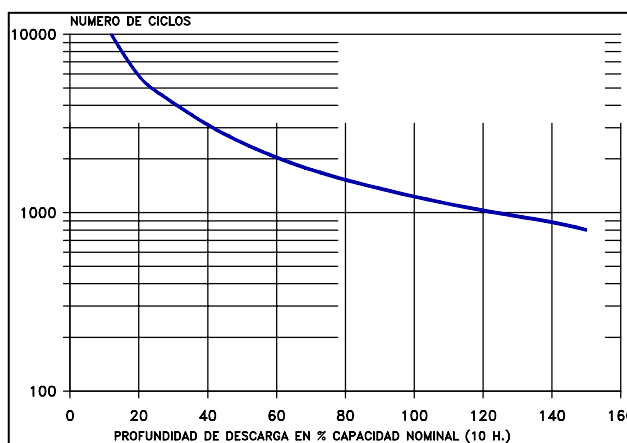


Fig. 7: Número de ciclos de vida en función de la profundidad de descarga.

Además de los ciclos de carga-descarga, también hay que considerar la **profundidad de descarga** media que se produce en cada uno de ellos. Si dicha descarga es moderada, y sólo de vez en cuando se alcanza una profundidad elevada, el número de ciclos que soportará la batería será elevado. A medida que la sometamos a descargas más profundas, el número de ciclos que podrá realizar, y por tanto su vida útil, irá disminuyendo. En cualquier caso, la profundidad de descarga máxima admisible para el acumulador de Pb-ácido es del 80%.

Con un régimen de descarga diaria del 25% de su capacidad, y un 80% de descarga 2 veces al año (condiciones que normalmente se dan en una instalación fotovoltaica), la batería solar puede alcanzar una vida útil de más de 11 años.

Otro factor que también puede influir en la vida útil de la batería es la **temperatura**. Si es demasiado alta, la reacción química que tiene lugar en el acumulador se acelera demasiado y la vida se acorta. Si la temperatura es baja, la vida se prolonga, pero si baja demasiado puede correrse el riesgo de congelación. En este caso, lo mejor es mantener la batería con un nivel de carga alto, ya que cuanto mayor sea la concentración del electrolito el punto de congelación será más bajo (Fig. 8).

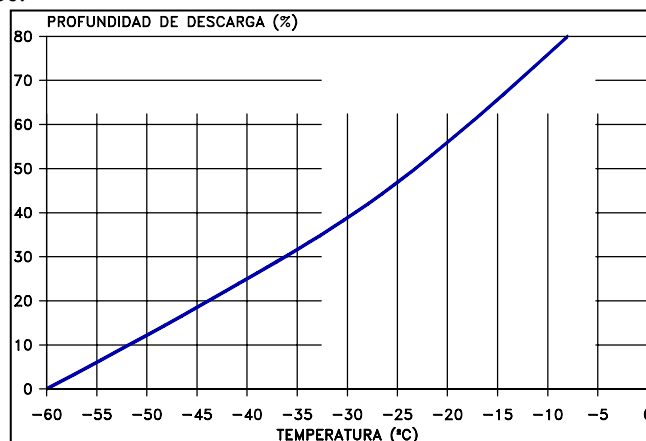


Fig. 8: Punto de congelación en función de la profundidad de descarga.

AUTODESCARGA

Consiste en la pérdida de capacidad de una batería causada por fenómenos electroquímicos internos que tiene lugar en condiciones de circuito abierto, es decir, cuando no hay carga alguna conectada al circuito de la batería. Esta circunstancia se da mínimamente en aplicaciones fotovoltaicas.

La autodescarga hay que considerarla como un consumo adicional, que demanda un cierto porcentaje de energía almacenada. Su valor es aproximadamente de un 0,5% a un 1% diario.

En la figura 9 se representa gráficamente el valor de la capacidad en función de la autodescarga, en condiciones estándar a 20°C. La figura 10 muestra comparativamente el valor de la capacidad utilizable del acumulador de Pb-ácido, en las peores condiciones del año.

