

# Boletín 30

## PANELES SOLARES BATERIAS SOLARES

Boletín técnico N°30  
PARTE 1  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## PANELES SOLARES. BATERÍAS SOLARES

### PARTE 1

Por:

**Ing. Gregor Rojas**  
GERENTE NACIONAL  
MERCADERO Y VENTAS  
División materiales eléctricos

#### 1. Generalidades.

Los paneles solares o placas fotovoltaicas generan electricidad en las horas donde la luz solar es más intensa, no obstante, cuando nos encontramos en horas cuando el sol se está poniendo, saliendo o durante la noche, la generación de energía de los paneles solares es nula.

Para almacenar la energía y utilizarla en las horas de poca generación solar las instalaciones solares fotovoltaicas emplean bancos de baterías o también llamados acumuladores para contrarrestar los periodos de poca o nada producción de energía a través del sol.

Se entra en un ciclo de carga y descarga de la batería, en función de las horas del día, las baterías se cargan con la energía procedente de los paneles fotovoltaicos, por eso se dice que son baterías reversibles (carga y descarga).

#### 2. Baterías para paneles solares fotovoltaicos.

Las baterías son el integrante del sistema solar más costoso y delicado a la hora de dimensionar una instalación fotovoltaica. En la figura 1 se puede apreciar el esquema de una instalación solar con baterías.

Cabe destacar que cuando hablamos de baterías nos referimos no solo a una como componente, sino al conjunto que forman el banco de baterías según el requerimiento de autonomía que se necesite. Las funciones principales de estas

baterías que conforman la instalación fotovoltaica son:

- Atender suministros de consumo elevado y de corta duración o de falta de voltaje. Nivelación de picos. Una batería o banco de baterías puede suministrar una corriente mayor a la que el panel solar puede generar instantáneamente
- Suministrar energía en días de poca o ninguna luz solar. Acumular energía en horas que tengan bajo consumo y dispensarla en horas pico cuando es mayor la demanda de energía.

Garantizar conjuntamente con el regulador de carga solar la estabilidad de operación de todo el sistema solar.



Figura 1 Instalación solar

Es importante aclarar que el tipo de baterías que se emplean en sistemas de energía solar son muy distintas a las que utilizamos para el encendido de vehículos. Las baterías para instalaciones solares poseen características muy diferentes y las vamos a conocer en la medida que avancemos en este boletín técnico.

Hay que destacar que para que las baterías en las instalaciones solares tengan un mayor tiempo de vida y evitar su sobrecarga se emplean los reguladores de carga solar en estas instalaciones. Para conocer sobre estos equipos te recomiendo que consultes el boletín técnico 16 donde partimos de conocimientos básicos y operación hasta el

boletín técnico 17 do abarcamos su cálculo y selección.

### **3. Funcionamiento de una batería solar.**

Las baterías solares son dispositivos que permiten almacenar energía producida de paneles solares en presencia de luz solar con el fin de que puedas usarla en los momentos en los que no lo hay, como la noche o los días nublados.

Las baterías son dispositivos electroquímicos que utilizan energía química para almacenar o liberar electricidad. En las baterías convencionales, los reactivos se introducen durante la fabricación de la batería. Cuando las baterías se agotan, el voltaje debe debilitarse y la batería debe reemplazarse.

Las baterías solares se utilizan para poder almacenar la energía eléctrica generada por las placas solares fotovoltaicas en las horas de mayor radiación solar. De este modo, más tarde se puede utilizar durante la noche o en días nublados.

El uso de baterías también permite proveer una intensidad de corriente superior que la que puede ofrecer un panel fotovoltaico en funcionamiento. Este sería el caso si se utilizaran varios aparatos eléctricos en un mismo instante.

A medida que la batería se va descargando, la composición del plomo de las placas es más parecida. En este momento, disminuye la densidad del ácido y el voltaje entre los bornes disminuye.

La capacidad de someterse a un proceso de carga y descarga constante se conoce como resistencia a los ciclos de una batería.

