

Rentabilidad y funcionalidad de las baterías de Litio frente a baterías de plomo.

Durante los últimos años, las baterías ión-Litio han ido ganando terreno en todos los mercados. Para aquéllos no iniciados, es fácil descartar las baterías ión-Litio como una alternativa cara a las tecnologías más comunes de baterías, las de plomo ácido, sólo atendiendo a la carga amperio/hora (AH). Sin embargo, esta conclusión adolece de falta de profundización, y probablemente derive en una conclusión errónea. Si uno profundiza, se hace patente que hay otros criterios a considerar más que las cargas Ah a la hora de elegir la mejor batería, tanto por consideraciones técnicas como económicas.

Antes de comenzar, mencionemos los tres tipos de baterías de plomo ácido más comunes que consideraremos:

VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula, batería sellada o también conocida como 'monoblock') del tipo AGM (separador de vidrio absorbente), GEL, por elementos...

La elección, especialmente cuando se requieren mayores cargas, a menudo se reduce a ión Litio vs AGM. En las comparativas mostradas más abajo, donde se muestran baterías de gel, éstas tienen una menor eficacia en altas corrientes de descarga. Cuestan más o menos lo mismo que las AGM, asumiendo que ambos tipos son monoblock. En esta comparación no se han tenido en cuenta las baterías de plomo/ácido (FLA), principalmente debido a las consideraciones de mantenimiento y seguridad.

Energía utilizable o coste

En general, se acepta la afirmación de que la profundidad de descarga (DOD) de una batería AGM es del 50%. Para las de Litio-Hierro-Fosfato (LiFePO₄), que es el tipo de batería ión-Litio más segura entre las comunes, se utiliza un DOD del 80%, al 90%.

¿Qué significa esto en el mundo real? Tomemos dos ejemplos de baterías de 24V y comparemos la energía utilizable:

1 x Litio-ion 24V-180Ah a la tensión nominal de la célula LFP que es de 3,3V.

Esta batería LFP de 26,4 V está compuesta de 8 celdas conectadas en serie con una carga de 180Ah. La energía disponible es de $26,4 \times 180 = 4,75$ kWh. La energía utilizable es de $26,4 \times 180 \times 0,8 = 3,8$ kWh.

2 x AGM 12V-220Ah a la tensión nominal de la célula de ácido plomo que es de 2V/célula. Cada batería monoblock de 12V está compuesta por 6 células conectadas en serie con una carga de 220Ah. Si conectamos 2 baterías 12V-220Ah para proporcionar 24V y una carga de 220Ah, la energía disponible es de $24 \times 220 = 5,28$ kWh. La energía utilizable es de $24 \times 220 \times 0,50 = 2,64$ kWh.

Esto plantea la pregunta de cuál debería ser la carga Ah de las baterías AGM equivalentes para producir 3,8 kWh de energía utilizable como lo hace la batería ion-Litio. Para producir 3,8 kWh de energía utilizable de una batería AGM en primer lugar ésta debería tener el doble de tamaño debido a la regla del 50% de DOD, i.e. $3,8 \times 2 = 7,6$ kWh.

Con 24V esto significaría $7600/24$ que nos da una capacidad de la batería de 317Ah, que **se acerca al doble de la capacidad nominal de la batería ion Li de 24V-180Ah**. Tenga en cuenta que este cálculo no está considerando el envejecimiento de las baterías, el descenso de potencia por temperatura o el efecto de cargas mayores. Para las baterías AGM, mayores cargas producen mayores efectos que en las baterías de Litio, efecto en la capacidad de descarga y en el voltaje de diferentes cargas. Basándonos en todo esto, **es razonable afirmar que una batería AGM necesitará el doble de carga Ah que una de Litio.**

¿Y respecto al precio? Una batería AGM 12V-220Ah ronda los 320€, lo que significa 1,45 €/Ah. Para 317Ah, equivale aproximadamente 460€ a 12V o **920€ a 24V**.