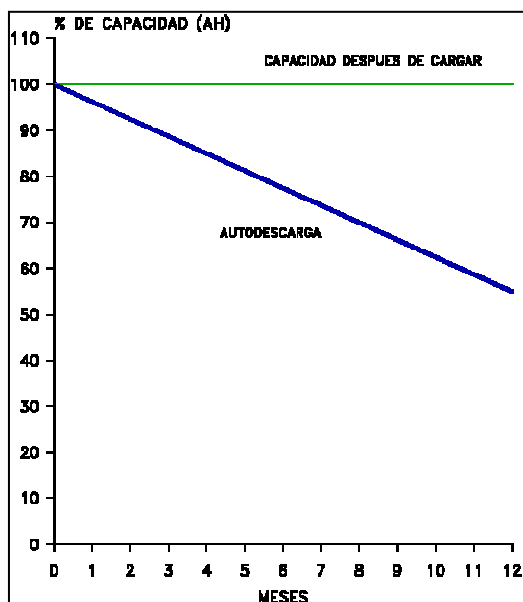
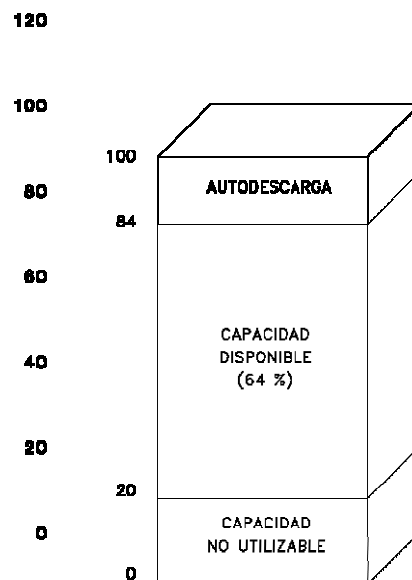


Fig. 9: Capacidad del acumulador en función de la autodescarga.

Fig. 10: Capacidad utilizable en las condiciones más desfavorables del año.



ESTRUCTURA DE LOS ELEMENTOS DEL ACUMULADOR

El acumulador estacionario de plomo-ácido se compone de una serie de elementos o vasos iguales, conectados en serie. Cada uno de estos elementos dispone de dos electrodos: uno positivo y otro negativo. La cantidad de corriente que puede transmitir depende del área de la superficie de sus electrodos.

Para que los electrodos de un vaso de Pb-ácido tengan un área efectiva amplia, de forma que puedan producir grandes corrientes, cada elemento del electrodo se compone de una serie de **placas**. Como los electrodos están compuestos de plomo, son demasiado suaves para mantenerse rígidos. En consecuencia, las placas llevan unas rejillas con orificios, los cuales sirven para sostener la materia activa de los electrodos.

- **Placas positivas.**- El electrodo positivo de cada vaso está compuesto por varias placas tubulares rellenas de peróxido de plomo, en las que el material activo está rodeado por tubos adyacentes de textil resistentes al ácido y de gran rigidez mecánica. De esta forma se consigue que la materia activa no pueda perderse.
- **Placas negativas.**- El material activo de los electrodos negativos es plomo esponjoso, de color gris pizarra (donde penetra libremente el electrolito), y está encajado en una rejilla de plomo endurecido.

Además, las placas del electrodo negativo y positivo están entrelazadas, de manera que estén lo suficientemente próximas para que la batería funcione con eficiencia.

