

ALMACENAMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA.

BATERIAS. ELECTROQUIMICAS.



* Bibliog. Consulta: Handbook of Batteries and Fuel Cells. David Linden. 1989 McGraw Hill.

Baterias: Dispositivo en el que se desarrolla un proceso electroquímico en el cual se convierte energía bajo forma química a energía bajo forma eléctrica.

* Definiciones: Si el proceso es IRREVERSIBLE: $Q \rightarrow E$. se llama $\left. \begin{array}{l} \text{PILA} \\ \text{BAT. PRIMARIA} \end{array} \right\}$
" " " " REVERSIBLE: $Q \rightleftharpoons E$ " " $\left. \begin{array}{l} \text{BATERIA} \\ \text{BATERIAS} \end{array} \right\}$

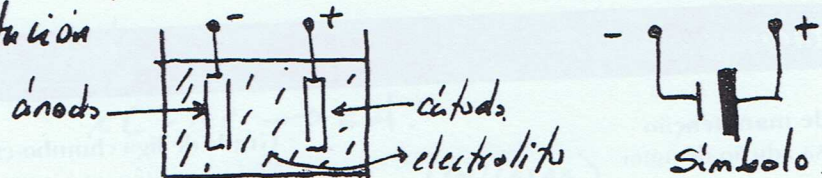
* Objetivo: Descripción básica del comportamiento eléctrico de las Baterías, con información de detalles constructivos y operativos imprescindibles.

UNIDAD BÁSICA DE CONSTRUCCIÓN \rightarrow Es la CELDA: Dos placas en un medio.

A una de las placas se le llama ÁNODO o placa ~~negativa~~ negativa.
A la otra placa " " " CÁTODO o " ~~positiva~~ positiva.
Al medio se le llama ELECTROLITO.

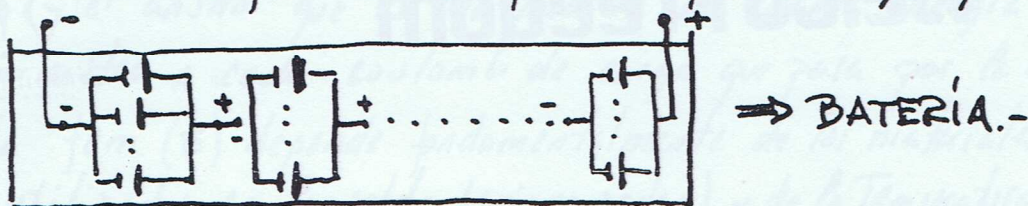
Existe una gran variedad de materiales ^{y formas} que componen las placas y el medio.
(Solo veremos los dos tipos de mayor difusión comercial).