Una batería de litio 24V-199Ah ronda los 2338€, que serían 11,75€/Ah para la misma cantidad de energía utilizable y es por tanto $1,45/11,75 = 8$ veces más cara cuando comparamos las cargas Ah.

Si nos basamos en esto, podríamos concluir inmediatamente que la batería de Litio no es rentable, sin embargo **la comparación de energía utilizable frente a precio es sólo parte de la historia**, y está carente de un análisis adecuadamente riguroso que hará que, probablemente, el plomo ácido acabe resultando más caro que el ión litio.

De mano, y en base a lo mencionado, con el factor dos derivado de que la capacidad útil necesaria en una batería de plomo ácido respecto a una de Litio es del doble, y con el factor dos derivado de que en una batería de plomo ácido será necesario el doble de carga Ah para mitigar los efectos en la capacidad y voltaje de descarga, tendremos que la batería de ion litio es $8/4$ veces = 2 veces más barata que la batería de plomo ácido. Pero aún más factores, y de enorme relevancia, que redundarán aún más en esta diferencia a favor del litio.

Peso. La mayoría de cargas Ah de las baterías, con independencia del tipo, están especificadas para 20 horas. Esto estaba bien en los tiempos de las cargas ligeras, pero debido a que el número de cargas y el tamaño de las cargas han ido aumentando, es necesario también analizar las cargas altas a corto, medio y largo plazo para diferentes tipos de equipamiento. Esto puede significar un gran bloque de baterías.

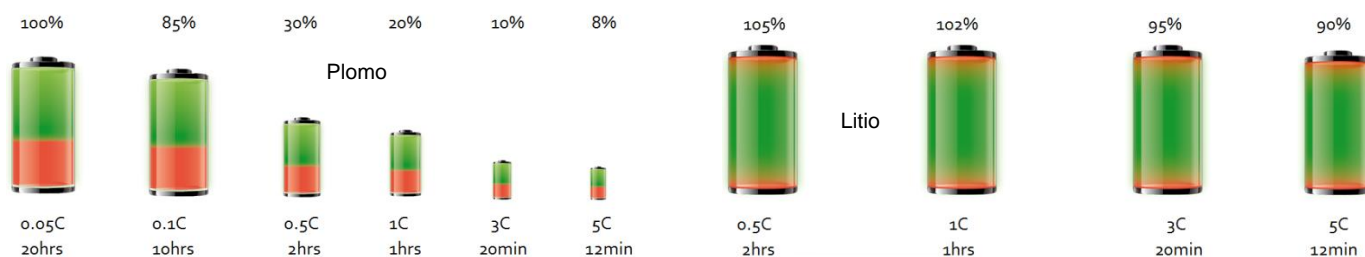


Dos situaciones extremas: podríamos tener un equipo de aire acondicionado funcionando durante 10 horas y utilizando 10kW frente a la utilización de iluminación LED utilizando 100W durante el mismo período. Es clave balancear estos diferentes requisitos y todas las cargas implicadas. Con un gran bloque de baterías para conseguirlo, parece claro lo pesadas que son las baterías de plomo ácido en comparación a las de Litio: $1360/336 = 4$ veces más pesadas.

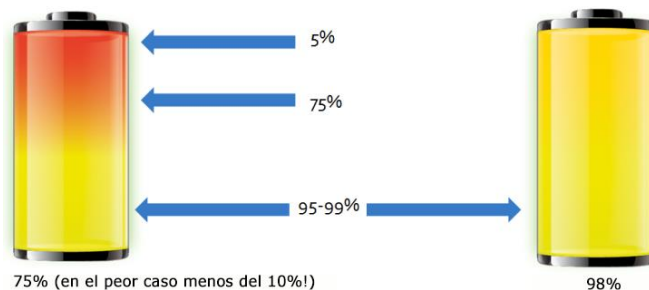
Energía utilizable: efectos en la capacidad de descarga y el voltaje con diferentes cargas.