Resumiendo una batería está formada por uno o dos electrolitos en cuyo interior se introducen dos placas de metales diferentes llamados electrodos. Para fotovoltaica el electrolito suele ser una

disolución de ácido sulfúrico y los electrodos de plomo, por eso se suelen llamar de plomo ácido.

### **3.1 Carga de la Batería.**

Si unimos estos 2 electrodos a una fuente de energía, por ejemplo los paneles solares, entonces mediante un proceso químico en el electrolito se almacena energía eléctrica.

La energía química de su interior hace que entre los dos electrodos se produzca una diferencia de potencial o voltaje que va aumentando poco a poco. Cuando llega a 2V de voltaje entre los electrodos la batería se carga completamente.

la carga de una batería solar tiene cuatro etapas:

#### **3.1.1 Etapa Bulk.**

En esta primera etapa se suministra corriente a la batería a intensidad máxima así el voltaje aumenta rápidamente hasta llegar alcanzar los 12,6 V luego poco a poco hasta el primer límite de voltaje.

Una vez alcanzado este límite la batería está cargada entre un 80-90%, a partir de este punto la absorción de corriente de carga se reduce rápidamente, estamos ahora a un potencial de 14,4-14,8 V según la batería.

Tenga presente que en esta etapa el regulador de carga que se coloca entre el panel y las baterías no juega ningún papel, debido a que la corriente es suministrada a intensidad máxima, pero sin él la fase Bulk sería permanente y la corriente proveniente de los paneles solares podría dañar las baterías por una sobrecarga.

#### **3.1.2 Etapa Absorción.**

En esta etapa la corriente de carga decrece lentamente hasta que la batería se carga al 100%. En esta etapa trabajamos al voltaje alcanzado al final de la etapa Bulk que se denomina límite de absorción.

La finalidad de esta etapa es recuperar el electrolito, que puede haberse visto afectado en procesos de descarga profunda, por tal motivo, en baterías que estuvieron expuestas a una descarga profunda prolongada, la fase de absorción será más prolongada para garantizar la recuperación del electrolito por completo.

### 3.1.3 Etapa Flotación

En esta etapa la batería ya está cargada al 100% y lo que se hace es proporcionar la corriente mínima necesaria para evitar la autodescarga, de forma que continúe al 100%.

Para baterías líquidas se recomienda proporcionar voltajes entre 12,9 - 14 V, no es recomendable dejar largos periodos de inutilidad de la batería. No obstante, baterías de gel pueden ser dejadas en fase de flotación durante prolongados periodos sin problemas.

### 3.1.4 Etapa Ecuilización

Tiene como fin el ascenso del gas dentro del electrolito haciendo que la disolución llegue a ser homogénea. De esta forma evitamos que en la parte inferior no haya una densidad mayor que pueda provocar la sulfatación de las placas.

Tras esta etapa conseguimos que todas las celdas tengan el mismo voltaje. El regulador solar puede realizar esta etapa cada cierto periodo de tiempo, si se pretende hacer a mano conviene llevarla a cabo si se detecta disparidad de valores en la densidad del electrolito.

### 3.2 Descarga de la Batería

Cuando conectamos una carga en los bornes de una batería esta comienza a descargarse, entre los bornes aparece una diferencia de potencial que hace que circule una corriente por la carga, con el tiempo las celdas de la batería se descargan, va disminuyendo la diferencia de potencial entre los bornes. Cuando este voltaje llega a indicar 0V, las celdas de la batería se han descargado por completo.

Si las celdas son reversibles, cuando se descarga se puede volver a cargar de nuevo conectando los dos bornes de la misma a una fuente de voltaje externa o cargador.

Recuerde que cuando se unen varias celdas electrolíticas en serie obtenemos una batería. Cada celda produce un voltaje alrededor de 2V. Al unir las en serie se sumarán los voltajes de cada celda. Para tener una batería de 12V basta con unir 6 celdas en serie. De hecho se llama batería porque las celdas se colocan en batería una detrás de otra.