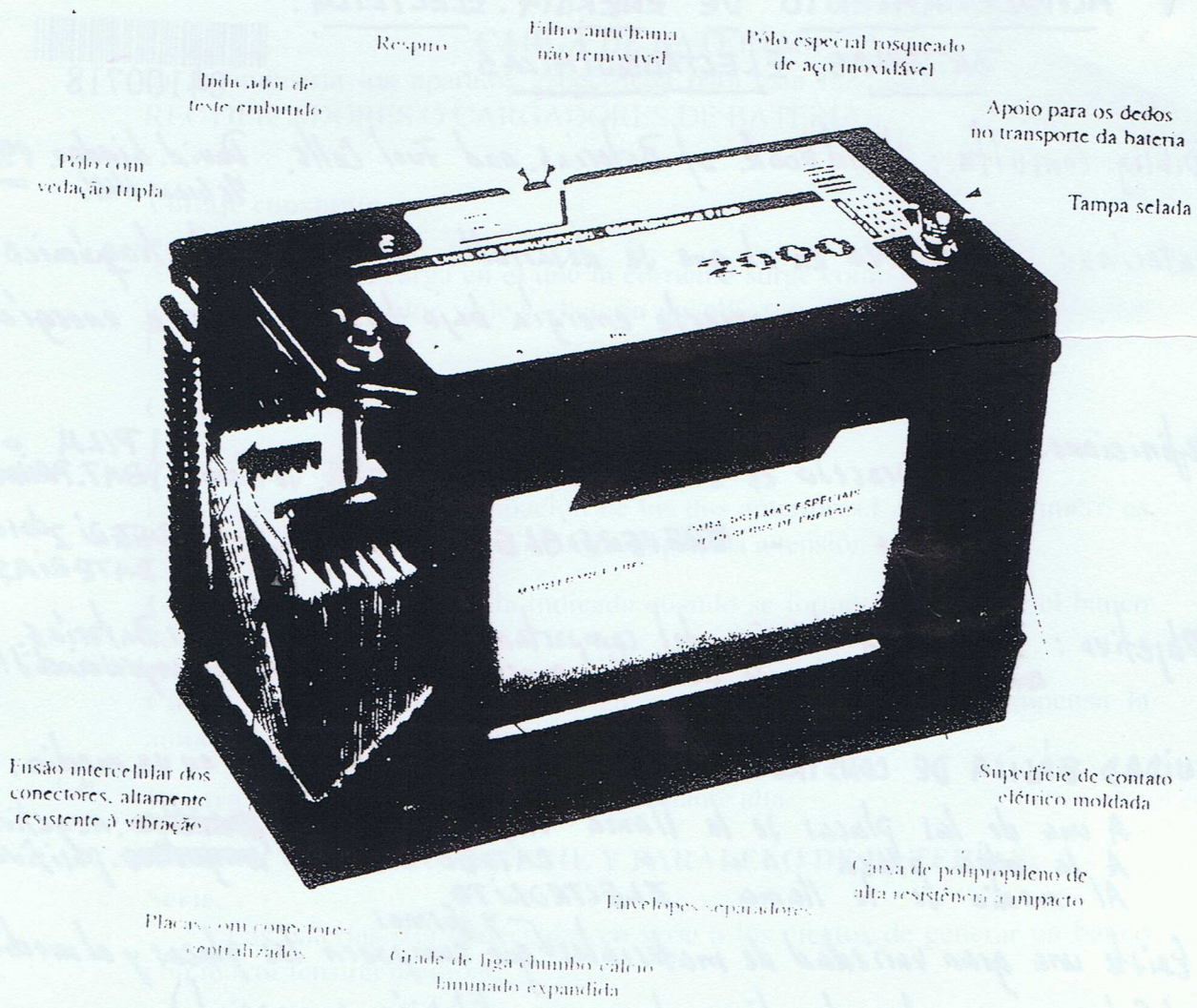
luego esquema y notación



• El nombre de las Baterías proviene o del material que constituye el electrolito (células), o del material de las placas (NiCd), o de la forma de las placas (fobulares).

• LA BATERIA se constituye conectando en un mismo recipiente (comparten el mismo electrolito) celdas básicas, idénticas, en serie y/o paralelo.





Vantagens

- **Livre de manutenção**
Dispensa adição de água
- **Sistema de tamanho compacto**
Melhor utilização de espaço
- **Mínima formação de gases**
Maior vida útil
- **Grade de liga chumbo-cálcio laminado expandida**
Maior resistência à corrosão e maior aceitação de carga
- **Maior desempenho e qualidade pelo menor custo**
- **Maior vida sob ciclagem**

Delco Freedom



- UN BANCO DE BATERIAS. lo constituye la conexión en serie y/o paralelo (no recomendable) de baterías independientes. no necesariamente idénticas.

Luego: Estudiar el funcionamiento de la Batería \leftrightarrow estudiar la celda.!

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

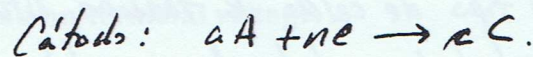
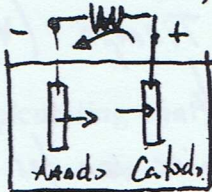
- 1) Transformación de Energía Química a Eléctrica: Proceso de DESCARGA.

La celda opera como una FUENTE DE TENSION. al cerrar el circuito se produce un flujo de electrones. del Anodo hacia el cátodo en el interior de la ~~celda~~ celda. a una tensión aprox. constante y característica del proceso

El material del ánodo (B) reacciona con el electrolito liberando electrones esto es se OXIDA. formando un material (D)

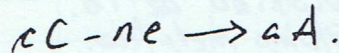
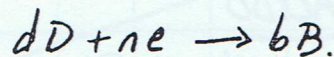
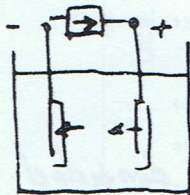
El material del cátodo (A) reacciona con el electrolito ganando electrones esto es se REDUCE. formando un material (C).

