

# Revisando algunos conceptos erróneos sobre Baterías

Dr. Jorge Barreto



Dr. Jorge Barreto  
Departamento Desarrollo  
Mundilec s.L.

*Como parte de los artículos que iremos publicando periódicamente en nuestra página Web, hemos decidido escribir un pequeño recordatorio, sobre aquellos conceptos que empleamos de forma coloquial cuando hablamos sobre baterías, y que son, en su mayoría, erróneamente empleados.*

## El voltaje de una batería.

El voltaje de una batería es la diferencia de tensión eléctrica que aparece entre sus terminales -Positivo y Negativo- cuando realizamos la medición del mismo mediante un voltímetro. Este valor, representa la tensión de la batería en circuito abierto o también denominado VOC.

El valor de este voltaje o VOC, depende de muchos factores, ya que depende del tipo de batería, su configuración y su estado de carga.

Las celdas de Pb-acido o Gel, o de Ni-Cd, o de Li-Ion, tendrán valores distintos. También, si hablamos de un pack, dependerá si las celdas que lo conforman, están conectadas en serie o paralelo o una combinación de estos, y dependerá finalmente, del nivel de carga de cada una de las baterías (celdas) que conforman el Pack.

Por lo que realmente el valor de VOC medido, sólo es una orientación relativamente útil cuando medimos una sola celda. El mismo valor carece de mucho significado a no ser que se tenga otra información complementaria. Veamos un ejemplo;

Si tuviéramos una batería no identificada en cuyos terminales medimos un VOC de 6.5 Volts y quisieramos determinar a que tipo o familia de batería pertenece, deberíamos formularnos las siguientes preguntas:

-¿Es del tipo primario o Secundario?

-¿De qué material está fabricada? o más coloquialmente, ¿Qué tipo de batería es?

-¿Es una sola celda o es una combinación de ellas?

-¿Qué nivel de carga tiene?

Pues, intentemos resolver este problema, a partir de una serie de conceptos básicos;

Concepto 1.- Los VOC de las celdas conectadas en serie se suman.

Concepto 2.- Los VOC de las celdas conectadas en paralelo son iguales.

Concepto 3.-Cada tipo de celda tiene un VOC típico, en función del material de que este fabricado.

Concepto 4.-Todas las celdas deben pertenecer al mismo grupo químico. No se pueden mezclar.

¿Bastarán estos conceptos básicos para resolver el problema e identificar nuestra batería?

En la Tabla 1, se muestran los valores típicos o nominales, de VOC para las celdas del tipo Primaria y en la Tabla 2 para las Secundarias.



La primera conclusión a la que llegamos es que nuestra batería X, tiene que ser un conjunto de celdas, dado que ninguno de los voltajes VOC de las celdas supera los 3.0 Volts (LiMnO<sub>2</sub>).

Si los voltajes de las celdas en Serie se suman, ¿cuál es la posible combinación de VOC más próxima a los 6.5 Volts medidos? Veamos, podrían ser;

1) 4 celdas primarias de Zn-Aire VOC=4 X 1.59 =6.36 Volts (error de -0.14 Volts)

2) 4 celdas primarias de LiFe<sub>2</sub>, o 4 de Zn-C, o 4 de Alcalina, o 4 de

Tabla1. Celdas Primarias

Tipo de Celda (Material)	Voltaje VOC nominal/Celda
Zn-C	1.5 Volts
Zn-Cl H	1.5 Volts
Alcalina(Dióxido de Mn)	1.5 Volts
Zn-Mn	1.7 Volts
Li-Cu O	1.7 Volts
Li-FeS <sub>2</sub>	1.5 Volts
Li-MnO <sub>2</sub>	3.0 Volts
Oxido de Mercurio	1.35 Volts
Zn-Aire	1.59 Volts
Oxido de Plata	1.55 Volts

Tabla2. Celdas Secundarias

Tipo de Celda (Material)	Voltaje VOC nominal/Celda
Pb Acido	2.0 Volts
Ni Cd	1.2 Volts
Ni MH	1.2 Volts
Ni Zn	1.6 Volts
Li-Ion	3.7 Volts
Li Fe (Po4)	3.2 Volts

Zn-Mn, ya que todas dan el mismo valor en serie de  $VOC=4 \times 1.5 = 6$  Volts (error de -0.5 Volts)

3) 4 celdas secundarias de Ni Zn  $VOC=4 \times 1.6 = 6.4$  Volts (error de -0.1 Volts)

El resto de las posibles variantes daría errores mayores a los que hemos calculado. Entonces ¿cuál sería la conclusión?.. Pues ninguna a ciencia cierta.

Nuestra batería podría estar constituida por un conjunto de celdas Primarias con VOC de 1.5-1.59 Volts o de celdas Secundarias de Ni Zn con VOC de 1.6 Volts.

Este análisis se complica aún más si introducimos otro concepto:

Concepto 5.- A medida que la celda pierde carga su VOC disminuye con respecto al nominal.

Concepto 6.- La temperatura afecta el VOC, el calor lo disminuye y el frío lo aumenta ligeramente

Esto implica que las diferencias encontradas, pueden ser debidas a que nuestra batería muestra una pérdida de carga en el momento de la medición, o que su temperatura ha sido muy alta o muy baja, pero, para discernir todo esto se requieren de otras mediciones complementarias.

