

# Tipos de acumuladores

- Por lo que a su naturaleza interna se refiere, se encuentran habitualmente en el comercio acumuladores de los siguientes tipos:

## Baterías de plomo-ácido



Está constituida por dos electrodos de [plomo](#), de manera que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de [sulfato de plomo \(II\)](#) ( $\text{PbSO}_4$ ) incrustado en una matriz de plomo metálico ( $\text{Pb}$ ); el electrolito es una disolución de [ácido sulfúrico](#). Este tipo de acumulador se sigue usando aún en muchas aplicaciones, entre ellas en los [automóviles](#). Su funcionamiento es el siguiente:

- Durante el proceso de carga inicial, el [sulfato de plomo \(II\)](#) se [reduce](#) a plomo metal en el polo negativo ([cátodo](#)), mientras que en el [ánodo](#) se forma [óxido de plomo \(IV\)](#) ( $\text{PbO}_2$ ). Por lo tanto, se trata de un proceso de [dismutación](#). No se libera [hidrógeno](#), ya que la reducción de los [protones](#) a hidrógeno elemental está cinéticamente impedida en la superficie de plomo, característica favorable que se refuerza incorporando a los electrodos pequeñas cantidades de [plata](#). El desprendimiento de hidrógeno provocaría la lenta degradación del electrodo, ayudando a que se desmoronasen mecánicamente partes del mismo, alteraciones irreversibles que acortarían la duración del acumulador.
- Durante la descarga se invierten los procesos de la carga. El [óxido de plomo \(IV\)](#), que ahora funciona como [cátodo](#), se reduce a [sulfato de plomo \(II\)](#), mientras que el plomo elemental se oxida en el [ánodo](#) para dar igualmente [sulfato de plomo \(II\)](#). Los [electrones](#) intercambiados se aprovechan en forma de [corriente eléctrica](#) por un [circuito](#) externo. Se trata, por lo tanto, de una conmutación.

En la descarga baja la concentración del [ácido](#) sulfúrico, porque se crea sulfato de plomo (II) y aumenta la cantidad de [agua](#) liberada en la [reacción](#). Como el ácido sulfúrico concentrado tiene una [densidad](#) superior a la del ácido sulfúrico diluido, la densidad del ácido puede servir de indicador para el estado de carga del dispositivo.

No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente, porque, cuando el sulfato de plomo (II) forma [cristales](#), ya no responden bien a los procesos indicados, con lo que se pierde la característica esencial de la reversibilidad. Se dice entonces que la batería se ha *sulfatado* y es necesario sustituirla por otra nueva. Las baterías de este tipo que se venden actualmente utilizan un electrolito en pasta, que no se evapora y hace mucho más segura y cómoda su utilización.

Cuando varias [celdas](#) se agrupan para formar una batería comercial, reciben el nombre de "vasos", que se conectan en serie para proporcionar un mayor voltaje. Dichos vasos se contienen dentro de una caja de [polipropileno](#) copolímero de alta densidad con compartimentos estancos para cada celda. La tensión suministrada por una batería de este tipo se encuentra normalizada en 12 [Voltios](#) si posee 6 elementos o vasos para vehículos ligeros y 24 [Voltios](#) para vehículos pesados con 12 vasos. En algunos vehículos comerciales y agrícolas antiguos todavía se utilizan baterías de 6 Voltios de 3 elementos.

Ventajas:

- Bajo coste
- Fácil fabricación

Desventajas:

- No admiten sobrecargas ni descargas profundas, viendo seriamente disminuida su vida útil.
- Altamente [contaminantes](#).
- Baja densidad de energía: 30 Wh/kg
- Peso excesivo, al estar compuesta principalmente de plomo; por esta razón su uso en automóviles eléctricos se considera poco lógico por los técnicos electrónicos con experiencia. Su uso se restringe

por esta razón a aplicaciones estacionarias, además de para automóviles, para el arranque, también como fuentes de alimentación ininterrumpidas para equipos médicos.

Voltaje proporcionado: 2V Densidad de energía: 30 Wh/kg

## Pila alcalina

En 1866, [Georges Leclanché](#) inventa en Francia la [pila Leclanché](#), precursora de la [pila seca](#) (Zinc-Dióxido de Manganeso), sistema que aún domina el mercado mundial de las baterías primarias. Las pilas alcalinas (de “alta potencia” o “larga vida”) son similares a las de Leclanché, pero, en vez de [cloruro de amonio](#), llevan [cloruro de sodio](#) o de potasio. Duran más porque el [zinc](#) no está expuesto a un ambiente ácido como el que provocan los iones de amonio en la pila convencional. Como los iones se mueven más fácilmente a través del electrolito, produce más potencia y una corriente más estable.