Luego

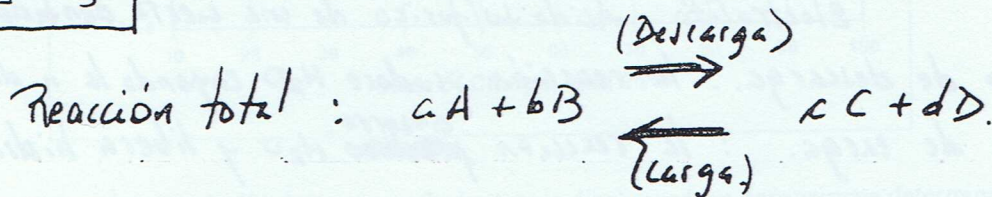


- 2) Transformación de Energía Eléctrica a Química: Proceso de Carga.

Si conecta una fuente de corriente externa se produce el efecto INVERSO.



Luego



En todo el proceso aparece una "impulsión a los electrones" cuya manifestación eléctrica externa es una fem (tensión) entre el cátodo y el ánodo que es una medida de cuanto energía se le suministra a cada coulomb de carga que pasa por la celda.

Esta fem. (E) depende fundamentalmente de los materiales utilizados en la celda (primer orden) y de la Temperatura del electrolito (segundo orden)

Ejemplo: Celdas comerciales. } Pb-ácidas. $E \approx 2V$ a $25^\circ C$. (3)
Ni-Cd. $E \approx 1,2 - 1,7V$.

Observar.

- 1) \neq celdas. Pb-Ácidas de tensiones muy diferentes a 2V
- 2) La Temperatura tiene un gran efecto en las Pb-ácidas ~~por~~ fundamentalmente las bajas ($20^\circ C$) afectando el valor de E .

Características Físicas Relevantes

- 1) Los materiales de las placas y el electrolito determinan E .
- 2) La superficie en contacto con el electrolito (material activo) es el determinante de la capacidad de almacenamiento en energía de la celda.
- 3) La densidad del electrolito determina la velocidad de reacción. (altas corrientes \Rightarrow altas densidades).

Medida de la Capacidad. (en Energía) de una celda.

Sabemos que [Energía eléctrica] = Volt. Ampere x Tiempo. (VAH).

Para dado un tipo de celda la tensión está impuesta.

Luego la unidad de medida de una celda electroquímica son los "AH"

Luego Dada una ~~batería~~ celda de "C" AH de V_0 volts de fem. debería ser capaz de dar A amper bajo V_0 volts durante C/A horas.

BATERIAS Pb-ACIDO

Materiales : Cátodo (+) Dióxido de Pb.
Anodo (-) Plomo metálico.
Electrolito Ácido sulfúrico de una cierta densidad.

Proceso de descarga. : la reacción produce H_2O cayendo la n del electrolito

Proceso de carga. : la reacción ~~produce~~ ^{absorbe} H_2O y libera hidrógeno.

Luego.

- 1) los bancos de batería. generan hidrógeno : Peligro de explosión.
- 2) la medida de la densidad del electrolito da idea del estado de carga.
- 3) En baterías abiertas el balance de H_2O es negativo debiendo reponerse
- 4) la temperatura del electrolito (menor de $5^\circ C$) es crítica para la reacción disminuyendo la velocidad de descarga.
- 5) la medida de la tensión da idea del estado de carga.

It can be seen that lead-acid batteries have a reasonably flat discharge curve until they are nearly exhausted, although they are nowhere near as good as the NiCd secondary, and silver, and mercury primary cells.

