



Batería

PPS - Cerco virtual

Matias Ariel Ramirez y Fabio Vidal
29 de junio de 2024

Índice

1. Introducción	2
2. Requisitos	3
3. Elección de batería	5
3.1. Comparación entre baterías	5
3.2. Precios	5
3.2.1. LiFePO4	7
3.2.2. LiPo	7
3.2.3. Li-ion	8
3.2.4. Comparación de precios	9
3.3. Conclusión	10
4. Comprobar el estado de la batería	10
4.1. TP 4056 Discharger (Hackday)	10
4.2. ZB2L3	11
5. Diseño del descargador	13
6. Fabricación del descargador	15
7. Bibliografía	17
7.1. Introducción	17
7.2. Precios	18
7.3. LiFePO4	18
7.4. LiPo	18
7.5. Li-ion	18
7.6. Descargador y comprobador de batería	19

1. Introducción



Figura 1: Diagrama de bloques sobre batería.

En el siguiente escrito se verá estudiara la posibilidad de utilizar baterías de litio de tipo ion, polímero o ferroso, además de sus posibles cargadores diseñados para ellas.

Cabe resaltar que se busca que las baterías proporcionen un voltaje de 5V y tenga una capacidad de 10000mAh (10Ah).

Las baterías de litio se caracterizan al ser utilizadas por celdas, estas suelen proporcionar 3V cuando están descargadas, 3.7V cuando están al 50 % y 4.2V cuando están al 100 %. En cambio la capacidad de las celdas varía dependiendo el producto.

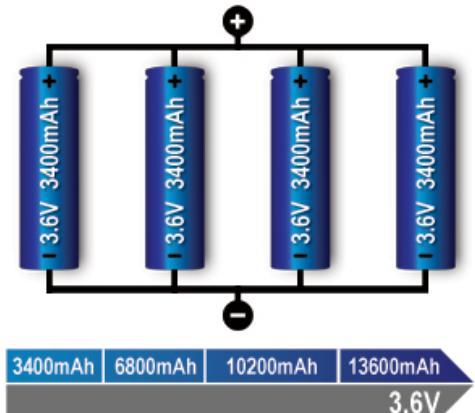
Para llegar a los 5V pedidos, necesitaremos usar 2 celdas en configuración 2s (2 en serie). En las configuraciones en serie se suman los voltajes de las celdas, en este caso siendo un voltaje total máximo de 8.4V. En cambio, la capacidad total, se mantiene si las baterías utilizadas son de igual capacidad.

Con la capacidad, como veremos más adelante, tendremos los inconvenientes que el precio aumenta (bastante) al aumentar la capacidad, además que se vuelven más escasas. Por lo tanto, al necesitar 10Ah se terminara optando por baterías iguales de menor capacidad puestas en paralelo, 2p, 3p o 4p, esto dependiendo de las capacidades de estas. En las configuraciones en paralelo se suman la capacidad de las celdas pero se mantiene el voltaje.

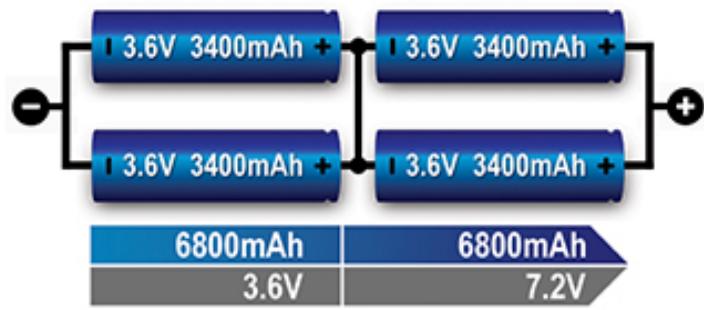
Esto nos lleva a usar las dos configuraciones a la vez para llegar a los valores pedidos, posiblemente utilizando una configuración 2s2p, 2s3p o 2s4p. Como se verá en cada tipo de batería, el uso de estas configuraciones nos dará diferentes problemas al intentar cargarlas, en serie con el balanceo y en paralelo con la velocidad.



(a) Serie.



(b) Paralelo.



(c) Serie y paralelo.

Figura 2: Configuraciones de baterías - Battery University.

Además, en este escrito usaremos un sistema de colores para catalogar y puntuar, el cual se mostrara a continuación:

Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
1	2	3	4	5

Cuadro 1: Descripción y prioridad.

2. Requisitos

A continuación se dará un listado con los requisitos de la batería deseada.

- **Robustez:** Resistencia de la batería a condiciones adversas, como golpes, vibraciones o cambios bruscos de temperatura.
Mientras más robusta, mejor.
- **Vida útil:** Indica el tiempo que la batería puede funcionar eficientemente.
Se busca que sea larga, de al menos 400 ciclos.
- **Tiempo de carga:** El tiempo que tarda la batería en cargarse completamente.
Un tiempo de carga más corto es beneficioso, pero debe equilibrarse con la vida útil de la batería.
- **Tamaño y peso:** El tamaño de la batería afecta su portabilidad y aplicabilidad en diferentes dispositivos.
No es un factor decisivo, sin embargo, se valorará una dimensión reducida a fines de mejorar la estética y portabilidad.