En la batería el electrodo inicial positivo se llama cátodo y el electrodo final de la unión y negativo se llama ánodo en la figura 2 se puede observar cómo está conformada una batería a través de la unión de varias celdas.

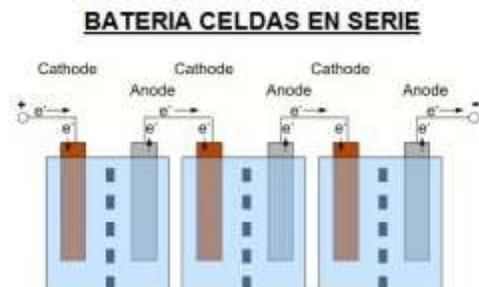


Figura 2. Batería formada a través de celdas

Estos procesos de carga y descarga son los que hacemos con una batería de una instalación fotovoltaica, por eso las baterías para los paneles solares deben ser baterías recargables. A continuación abordaremos lo relacionado a los parámetros de una batería para un sistema solar cálculos y selección.

## 4. Parámetros de una Batería

### 4.1 Voltaje de la batería

Para determinar cuál es el voltaje de la batería, debemos determinar el voltaje de operación de

nuestra instalación solar en corriente continua, antes de llegar al inversor.

#### 4.2 Vida útil

Entendemos como la vida útil de una batería como el número de ciclos que puede soportar la batería conservando una capacidad residual por encima del 80% de su capacidad nominal. La vida útil de una batería en instalaciones fotovoltaicas se mide en números de ciclos de carga/descarga.

Por lo anterior, si sometemos nuestra batería a un régimen de trabajo de muchos ciclos diarios, su vida útil se reducirá, si por el contrario, el régimen de trabajo es de pocos ciclos diarios, la vida útil se alargará.

Ilustremos un ejemplo de uso para entender la vida útil de una batería, supongamos que tenemos una batería de uso diario y queremos una autonomía de 5 días, es decir, que se descargue en 5 días.

Tenemos 1 ciclo = 5 días  
5 días x 24 horas = 120 horas

De lo anterior, la batería se descarga en 120h, por lo que tendría un ciclo de descarga de 120 horas.

Normalmente se suelen considerar ciclos de descarga de 100h en las instalaciones solares o ISFTV. Esto viene como C100 en los catálogos. En definitiva el C100 es una forma de poder comparar baterías diferentes con el mismo ciclo de descarga de 100 horas. Además se dispone de C50, C200, etc., siendo el más usual el C100.

Tenga presente que para obtener una vida útil adecuada las baterías no deben descargarse en su totalidad. A la cantidad en porcentaje que se ha descargado una batería se le denomina profundidad de descarga DOD del inglés Depth of Discharge. Cuanto menos profundos sean los ciclos de descarga mayor será la vida útil de la batería.

Ing. Gregor Rojas

Es obvio que una batería sometida a una profundidad de descarga por ciclo del 50% durará mucho más que una batería con un ciclo del 70% de profundidad de descarga.

#### 4.3 Profundidad de Descarga (DOD)

Es el porcentaje máximo del total de la carga de una batería que determinamos que se puede llegar a descargar en un ciclo completo, es decir, de carga y descarga.

Si decidimos que descargara al 70%, esto significa que cuando la descarga de la batería llegue al 70% de su total, comenzara nuevamente a cargarse por completo, otra interpretación sería, nunca podrá descargarse más allá del 70%.

Sabiendo, como luego veremos que la capacidad de una batería se expresa en Ah (amperios hora) si a un acumulador de 100Ah le sometemos a una descarga de 20Ah esto representará una profundidad de descarga del 20%.

En función de la profundidad de descarga de las baterías podemos distinguir dos posibilidades:

- **Descargas superficiales:** son descargas de aproximadamente el 20% de la capacidad nominal.
- **Descargas profundas:** son descargas del 60-80% de la capacidad nominal.