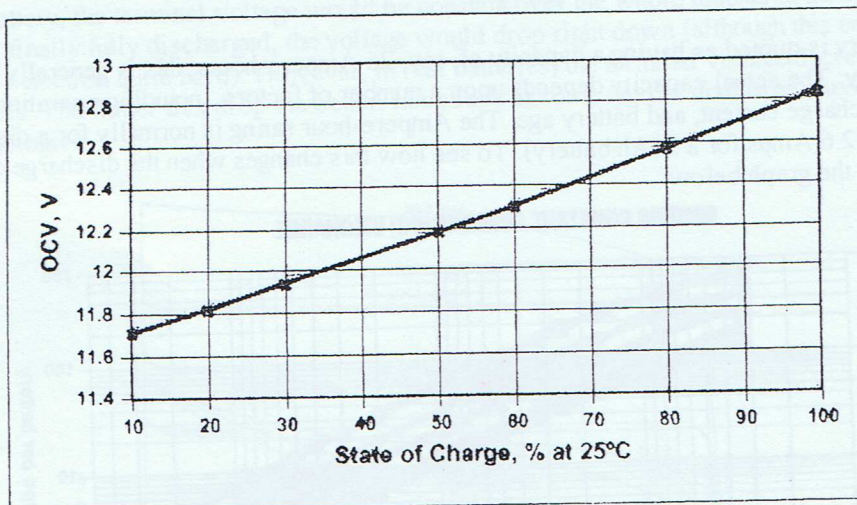
8.1. Depth of discharge

The capacity taken from the battery is termed as the depth of discharge. For example, if 80% of the nominal capacity is used from the battery then the depth of discharge is also 80%. The maximum permitted depth of discharge depends on the level of the discharge current and the temperature. To maintain a healthy lead-acid battery, it is important not to discharge the battery too much. 80% is generally the most that it should be discharged to. The number of cycles obtained from a battery can be significantly increased simply by oversizing the battery, if you can tolerate increased size and weight, thereby lowering the depth of discharge in each cycle.

8.2. Deep discharge

The *final discharge voltage* is specified as the value below which the voltage must not fall when discharge occurs at the respective current. If the battery is discharged further, (i.e. the battery voltage is lower than the final discharge voltage), the area of *deep discharge* is entered. Discharging levels are key to long battery life as a deep discharge will shorten the life, and partial discharges will extend life.

8.3. Calculating charge level based on terminal voltage.



Since the voltage does gradually decrease as the battery is discharged, an approximate determination of the state of discharge can be made by measuring the open-circuit voltage to within a tolerance of about 15%.

8.4. Calculating charge level based on current accumulation

The only way to determine the amount of charge left in the battery with any degree of accuracy is to measure how much current goes into the battery during charging, and out during discharging. This sounds frighteningly complicated, but luckily there are chips that'll do

Therefore, the RW rules state that liquid-electrolyte batteries of this sort are not allowed. Appropriate SLA batteries are the only type allowed (apart from the much more expensive NiCd or NiMH types).

All lead-acid batteries produce hydrogen and oxygen during the recharging process. This production is increased if overcharging occurs. Sealed designs cause recombination of the oxygen at the same rate is produced, therefore eliminating the explosive mixture. Hydrogen which is produced will permeate plastic containers and as long as the sealed battery is not in a sealed small area, the hydrogen will harmlessly dissipate into the atmosphere. It is always good practice to allow for ventilation even with sealed batteries because of the possibility of a charger failure causing abnormal charge rates. If this happens, the battery will vent to prevent pressure build up. Another precaution is to prevent short circuits of the battery terminals. This can cause high heat and potential fire hazard.