Como se ha comentado anteriormente, la mayoría de las cargas Ah de las baterías hacen referencia a tiempos de descarga de 20 horas. Si se tratase de una batería de 100Ah con un ratio de descarga de 20 horas, puedes ver que 0,05c significa $100 \times 0,05 = 5A$ por 20h = 100Ah disponibles hasta que la batería está totalmente descargada. En tanto usamos sólo el 50% de la batería, podemos ver que el voltaje se mantendrá en 24V al 50% DOD para una carga de 5A durante 10 horas, y por tanto, habrá consumido 50Ah.

El incremento del consumo de corriente puede afectar a la energía utilizable disponible y al voltaje de la batería. Esta disminución efectiva en la potencia se conoce como el **efecto Peukert**. Con una batería de plomo-ácido, cuanto mayor sea la carga o intensidad de consumo, mayor será la necesidad de incrementar la capacidad Ah de la batería para mitigar dicho efecto. Con las baterías de Litio, sin embargo, una carga incluso 10 veces mayor a 0,5C puede aún proporcionar un voltaje final de 24V al 80% DOD (o 20% SOC), sin necesidad de incrementar la capacidad Ah de la batería. Esto es lo que hace que las baterías de Litio sean especialmente adecuadas para altas cargas.



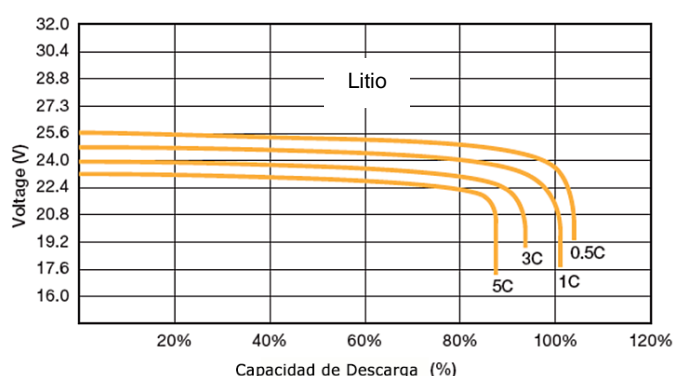
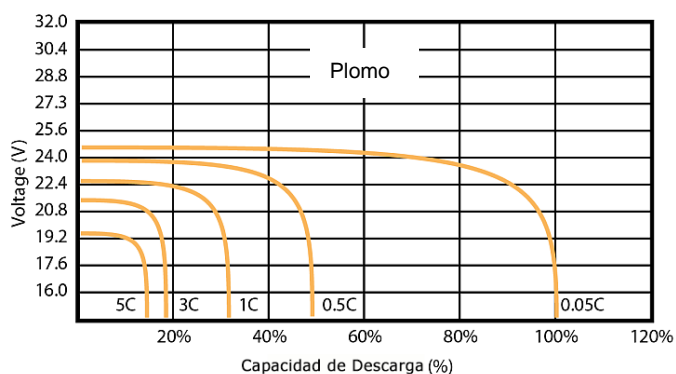
Eficiencia de Carga. Mucho de lo que hemos visto en el proceso de descarga es aplicable también en el proceso opuesto de carga. Lo analizaremos para unos tamaños concretos de generadores, pero las soluciones son escalables en esencia. En primer lugar, comparemos la eficiencia de carga de plomo-ácido, a la izquierda, con el Litio, a la derecha, durante un ciclo completo de carga. La carga del último 20% de una batería de ácido plomo es siempre lenta e ineficiente si la comparamos con una de Litio. Esto se confirma por los costes de combustible (o el recurso de carga utilizado) en las imágenes inferiores. Obsérvese también la diferencia en los tiempos de carga.



Tasa de carga. La tasa de carga máxima recomendada para baterías AGM de gran tamaño es de 0,2C, es decir, 120A para una batería de 600Ah compuesta de bloques 200Ah en paralelo. Tasas de carga mayores calentarían la batería (en estos casos, son absolutamente necesarios sistemas de compensación de temperatura, sensores de voltaje y buena ventilación para evitar el sobrecalentamiento), y, debido a la resistencia interna, se alcanzará el voltaje de absorción cuando la batería esté cargada sólo al 60% aproximadamente, resultando en la necesidad de un mayor tiempo de absorción para cargar completamente la batería. Por tanto, una tasa de carga alta no reducirá sustancialmente el tiempo de carga de la batería de ácido plomo.