- **Separador microporoso.**- Para evitar que entren en contacto las placas positivas y negativas, se intercala entre ambas un separador, fabricado en caucho microporoso, de baja resistencia eléctrica y alta resistencia mecánica.
- **Poste conectador.**- El grupo de placas para cada electrodo está conectado por medio de un puente de plomo, unido a un poste conectador (uno por cada electrodo). Este poste es de plomo y de elevada sección, lo que hace que presente una resistencia despreciable (que evita caídas de tensión aún a elevadas intensidades).
- **Electrolito.**- Es el líquido contenido en el vaso y que baña las placas que contienen la materia activa. Está constituido por una solución de ácido sulfúrico de gran pureza, en agua destilada. Su densidad correcta, con el acumulador totalmente cargado, debe ser = **1,24 ± 0,01 a 20°C**.
- **Recipiente plástico transparente.**- Los grupos de placas entrelazados están situados dentro de un recipiente moldeado o vaso, fabricado en propileno; es transparente, lo que permite una fácil verificación del estado del acumulador. Posee gran robustez, excelente aislamiento y es resistente al ácido sulfúrico. En la parte inferior lleva unos apoyos para las placas, que forman un depósito para la materia activa que se desprende de las placas.
- **Tapa.**- Cada vaso se cierra con una tapa, a la que va unido mediante una masilla de cierre. Para asegurar la estanqueidad del conjunto, a la salida del poste conectador se colocan unos casquillos de caucho especial, que poseen además la elasticidad suficiente para permitir posibles dilataciones.
- **Tapones intercambiadores de gases.**- Este acumulador dispone de un tapón de cierre con catalizador que recombina el hidrógeno y el oxígeno (gas explosivo) a agua. Estos gases son el resultado de la electrólisis del agua durante la carga de la batería, a partir de un voltaje del elemento de aproximadamente 2,4V. El volumen resultante del gas es proporcional a la corriente de carga.

El agua obtenida de la reacción química retorna a los elementos de la batería, con lo cual hay una compensación por la pérdida de agua.

En acumuladores sometidos a un régimen cíclico normal, es decir para una carga y descarga brusca una vez al día, el sistema de tapones recombinadores tiene una eficiencia del 85 al 90%. Esto prolonga los intervalos de mantenimiento de 5 a 10 veces. Cuando la batería se mantiene en estado de carga en flotación, la eficiencia puede llegar hasta el 96%, dependiendo de la intensidad de corriente de gaseado.

- **Conectores enchufables.-** Gracias a estos conectores no se requiere ninguna herramienta especial para ensamblar los elementos de la batería. Van totalmente aislados, como protección contra posibles choques eléctricos. De esta forma también se asegura que no pueda penetrar ácido dentro del área de contacto. No obstante, estas baterías también pueden ensamblarse mediante conectores atornillados.

TABLA 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TIPO DESIGNACIÓN	LARGO L (mm)	ANCHO A (mm)	ALTURA TOTAL INCLUYENDO TAPÓN H (mm)	SISTEMA RE-COMBINADOR CORRIENTE NOMINAL	PESO (Kg)	
					SIN ÁCIDO +/- 5%	PESO ESPECÍFICO ELECTR. 1,24 KG/L
6V 3 OPzS Solar 150*	226	221	405	3 x 5 A	26,8	11,2
4 OPzS Solar 200	105	208	425	5 A	13,1	4/9
5 OPzS Solar 250	126	208	425	5 A	15,9	6,1
6 OPzS Solar 300	147	208	435	10 A	18,5	7,2
5 OPzS Solar 350	126	208	550	10 A	20,7	7/9
6 OPzS Solar 420	147	208	550	10 A	24,5	9/4
7 OPzS Solar 490	168	208	550	10 A	28,5	10/9
6 OPzS Solar 600	147	208	791	15 A	36,9	12,9
8 OPzS Solar 800	212	193	791	15 A	48,1	16,9
10 OPzS Solar 1000	212	235	791	15 A	58,9	21,1
12 OPzS Solar 1200	212	277	791	15 A	67,8	25,2
12 OPzS Solar 1500	212	277	941	15 A	80,8	34,2
16 OPzS Solar 2000	212	397	920	2 x 15 A	107/7	58
20 OPzS Solar 2500	212	487	920	3 x 15 A	134,7	68
24 OPzS Solar 3000	212	576	920	3 x 15 A	161,6	76