## Valores nominales y serie de baterías

Evidentemente sólo los valores de baterías; 1.5, 3.0, 9.0, 12.0 y 24 y así sucesivamente... son valores múltiplos enteros de celdas unitarias con VOC de 1.5 Volts. Todas las otras químicas tienen valores relativamente aproximados o por el contrario muy alejados.

Veamos una pequeña Tabla para las baterías primarias y secundarias (Tabla 3). En la misma hemos marcado en rojo aquellas combinaciones en serie, que dan valores de voltaje suficientemente aproximados para ser sustituidos entre sí.

Sin considerar aspectos relativos a tamaño, forma o capacidad, una batería Alcalina de 4.5 Volts (6 Celdas Primarias), podría, teóricamente, ser sustituida por un pack de 6 celdas de Ni-Zn (Secundarias) o por un pack de 3 celdas de Lio-Po(PO4) (Secundarias). Esto

evidentemente, es una primera aproximación, pero es un ejemplo, de cómo realizar un cálculo rápido de las posibles compatibilidades entre distintos modelos (químicas) de celdas.

Si miramos la tabla con atención, veremos que a medida que el número de celdas en serie se incrementa, los valores resultantes de la tensión VOC del pack se aleja más de los valores "nominales" (1.5, 3, 4.5, 6, 9, 12 y 24).

Otra consideración a tomar en cuenta, es que hoy en día, prácticamente todos los diseños electrónicos basados en sistemas de alimentación autónomo (baterías) permiten una cierta tolerancia en cuanto a los voltajes de alimentación ( $\pm 10\%$ ,  $+10\%$  y  $-15\%$ ).

## ¿Son sustituibles las baterías Primarias por unas Secundarias?

En principio lo son. Siempre que los voltajes resultantes de la combinación de sus celdas, sean similares, como ya hemos analizado. Recordemos que sólo nos referimos en este análisis, al voltaje, no a la morfología, ni a la capacidad de la energía almacenada, ni a su rating de descarga.

¿Es posible la situación inversa? ¿Sustituir una batería secundaria por una primaria?

Podríamos decir que sí: es posible, siempre que en la aplicación donde realicemos la sustitución no esté incluido de forma integral un cargador. Si es este el caso, la batería primaria se vería sometida

a un proceso de carga automática con consecuencias indeseables y peligrosas. Pero...

Debemos recordar que mientras una batería primaria tiene una densidad energética muy alta -p.ej. 250 W-h/kg para una primaria de Li- con respecto a una secundaria, basada en la misma química -190 W-h/kg para una secundaria de Li-Ion (Li-Ion-Co). La primaria es incapaz de entregar la energía almacenada de forma eficiente para descargas mayores a unas décimas de su Energía (0.1-0.25Cmax) debido fundamentalmente a su alta resistencia Interna Rs. Un ejemplo que resulta reconocible a todos, es que los taladros portátiles no hicieron su entrada en el mercado hasta que aparecieron las baterías de Li-Ion secundarias que permitían unos regímenes de descarga de 10-20C.

Nunca sustituya las baterías de su taladro portátil con baterías primarias....No podrá funcionar.....al menos con la suficiente fuerza...ni el tiempo suficiente.....

**Una Regla de Oro que podemos aplicar es que:**

**Si mi equipo necesita grandes corrientes, celda secundaria...para bajos consumos celda primaria.**

¿¿¿ Y el coste???...Ese es un problema que está muy relacionado con la aplicación específica.

Evidentemente las celdas primarias de Li son mucho más baratas que las secundarias (3-4 veces p. ej. del tipo R6), pero su capacidad de regeneración mediante recarga,-aprox.300 ciclos- la hace ser competitiva en aquellas aplicaciones donde esto es posible. 

Calculos Baterías Base								
Nº celdas en Serie	VOC							
	1	2	3	4	6	8	16	32
<b>Primarias</b>								
Zn C, Zn-Cl H, Alcalina	1,5	3	4,5	6	9	12	24	48
Zn-Mn, Li-Cu O	1,7	3,4	5,1	6,8	10,2	13,6	27,2	54,4
Oxido de Mercurio	1,35	2,7	4,05	5,4	8,1	10,8	21,6	43,2
Zn-Aire	1,59	3,18	4,77	6,36	9,54	12,72	25,44	50,88
Oxido de Plata	3,18	6,36	9,54	12,72	19,08	25,44	50,88	101,8
<b>Secundarias</b>								
Pb Acido	2,1	4,2	6,3	8,4	12,6	16,8	33,6	67,2
Ni-Cd, Ni MH	1,2	2,4	3,6	4,8	7,2	9,6	19,2	38,4
Ni Zn	1,6	3,2	4,8	6,4	9,6	12,8	25,6	51,2
Li-Ion	3,7	7,4	11,1	14,8	22,2	29,6	59,2	118,4
Li Fe (Po4)	3,2	6,4	9,6	12,8	19,2	25,6	51,2	102,4

Tabla 3. Cálculos baterías base