Su mayor costo se deriva de la dificultad de sellar las pilas contra las fugas de hidróxido. Casi todas vienen [blindadas](#), lo que impide el derramamiento de los componentes. Sin embargo, este blindaje no tiene duración ilimitada. Las pilas secas alcalinas son similares a las pilas secas comunes, con las excepciones siguientes:

1. El electrolito es básico (alcalino), porque contiene KOH.
2. La superficie interior del recipiente de Zn es áspera; esto proporciona un área de contacto mayor.

Las pilas alcalinas tienen una vida media mayor que las de las pilas secas comunes y resisten mejor el uso constante.

El voltaje de una pila alcalina está cerca de 1,5 V.

El ánodo está compuesto de una pasta de zinc amalgamado con mercurio (total 1%), [carbono](#) o [grafito](#).

Se utilizan para aparatos complejos y de elevado consumo energético. En sus versiones de 1,5 voltios, 6 voltios y 12 voltios se emplean, por ejemplo, en mandos a distancia (control remoto) y alarmas.

## Baterías de níquel-hierro (Ni-Fe)



Thomas A. Edison con su batería de níquel-hierro

También denominada de ferroníquel. Fue descubierta por [Waldemar Jungner](#) en 1899, posteriormente desarrollada por [Thomas Alva Edison](#) y patentada en 1903. En el diseño original de Edison el cátodo estaba compuesto por hileras de finos tubos formados por laminas enrolladas de acero niquelado, estos tubos están rellenos de hidróxido de níquel u oxi-hidróxido de níquel (NiOOH). El ánodo se componía de cajas perforadas delgadas de acero niquelado que contienen polvo de óxido ferroso (FeO). El electrolito es alcalino, una disolución de un 20% de potasa cáustica (KOH) en agua destilada. Los electrodos no se disuelven en el electrolito, las reacciones de carga/descarga son completamente reversibles y la formación de cristales de hierro preserva los electrodos por lo cual no se produce efecto memoria lo que confiere a esta batería gran duración.

Ventajas:

- Bajo coste
- Fácil fabricación
- Admite sobrecargas, repetidas descargas totales e incluso cortocircuitos sin pérdida significativa de capacidad

- No es contaminante, no contiene metales pesados y el electrolito diluido se puede usar en aplicaciones agrícolas.
- Muy larga vida útil, algunos fabricantes hablan de más de 100 años de esperanza de vida en los electrodos y 1.000 ciclos de descarga 100% en el electrolito.<sup>3</sup> El electrolito se debe cambiar cada 20 años según instrucciones de uso redactadas por el propio Edison.<sup>4</sup>
- Compuesta de elementos abundantes en la corteza de la tierra (hierro, níquel, potasio)
- Funciona en un mayor rango de temperaturas, entre -40°C y 46°C

Desventajas:

- Es demasiado duradera y poco lucrativa para un sistema monetario basado en el consumo cíclico y la obsolescencia programada.

Voltaje proporcionado: 1,2~1,4V

Densidad de energía: 40 Wh/Kg

Energía/volumen: 30 Wh/l

Potencia/peso: 100 W/kg

## Baterías alcalinas de manganeso

Con un contenido de [mercurio](#) que ronda el 0,1% de su peso total, es una versión mejorada de la pila alcalina, en la que se ha sustituido el conductor iónico [cloruro de amonio](#) por [hidróxido de potasio](#) (de ahí su nombre de [alcalina](#)). El recipiente de la pila es de [acero](#), y la disposición del zinc y del óxido de manganeso (IV) (o dióxido de manganeso) es la contraria, situándose el zinc, ahora en polvo, en el centro. La cantidad de [mercurio](#) empleada para regularizar la descarga es mayor. Esto le confiere mayor duración, más constancia en el tiempo y mejor rendimiento. Por el contrario, su precio es más elevado. También suministra una [fuerza electromotriz](#) de 1,5 V. Se utiliza en aparatos de mayor consumo como: grabadoras portátiles, juguetes con motor, flashes electrónicos.

El ánodo es de zinc amalgamado y el cátodo es un material polarizador compuesto con base en dióxido de manganeso, [óxido de mercurio \(II\)](#) mezclado íntimamente con grafito, y en casos raros, óxido de plata Ag<sub>2</sub>O (estos dos últimos son muy costosos, peligrosos y tóxicos), a fin de reducir su [resistividad eléctrica](#). El electrolito es una solución de hidróxido potásico (KOH), el cual presenta una resistencia interna bajísima, lo que permite que no se tengan descargas internas y la energía pueda ser acumulada durante mucho tiempo. Este electrolito, en las pilas comerciales se endurece con [gelatinas](#) o derivados de la [celulosa](#).