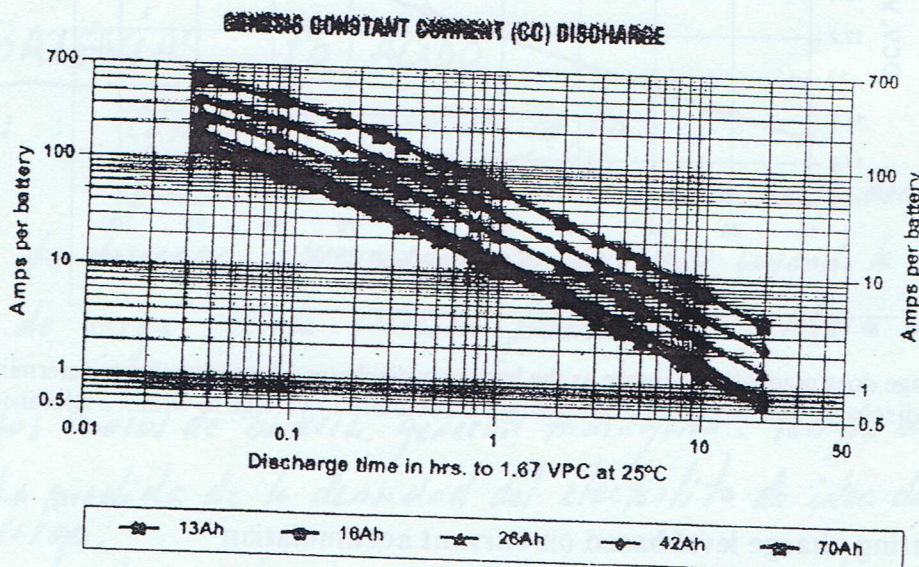
7. Capacity

7.1. The 'C_n' rating.

A common way to specify the charge and discharge current of a battery is the C rate. It denotes the rate of total battery capacity. It is calculated by dividing the charge or discharge current by the total numerical battery capacity (Ampere-hours, Ah). For example a 30Ah battery is discharged with a current of 6A. The C rate is equal to $6A / 30Ah = 0.2C$ rate, also expressed fractionally as a C/5 rate, or C₅.

7.2. Effect of current on Ah rating

Although a battery is quoted as having a capacity of, say, 26 Ampere-hours, this is generally its best possible capacity. The actual capacity depends upon a number of factors, including operating temperature, discharge current, and battery age. The Ampere-hour rating is normally for a discharge current of C/10 (2.6 Amps for a 26Ah battery). To see how this changes when the discharge current is different, look at the graph below:



Have a look at the top line in the graph, this is for the 70 Ah battery in the Hawker Genesis range. At the C/10 current, 7 Amps, looking along the graph we see that the battery will last 10 hours at this current, that gives $7A \times 10hr = 70Ah$. At 70 Amps, we may expect the battery to last 1 hour, but if you

Effect of temperature on effective capacity

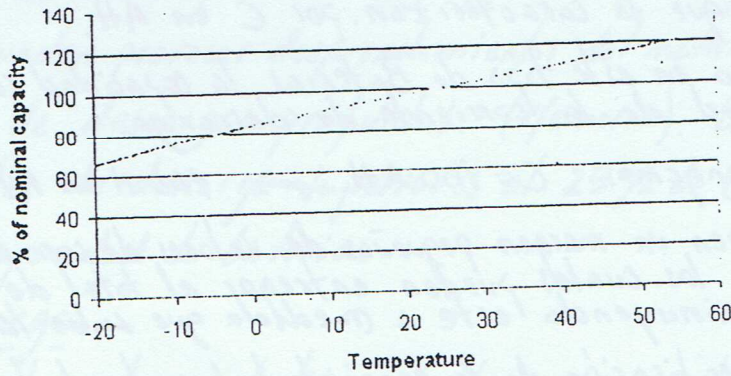


fig 2

However, this doesn't mean "the hotter the better"! The grid-corrosion rate in a battery is intimately linked to the battery's ambient temperature. The higher the temperature, the greater the corrosion rate—and the sooner the failure of the battery. This accelerated corrosion at higher temperatures occurs regardless of the charge current flowing into the battery. However, since higher temperatures give rise to increased currents at a given voltage setting, the net result of an elevated battery ambient temperature is to intensify the negative effects on the battery.

8. Discharge

In an ideal battery, the terminal voltage would be constant over the whole discharge time, until when the battery is finally fully discharged, the voltage would drop right down (although this could make battery level detection quite hard). However, in real batteries, the terminal voltage decreases as the charge reduces. The flatter this drop the better. Let's look at some typical discharge curves of various battery technologies:

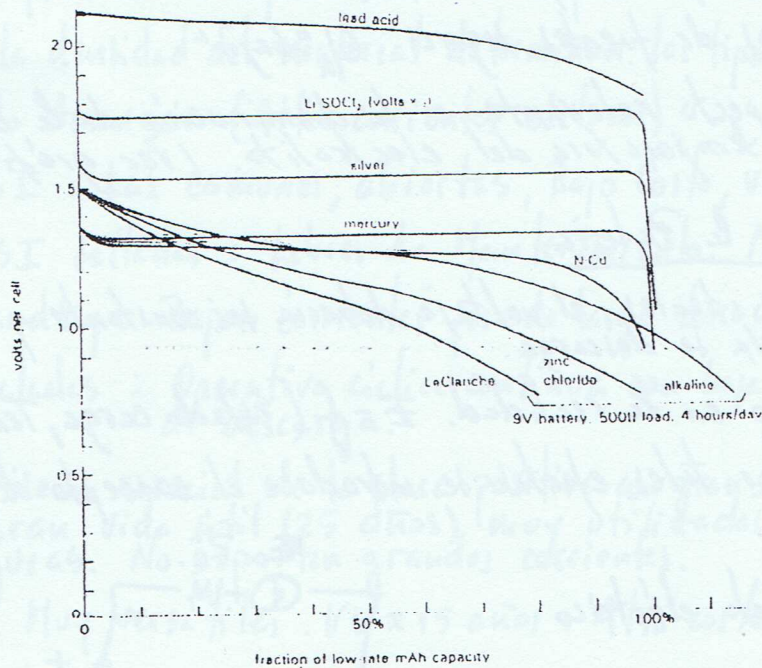


fig 3

Capacidad en las Baterías Pb-ácido

(4)

Sabemos que se caracterizan por C en AH.