Las baterías de ciclo poco profundo, no suelen aguantar bien unas descargas mayores del 20% y se suele producir la descarga rápidamente, en poco tiempo. Suelen tener una vida de 500-1000 ciclos. De este tipo son las de arranque de los vehículos.

Las baterías para ISFTV son de ciclo profundo, es decir que aguantan que se descarguen hasta el 80% de su carga total, pero esta descarga (ciclo) dura mucho tiempo (días). Suelen tener una vida promedio de 1500 ciclos.

En instalaciones de energía solar aisladas, generalmente se colocan baterías estacionarias preparadas para descarga profunda, ya que en algunas instalaciones deben soportar el consumo durante varios días. También debemos reseñar que cuanto mayor es la profundidad de descarga DOD del inglés Depth of Discharge, menos ciclos de vida nos va a poder dar una batería, para ilustrar lo expuesto veamos la figura xx.

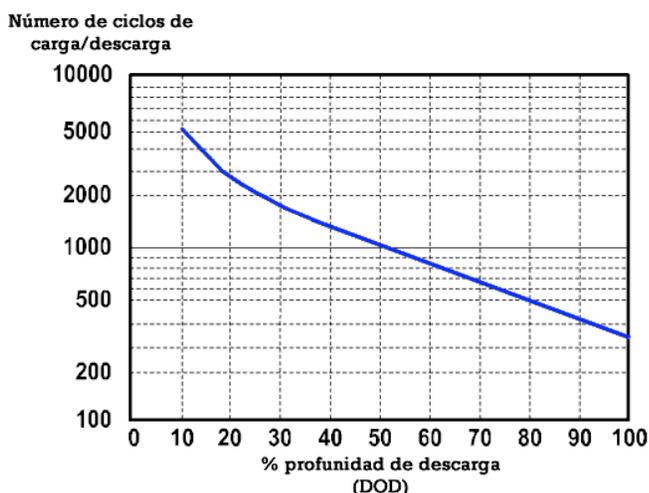


Figura 3. Ciclo de descarga

Si la DOD de una batería no sobrepasa el 15% puede llegar a durar unos 4.000 ciclos. A menos DOD más ciclo aguanta la batería, este es el valor más recomendado a usar. Obviamente este valor aumentara muy significativamente el precio de la batería esto debido a que si solo el 20% de la batería ya tiene que proporcionarnos el 100% del consumo real de la instalación, la capacidad de la batería será muy grande. Lo normal es poner una profundidad de descarga entre el 50% y el 70%.

Tenga presente que cuando el inversor solar esta conectado a la batería, como es el caso de las instalaciones aisladas, es el inversor y no el regulador, el encargado de que la batería no baje del valor DOD establecido.

#### 4.4 Capacidad de la Batería

La capacidad de una batería es la cantidad total de corriente que es capaz de suministrar la misma en

un determinado tiempo y a un voltaje determinado cuando está cargada al 100%.

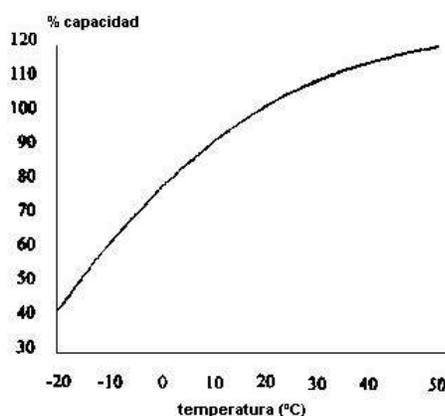
La cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga y la que puede dar en la descarga es la misma y eso es la capacidad de la batería. La unidad es el Amperio hora (Ah). En los sistemas solares normalmente se suministran las capacidades de las baterías para 100 horas de descarga o C100.

En la practica, una batería de 12 voltios y 280Ah suministra 28 amperios en 10 horas o su equivalente de 2,8 amperios en 100 horas, según la necesidad.