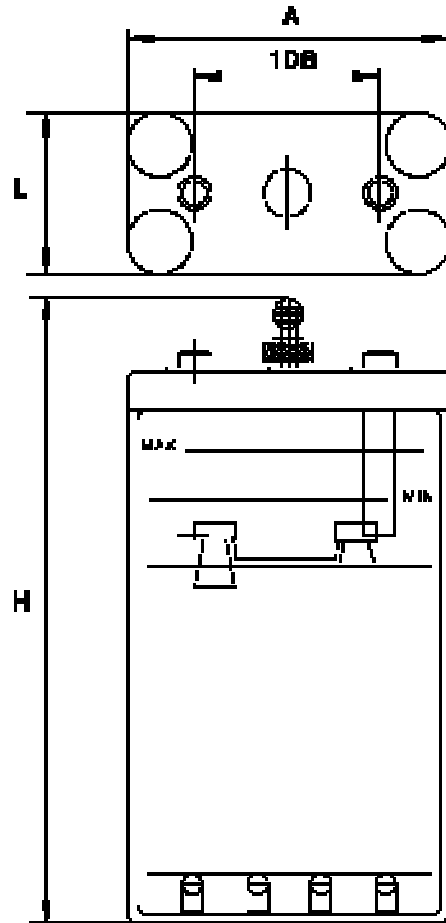


TABLA 2: CAPACIDAD EN AH SEGÚN EL TIEMPO DE DESCARGA

TIPO DE ELEMENTO	CAPACIDAD EN AH SEGÚN EL TIEMPO DE DESCARGA INDICADO					
	10 h	24 h	48 h	72 h	100 h	120 h
6V 3 OPzS Solar 150	150	176	198	210	218	223
4 OPzS Solar 200	200	235	264	280	290	298
5 OPzS Solar 250	250	294	330	350	363	372
6 OPzS Solar 300	300	353	396	420	436	446
5 OPzS Solar 350	350	420	473	504	525	540
6 OPzS Solar 420	420	504	567	605	630	648
7 OPzS Solar 490	490	588	662	706	735	756
6 OPzS Solar 600	600	713	797	850	900	936
8 OPzS Solar 800	800	950	1063	1133	1200	1248
10 OPzS Solar 1000	1000	1188	1329	1416	1500	1560
12 OPzS Solar 1200	1200	1426	1595	1699	1800	1872
12 OPzS Solar 1500	1500	1872	2038	2131	2232	2304
16 OPzS Solar 2000	2000	2377	2658	2832	3000	3120
20 OPzS Solar 2500	2600	3120	3396	3552	3720	3840
24 OPzS Solar 3000	3120	3744	4075	4262	4464	4608

NOTA: Voltaje de descarga final: 1,8 V/elemento.

REGÍMENES DE TRABAJO DE LAS BATERÍAS

FLOTACIÓN: como ya hemos visto, todas las baterías sufren una autodescarga, por tanto, necesitan una pequeña corriente de mantenimiento para conservarlas completamente cargadas incluso cuando no están en operación. En la práctica, esta corriente es suministrada por la fuente si el voltaje de alimentación es 0,2V superior al voltaje de circuito abierto del elemento acumulador. En definitiva, necesitaríamos una tensión de flotación de 2,34V para mantenerla completamente cargada.

DESCARGA: es el proceso químico durante el cual la batería entrega su energía química al circuito exterior en forma de energía eléctrica. Los acumuladores de Pb-ácido tienen la ventaja de realizar la descarga manteniendo un nivel relativamente estable de la tensión.

CARGA: es el proceso inverso a la descarga, produciéndose la conversión de energía eléctrica en energía potencial química por el paso de una corriente directa. El proceso de carga de una batería tiene lugar siempre que se le aplica una tensión superior a la suya propia.

IGUALACIÓN: la carga de igualación suele emplearse cuando hay diferencias de voltaje y de densidad entre los elementos durante la operación. Se realiza mediante una sobrecarga controlada de las baterías.