Sin embargo en este tipo de Baterías la capacidad real se ve influenciada por la magnitud de la corriente de descarga.

Ej: Supongamos $C = 100 \text{ AH}$. $\Rightarrow 100 \text{ A en } 1 \text{ H} \stackrel{?}{=} 1 \text{ A en } 100 \text{ H}$

Rta NO. Tienen un margen pequeños de valores de corriente de descarga, para los cuales pueden entregar el total de su capacidad C disminuyendo este a medida que sube la corriente.

luego. La especificación de la capacidad de estas baterías se hace dando 2 valores.

- 1) El valor de C .
- 2) El número de horas (n) para descargar la batería y obtener la energía C .

Notación. $C_n \Rightarrow I_{\text{descarga óptima}} = C/n$.

Ejemplo. Sea una batería de $100 \text{ AH } C_{90} \Rightarrow$ para obtener los 100 AH debo descargar la batería a $100/90$ Amper.

En el mercado existen baterías C_5, C_{10}, C_{20} lo usual C_{90} y su elección depende de la aplicación

Baterías p/arranque C/n "alto"

Baterías de fuentes seguras C/n "bajo"

El otro aspecto relevante es la disminución de la capacidad por efecto de la temperatura del electrolito. (ver gráfica).

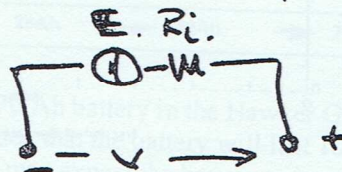
Descarga de la Batería

En términos ideales, el voltaje debería ser constante y caer abruptamente cuando la batería se descarga.

Sin embargo en la realidad. $E = f(\text{Estado carga, Temperatura, edad})$.

Para modelar tales efectos se introduce el concepto de Resistencia interna.

luego modelo eléctrico :



Factores que influyen en la vida útil

(5)

- 1) Corrientes de descarga \gg c/n. (corrientes porcej).
puesto que pueden provocar desprendimientos del material de las placas.
- 2) Frecuencia de descargas profundas. (Memoria). En general profundidades de descarga superiores al 25% de C comienza a dañar perdiendo capacidad la batería.

Autodescarga

Proceso por el cual una batería pierde carga en forma permanente, estando sus bornes en circuito abierto. (Todas presentan, pila incluida).

Si una batería se somete por un largo tiempo a un proceso de autodescarga, puede perder capacidad en forma irreversible, debido a la sulfatación de las placas \Rightarrow los bancos NUNCA se almacenan "forados" (esto es el electrolito se almacena aparte)

Distintos Tipos de Baterías

La característica constructiva de las placas es uno de los factores que determina el tipo:

En general la placa es una rejilla donde se deposita el material.

La robustez y la densidad del material determinan los tipos de Batería para Tracción y/o Arranque (Altas corrientes cíclicas).

\rightarrow Baterías LSI: las comunes, abiertas, Bajo Costo, 4-6 años.

\rightarrow Baterías LSI selladas: libros de Mantenimiento. (no H₂O).

\rightarrow Baterías Standby: Bajas corrientes pero de larga duración.

\rightarrow Baterías Cicladas: Operativa cíclica continua con baja profundidad de descarga.

\rightarrow Plátée Diseño especial de la placa positiva con gran superficie de contacto. Gran vida útil (25 años), muy utilizadas en fuentes de energía. No soportan grandes corrientes.

\rightarrow Tubulares. Muy versátiles. 10-15 años. Alto costo.