La capacidad = Amperios necesarios a suministrar x tiempo de descarga en Hora =  $I \times t$

#### 4.5 Efectos de la temperatura en las baterías.

Cuando aumenta la temperatura se incrementa la capacidad de la batería, no obstante, a costa de una disminución de la vida útil de la misma, por eso el fabricante las especifican para 25°C. En la figura 4 se puede observar con el incremento de la temperatura afecta la capacidad de la batería.



Variación de la capacidad según la temperatura

Figura 4. Efectos de la temperatura en las baterías

Es importante tener presente que las baterías en el ciclo de carga y descarga se calientan, por tal motivo, es recomendable colocarlas en lugares

con buena ventilación. Idealmente mantenerlas a unos 25°C. Adicionalmente, por ser dispositivos fabricados con metales y/o componentes ácidos es necesario ubicarlas en lugares ventilados para asegurar no se formen atmósferas peligrosas.

La instalación de salas de baterías debe hacerse con precaución debido a que en función de los modelos utilizados, pueden generarse atmósferas explosivas por lo que será necesario adecuar las instalaciones eléctricas y de ventilación a estas circunstancias especiales.

#### **4.6 Eficiencia de carga**

La eficiencia de carga es la relación entre la energía utilizada para cargar la batería y la realmente almacenada. Por lo tanto cuanto más cercano al 100% mejor.

#### **4.7 Autodescarga**

La autodescarga se define como la pérdida de capacidad de una batería cuando almacenada en circuito abierto o sin usar se descarga por la reacción entre los materiales que la forman. La autodescarga es un proceso de un acumulador por el cual sin estar en uso tiende a descargarse.

La autodescarga hay que considerarla como un consumo adicional, que demanda un cierto porcentaje de energía almacenada. Depende del tipo de batería y muy directamente de la temperatura, aumentando con esta. Su valor es aproximadamente de un 0,5 a un 1% diario en baterías de Pb-ácido.

### **5. Tipos de baterías.**

Las baterías se clasifican según el tipo de tecnología de fabricación así como de los electrolitos empleados en su construcción. Una primera clasificación es:

- Abiertas
- Cerradas

No obstante, la distinción más importante es si son monoblock o estacionarias que veremos mas adelante.

Según el acceso al electrolito tenemos:

#### **5.1 Baterías abiertas.**

Estas poseen una tapa con tapones que permite abrir los vasos de la batería para poder rellenar el electrolito faltante para su correcta operación. Este tipo de baterías exige mantenimiento para vigilar el nivel líquido del electrolito.

#### **5.2 Baterías cerradas o selladas.**

Estas están dotadas de una serie de válvulas que liberan los gases producidos en el caso de una carga excesiva denominada válvula de seguridad VRLA. Tienen un menor mantenimiento.

Según el estado del electrolito:

#### **5.3 De plomo ácido abiertas**

Poseen su electrolito líquido, normalmente ácido sulfúrico y los electrodos son de plomo. Son abiertas y las más económicas, pero deben de utilizarse en ciclos de descarga poco profundos. Generalmente duran cerca de 400 ciclos de carga y descarga con profundidades de descarga del 20% y con esperanzas de vida útil que van de 2 a 3 años para las más económicas.

Necesitan mantenimiento cada poco tiempo (recargar cada cierto tiempo el líquido con agua destilada). Aplicaciones fotovoltaicas de consumos medios-bajos y discontinuos.

#### **5.4 Baterías de GEL**

Son baterías cerradas con el electrolito gelatinoso anti salpicaduras, no emite gases tóxicos, no requieren ventilación ni mantenimiento. Son más caras que las de plomo ácido abiertas.

Presentan la mayor vida útil y con mayor número de ciclos de carga y descarga. Selladas y sin mantenimiento. Mejor respuesta de voltaje frente a

la descarga. Se utilizan para aplicaciones de consumos medios y altos. Actualmente son las más utilizadas.