Este tipo de pila se fabrica en dos formas. En una, el ánodo consta de una tira de zinc corrugada, devanada en espiral de 0.051 a 0.13 mm de espesor, que se amalgama después de armarla. Hay dos tiras de papel absorbente resistente a los álcalis interdevanadas con la tira de papel de zinc, de modo que el zinc sobresalga por la parte superior y el papel por la parte inferior. El ánodo está aislado de la caja metálica con un manguito de poliestireno. La parte superior de la pila es de cobre y hace contacto con la tira de zinc para formar la terminal negativa de la pila. La pila está sellada con un ojillo o anillo aislante hecho de [neopreno](#). La envoltura de la pila es químicamente inerte a los ingredientes y forma el electrodo positivo.

Alcalinas

- Zinc 14% (ánodo) Juguetes, tocacintas, cámaras fotográficas, grabadoras
- Dióxido de Manganeso 22% (cátodo)
- Carbón: 2%
- Mercurio: 0.5 a 1% (ánodo)
- Hidróxido de Potasio (electrolito)
- Plástico y lámina 42%

Contiene un compuesto alcalino, llamado Hidróxido de Potasio. Su duración es seis veces mayor que la de la [pila de zinc-carbono](#). Está compuesta por [dióxido de manganeso](#), MnO<sub>2</sub>, [hidróxido de potasio](#) (KOH), pasta de [zinc](#) (Zn), [amalgamada](#) con [mercurio](#) (Hg, en total 1%), [carbón](#) o [grafito](#) (C). Según la Directiva Europea del 18 de marzo de 1991, este tipo de pilas no pueden superar la cantidad de 0,025% de mercurio.

Este tipo de baterías presenta algunas desventajas:

- Una pila alcalina puede contaminar 175.000 litros de agua, que llega a ser el consumo promedio de agua de toda la vida de seis personas.
- Una pila común, también llamada de zinc-carbono, puede contaminar 3.000 litros de agua.
- Zinc, [manganeso](#) (Mn), [bismuto](#) (Bi), [cobre](#) (Cu) y [plata](#) (Ag): Son sustancias tóxicas, que producen diversas alteraciones en la salud humana. El zinc, manganeso y cobre son esenciales para la vida, en cantidades mínimas, y tóxicos en altas dosis. El bismuto y la plata no son esenciales para la vida.

## Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)

Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de [cadmio](#). El electrolito es de hidróxido de [potasio](#). Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, lo que hace que tengan poca capacidad. Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacena. Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento.

- Voltaje proporcionado: 1,2V
  - Densidad de energía: 50 Wh/Kg
  - Capacidad usual: 0.5 a 1.0 Amperios (en pilas tipo AA)
  - Efecto memoria: muy Alto
- Balocchi, Emilio (1996). *Química General* (3ª edición). pp. 664.

### **Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH)**

Utilizan un ánodo de hidróxido de [níquel](#) y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado *efecto memoria*. No admiten bien el frío extremo, reduciendo drásticamente la potencia eficaz que puede entregar. Voltaje proporcionado: 1,2V Densidad de energía: 80 Wh/Kg Capacidad usual: 0.5 a 2.8 Amperios (en pilas tipo AA) Efecto memoria: bajo

### **Baterías de iones de litio (Li-ion)**

Las [baterías de iones de litio \(Li-ion\)](#) utilizan un ánodo de [grafito](#) y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO<sub>4</sub>) u óxido de manganeso. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas, y sufren mucho cuando éstas suceden por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la carga excesiva, como la descarga completa. Apenas sufren el [efecto memoria](#) y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil. No admiten bien los cambios de temperatura.

Voltaje proporcionado:

- A Plena carga: Entre 4.2V y 4.3V dependiendo del fabricante
  - A carga nominal: Entre 3.6V y 3.7V dependiendo del fabricante
  - A baja carga: Entre 2,65V y 2,75V dependiendo del fabricante (este valor no es un límite, se recomienda).
- Densidad de energía: 115 Wh/Kg
  - Capacidad usual: 1.5 a 2.8 Amperios (en pilas tipo AA)
  - Efecto memoria: muy bajo

### **Baterías de polímero de litio (LiPo)**

Son una variación de las [baterías de iones de litio \(Li-ion\)](#). Sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración, como manos libres [bluetooth](#).