BATERIAS DE PLOMO ACIDO

<p>L.S.I.</p>	<p>Batería de uso automotriz. Placas de plomo y óxido de plomo con rejilla de antimonio y plomo para mayor resistencia mecánica. Bajo costo.</p>
<p>L.S.I. Libre de mantenimiento</p>	<p>Pérdida de retención de carga con el tiempo. Rejillas con calcio o con poco antimonio. No son selladas, tienen exceso de electrolito. Bajo costo. Vida útil de las LSI: aproximadamente 4 años.</p>
<p>Tubulares</p>	<p>Pueden ser usadas en tracción (ciclado) y estacionarias (standby). Larga vida útil (>10 años). Placas positivas tubulares según figura. Costo intermedio.</p>
<p>Placa empastada</p>	<p>Bajo costo dentro de las estacionarias. Uso general.</p>
<p>Planté</p>	<p>Placas de plomo sin aditivos. Mantienen la capacidad en AH durante toda su vida útil, la cual es mayor a 20 años. Costo alto.</p>
<p>Sellada de recombinación de gas.</p>	<p>Vida útil: 10 años. No requieren mantenimiento. Mínimo desprendimiento de gases. No requieren local especial para su instalación. Mejor relación performance/tamaño. Costo intermedio.</p>
<p>Sellada de electrolito especificado</p>	<p>Usualmente se emplea para capacidades < 50 AH. Proceso químico similar al de la de recombinación de gases. Se usan tanto para ciclados como para standby. Vida útil: 3 a 6 años. Costo alto, aunque menor que las baterías de Ni-Cd selladas.</p>

En la actualidad existen baterías estacionarias de placa positiva tubular, en el cual el material activo está en el interior de tubos y sostenido en el mismo por estructura de fibra de vidrio, lográndose un gran contacto con el electrolito. Presentan ventajas a tal punto que es la batería mas robusta de todas al minimizar la corrosión, permitir altas descargas en corto tiempo y gran versatilidad. La vida útil puede ser mayor de 15 años. Son de alto costo.

5) Planté.

6) Selladas de plomo-ácido.

BATERÍAS DE NÍQUEL CADMIO.

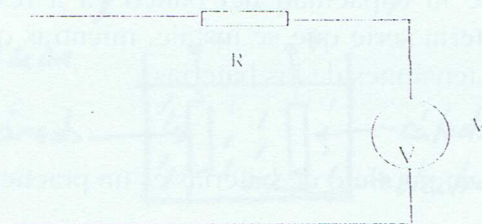
Son baterías mucho mas robustas que las de plomo-ácido presentando las siguientes características relevantes:

- Soportan el mal uso (sobrecargas, cortocircuitos, inversión de polaridad)
- Aptas para grandes descargas en corto tiempo.
- Tensión de salida muy constante
- Baja resistencia interna (0,4 m Ω para 100Ah)
- Es posible mantenerla descargada mucho tiempo
- Menor autodescarga.

Los problemas relevantes que presentan son:

- Costo.
- Baja densidad de energía.
- Tensión de descarga 1V, tensión de carga 1,7V.

MODELO ELÉCTRICO DE UNA BATERÍA.



El valor de V en la realidad dependerá del estado de carga de la batería, aunque se toma para las de plomo-ácido un valor de fem de celda entre 2,2 y 1,8 Volt.

La R representa la resistencia interna que puede ser considerada constante a efectos prácticos de cálculo industrial.

CARGA DE BATERÍAS.

En la industria los aparatos específicos para esta función se les denomina RECTIFICADORES O CARGADORES DE BATERÍAS.

Voltaje constante.

A este proceso de carga en el que la corriente surge como diferencia entre las tensiones del cargador y de la batería cuando son similares se le denomina FLOTACIÓN.

Corriente constante.

Corriente-Voltaje constante.

Este esquema es una combinación de los dos anteriores. La batería primero es cargada a corriente constante y luego es pasada a tensión constante.

Carga de Formación. Es la indicada cuando se forma inicialmente el banco de baterías.

Carga de Flotación. Es una carga a tensión constante que compensa la autodescarga pudiendo dar una muy pequeña sobrecarga.

Recarga a fondo. Carga a corriente constante alta.

CONEXIÓN EN SERIE Y PARALELO DE BATERÍAS.

Serie.

Las baterías son conectadas en serie a los efectos de generar un banco con mayor tensión nominal.

Observar que la capacidad del banco va a resultar igual a la menor capacidad de la batería serie que se instale, mientras que la tensión del banco será la suma de las tensiones de las baterías.

Paralelo.

La conexión en paralelo de baterías es una práctica no recomendada.