En comparación, una batería de Litio de 200Ah puede cargarse con hasta 500A, sin embargo, la tasa de carga recomendada para un ciclo de vida máximo es de 100 (0,5C) o menos. De nuevo, esto demuestra que en ambos casos, carga y descarga, el Litio es superior.

Opciones de batería, mercados y ciclo de vida. En función de cómo trates a tu batería, puedes esperar razonablemente distintos ciclos de vida, sujetos a que tanto el DOD como los bancos de batería estén dimensionados a las cargas. La temperatura a la que operan también entra en juego. Cuanto más caliente esté la batería, menor tiempo durará. La capacidad de la batería también se reduce con la temperatura ambiente.



Conclusiones

Sin duda será necesario cambiar las baterías de plomo-ácido más frecuentemente que las de Litio, lo que supone tiempo, costes de instalación y transporte, y por tanto abunda aún más en las diferencias de coste a favor del Litio frente al plomo-ácido. Más allá del coste inicial del Litio, encontrarás que la vida es más fácil y que la elección es más rentable con el paso del tiempo, además de poder enfrentar aplicaciones con el Litio que con el Plomo ácido no puedes ni debes abordar.

En conclusión, **ya es el momento de considerar el Litio como una solución rentable**, fiable, versátil y de alto rendimiento.

Ventajas de las baterías de Litio frente a las de plomo-ácido

- ✓ Menor tamaño, lo que nos permite el uso de baterías más pequeñas para la misma potencia o más potencia para mismo tamaño.
- ✓ Menor peso.
- ✓ Mayor potencia, la potencia de arranque (CCA, Cold Cranking Amps, amperios de descarga en frío) puede llegar a ser del 20% más que en una batería de plomo ácido de calidad.
- ✓ Menor pérdida de energía, hay una reducción drástica de la pérdida de energía en fase de reposo, uno de los puntos débiles de las baterías de plomo-ácido. Ideal para motos que sufren frecuentes y largos periodos de letargo.
- ✓ Menor pérdida de rendimiento en frío, las bajas temperaturas no son el principal enemigo de estas baterías.
- ✓ Son baterías "secas", al no contener líquidos corrosivos en su interior nos evitan los daños por supuración típicos en las de plomo-ácido.

Inconvenientes de las baterías de Litio frente a las de plomo-ácido

- ✓ Vida útil. La vida de estas baterías está condicionada por ciclos de carga, unos 1500/2000 en las de buena calidad.
- ✓ Circuitería. Las baterías de Litio llevan incorporados unos circuitos electrónicos para modificar la tensión de carga y mantener un correcto balance de carga entre todas sus celdas. Puede llegar a dañarse.
- ✓ Temperatura. El calor es el mayor enemigo de estas baterías, pudiendo llegar a explotar y/o incendiarse, es por ejemplo el problema que tuvo Apple en algunos iPhone.
- ✓ Daños, dejar una batería totalmente descargada durante algún tiempo daña irreversiblemente las baterías, aunque es algo que también ocurre en las de plomo-ácido estas son todavía más sensibles.
- ✓ Precio, el precio de estas baterías es entre un 25% y un 50% más caro que las de plomo-ácido.

		Ciclos	
	→ LiFePO ₄	3000-5000	Alto rendimiento/ciclos/vida/precio/peso
Litio	→ GEL 2Vdc	1500-2000	Ciclo profundo
	→ Elementos 2Vdc	1500-2000	Precio
	→ Elementos 12Vdc	500-1000	Precio
	→ AGM 12Vdc	500-1000	Precio/carga/velocidad descarga/VRLA
	→ GEL 12Vdc	600-1200	Ciclo profundo/VRLA