### **Pilas de combustible**

La [pila de combustible](#) no se trata de un acumulador propiamente dicho, aunque convierte [energía química](#) en [energía eléctrica](#) y es recargable. Funciona con [hidrógeno](#) (Se usan otros combustibles como el [metano](#) o el [metanol](#) para obtener el hidrógeno).

### **Condensador de alta capacidad**

Aunque los [condensadores de alta capacidad](#) no sean acumuladores electroquímicos en sentido estricto, en la actualidad se están consiguiendo capacidades lo suficientemente grandes (varios [faradios](#), F) como para que se los pueda utilizar como baterías cuando las potencias a suministrar sean pequeñas, en relación a su capacidad de almacenamiento de energía.

Por ello se usan como batería en algunos [relojes](#) de pulsera que recogen la energía en forma de luz a través de [células fotovoltaicas](#), o mediante un pequeño generador accionado mecánicamente por el muelle de la cuerda del reloj.

Aunque funcionan como acumuladores se les suele llamar "condensadores", ya que condensan o almacenan la corriente eléctrica aunque ésta fluctúe en el circuito.

## Efecto memoria

Es un efecto en el que en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada), reduciendo la capacidad de almacenar energía, al crearse cristales en el interior de la batería.

## Parámetros de un acumulador

- La **tensión** o potencial (en **voltios**) es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador conviene al uso a que se le destina. Viene fijado por el **potencial de reducción** del par **redox** utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento.
- La cantidad de corriente que puede Almacenar el elemento o capacidad del acumulador, se mide en Amperios hora (Ah) y es el segundo parámetro a considerar. Especial importancia tiene en algunos casos la intensidad de corriente máxima obtenible **ampere** (A); p. ej., los motores de arranque de los automóviles exigen esfuerzos muy grandes de la batería cuando se ponen en funcionamiento (centenas de A), pero actúan durante poco tiempo.
- La capacidad eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en A. La unidad **SI** es el **coulomb** (C)

$$C = A \times s = A \times h/3600 \Rightarrow Ah = 3600 C.$$

- La energía que puede suministrar una batería depende de su capacidad y de su voltaje, se mide habitualmente en **Wh** (vatios-hora); la unidad SI es el **julio**.

$$J = W \times s = W \times h/3600 \Rightarrow Wh = 3600 J; J = 0,278 mWh \text{ Como } W = A \times V \Rightarrow Wh = Ah \times V \text{ (La energía se obtiene multiplicando la capacidad por el voltaje).}$$

Téngase en cuenta, sin embargo, que, cuando le den indicaciones en el cuerpo de las baterías o en sus envases, como "Cárguese a 120 mA durante 12 horas", el producto resultante excederá la capacidad del acumulador, el exceso de "carga" se disipa dentro de la batería en forma de calor a causa de su "resistencia interna". Si la capacidad del acumulador fuesen 1200 mAh y se le aplicara una corriente de carga de 120 mA durante 12 horas.  $120 \times 12 = 1440$  mAh, por lo que 240 mAh será la carga convertida en calor dentro de la batería y 1200 mAh la efectivamente almacenada en ella. Para calcular la energía perdida bastaría multiplicar los 240mAh de "exceso" de carga por la tensión de carga.

$$1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$$

$$1 \text{ C} = 1 \text{ Ah}/3600 = 0,278 \text{ mAh.}$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

- La resistencia de las baterías es muy inferior a la de las pilas, lo que les permite suministrar cargas mucho más intensas que las de éstas, sobre todo de forma transitoria. Por ejemplo, la resistencia interna de una batería de plomo-ácido es de 0,006 **ohm**, y la de otra de Ni-Cd, de 0,009 ohm.
- Otra de las características importantes de una batería es su masa o su peso, y la relación entre ella y la capacidad eléctrica (Ah/kg) o la energía (Wh/kg) que puede restituir. En algunos casos puede ser también importante el volumen que ocupe (Ah/m<sup>3</sup>) o (Ah/litro).
- El rendimiento es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga. La batería de plomo-ácido tiene un rendimiento de más del 90%. las baterías Ni-CD un 83%

## Tabla comparativa de los diferentes tipos de acumulador

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-40 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Fe	30-55 Wh/kg	1,2 V	+ de 10.000	4-8h	10 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30%
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %

<b>Tipo</b>	<b>Energía/ peso</b>	<b>Tensión por elemento (V)</b>	<b>Duración (número de recargas)</b>	<b>Tiempo de carga</b>	<b>Auto-descarga por mes (% del total)</b>
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10%

\* Las baterías de Níquel se pueden cargar hasta en 30 minutos, con cargas rápidas, pero disminuye su vida, y se calientan en exceso, siendo las únicas que admiten este tipo de cargas.