### 5.5 Baterías AGM o secas

Son baterías que en lugar de tener el electrolito líquido lo tienen absorbido en unos separadores de fibra de vidrio. El líquido va absorbido en el interior de una especie de gasas de fibra de vidrio. Por esto motivo también se les llama baterías secas.

Esta tecnología se llama Absorción Glass Mat (AGM). Son baterías cerradas, no necesitan ventilación y sin mantenimiento, Hasta 7000 ciclos para las mejores marcas. Mejor respuesta a corrientes elevadas y descargas profundas. Ideales para instalaciones solares de consumos medios y para vehículos eléctricos. Su vida útil se acerca a los 5 años, en la figura 5 se observa una batería AGM donde se ven los separadores de fibra de vidrio.



El electrolito va absorbido en esos separadores de fibra de vidrio

Figura 5. Baterías AGM

Las baterías AGM y las de GEL pueden trabajar horizontal y verticalmente. no obstante, las baterías de plomo líquido solo lo hacen horizontal.

Según la forma de presentación de la batería tenemos:

- Monobloques
- Estacionarias.

### 5.6 Baterías monobloque o monoblock

Ing. Gregor Rojas

Estas baterías en su interior contienen varias celdas o vasos conectados en serie y un electrolito común a todos ellos. Todo va recubierto por un conjunto exterior de un solo bloque con la tapa, tapones y bornes. Si se estropea una celda hay que cambiar toda la batería, debido a que los vasos o celdas no son independientes. Pueden ser cerradas o abiertas.

Este tipo de baterías se suelen utilizar en sistemas de energía solar fotovoltaica pequeñas, con bajos consumos como videovigilancia, bombillas, etc. Si hay algún motor en la instalación que se alimenta no es recomendable este tipo de baterías.

Las monoblock podemos a su vez clasificar en función de cómo es su líquido: de plomo ácido, de Gel o de AGM.

Otra batería que está reemplazando a todas las demás, son las baterías monoblock de Litio, ocupan poco espacio, pesan poco, no emiten gases, tienen tiempos de carga más rápidos y se pueden descargar al 90%.

La desventaja que actualmente tiene este tipo de baterías es su elevado costo. No obstante, Tesla está empezando a ofrecer este tipo de baterías a muy buen precio.

Actualmente si queremos baterías para sistemas solares fotovoltaicos de uso habitual y consumos medios o altos se utilizan las estacionarias.

### 5.7 Baterías estacionarias

Se componen de vasos o celdas independientes, aunque estén conectados en serie, de 2V cada uno y que se pueden sustituir de forma individual. La combinación de estos vasos nos da la batería que requerimos. Para 12V será una combinación de 6 vasos. La forma en que se presente el líquido del electrolito nos diferenciará unas de otras. Tendremos abiertas y cerradas y además de Plomo, AGM y GEL.

Las baterías estacionarias que se comercializan para los sistemas solares fotovoltaicos suelen clasificarse en 2 tipos diferentes OPzS y OPzV:

#### **5.7.1 Baterías estacionarias OPzS**

Estas baterías son abiertas de plomo ácido líquido por lo que requieren mantenimiento, normalmente cada 6 meses, dependiendo de la recomendación del fabricante. Con el fin de poder detectar visualmente el nivel del electrolito, se fabrican los bloques en material translúcido

#### **5.7.2 Baterías estacionarias OPzV**

Estas baterías son de GEL y cerradas por lo que no requieren mantenimiento. Son más caras que las anteriores.

Las baterías estacionarias tienen una alta capacidad de almacenamiento energético y permiten crear grandes bancadas de baterías de 12 ó 48V, con una capacidad de acumulación mucho mayor que cualquier batería monoblock. Gracias a su mantenimiento mínimo, son la solución perfecta para grandes instalaciones fotovoltaicas en viviendas de uso habitual o empresas. Las baterías estacionarias pueden durar 20 años incluso más o 3.000 ciclos.