- **Temperatura:** La temperatura puede afectar el rendimiento y la vida útil de la batería. Las baterías suelen tener rangos de temperatura óptimos para su funcionamiento. El rango debe ser acorde a línea sur. La temperatura de carga, siempre es menor que la temperatura de operación. Por lo tanto, esta es la limitante y en la cual nos basaremos. En la línea sur se registran temperaturas entre -30 °C y 35 °C grados. Decidimos que una temperatura de carga entre -10 °C y 40 °C será suficiente, si bien no cumplimos con la mínima. Esto no será un problema, debido a que nuestro sistema de carga funcionara cuando salga el sol, esto significa que la temperatura ambiente subirá unos grados respecto de la mínima, además estará al resguardo de la intemperie y el propio calor generado a partir del funcionamiento aumentaran aún más la temperatura.
- **Valor monetario:** Dependiendo el de sus respectivos de sus pares.
- **Tensión de alimentación que provea:** De al menos 5V.
- **Capacidad:** La capacidad indica cuánta energía puede almacenar la batería. Se mide en amperios-hora (Ah) o miliamperios-hora (mAh). Debe ser de 10 Ah o superior.
- **Configuración:** Disposición física de las celdas en la batería y cómo están conectadas eléctricamente. Serie o paralela, cualquiera con tal de para poder cumplir con los requisitos.
- **Valores eléctricos:** Incluyen voltaje nominal, voltaje máximo y mínimo, corriente máxima, etc. Son definidos a partir de la tensión necesaria para el correcto funcionamiento de todos los componentes eléctricos y bajo la posibilidad de un escenario desfavorable, en el cual no se dispone de energía para cargar la batería por un tiempo prolongado y esta debe mantener el circuito funcionando.
Una estimación del mayor consumo posible es de 1.1 Ah. Por lo tanto, aseguramos el funcionamiento de la estación base por al menos 9 días, considerando una batería llena sin alimentación externa. Cabe destacar que estos valores son aproximados, debido a que es algo teórico y no sabe a ciencia cierta el protocolo de comunicación que será utilizado, además de que las baterías pierden tensión en función de su carga.
Según la bibliografía el Ah tiene distintas bases de tiempo, tomaremos una de 20 hs en nuestro caso. Esto significa que una batería de 1 Ah tiene la capacidad de proveer 1 A durante 20 horas
- **Eficiencia de carga (Rendimiento):** Cuánta energía se pierde durante el proceso de carga y descarga. Se expresa como un porcentaje.
Se busca la alta eficiencia para minimizar pérdidas de energía.
- **Sobrecargas y descargas:** La batería debe tener protección contra sobrecargas y descargas para evitar daños.
- **Efecto memoria:** Es un efecto no deseado que afecta a las baterías y por el cual en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada. La consecuencia es la reducción de su capacidad para almacenar energía. Algunas baterías pueden experimentar un efecto memoria que reduce la capacidad si se recargan parcialmente con frecuencia.
Se busca que sea bajo o nulo para mantener el rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Densidad de energía:** La cantidad de energía almacenada por unidad de volumen o masa. Una mayor densidad de energía significa una mayor capacidad en un espacio más pequeño. Se busca una alta densidad para maximizar la capacidad sin aumentar el tamaño o el peso.

- **Inflabilidad:** Que no se prenda fuego por algún sobrecalentamiento.
- **Mantenimiento:** Mantenimiento lo más bajo posible.
- **Voltaje estable al descargarse:** Una salida de voltaje constante durante la descarga es crucial para dispositivos sensibles.
Se busca que sea lo más estable posible.
- **Facilidad para aumentar la capacidad o características eléctricas:** Algunas baterías permiten la expansión o modificación de sus características eléctricas.
Se intentara que sea fácil para adaptarse a cambios en los requisitos.
- **Sensibilidad a la descarga completa instantánea:** Algunas baterías pueden dañarse si se descargan completamente con rapidez.
- **Durabilidad:** La capacidad de la batería para resistir ciclos de carga y descarga repetidos.
Se busca una alta durabilidad para una vida útil prolongada.
- **Seguridad en uso:** Protecciones contra cortocircuitos, sobretemperatura, y otras características de seguridad.
La mayor posible.
- **Tasa de descarga:** La velocidad a la que la batería puede suministrar energía.
Lo más alta para aplicaciones de alta demanda de energía.
- **Valor mínimo al ser inutilizable:** El porcentaje mínimo de capacidad que puede alcanzar sin dañarse permanentemente.
Que este valor sea lo más bajo posible para aprovechar al máximo la capacidad de la batería.

3. Elección de batería

Ya habiendo descrito el funcionamiento de las baterías de litio y visto las necesidades del proyecto, se procederá con el proceso de elección. En el, comenzaremos comparando las características de estos utilizando la siguiente tabla.

3.1. Comparación entre baterías

Como se puede observar, para nuestro proyecto la mejor elección es la batería de LiFePO₄, pero su mayor inconveniente es el precio. Por lo cual se decidió en investigar los precios de los tres tipos de tecnologías, en los cuales, se busca llegar a 5V y obtener una capacidad final de 10Ah.

3.2. Precios

En el siguiente apartado compararemos los precios de los 3 tipos diferentes de baterías para concluir cual es la mejor para usar según este apartado.

(Los precios en dolares es una aproximación del valor respecto al peso de 1 USD = 1000 pesos.)

Característica	Litio-Ion	Litio Ferrofosfato	Litio Polímero	Gel AGM
Tensión (De al menos 5V)	3.7V por celda des-cargado (7.4-11.1-14.8-22.2V)	3.2V por celda descar-gado (6.4-12.8-19.2V)	3.7V por celda des-cargado (7.4-11.1-14.8-22.2V)	6-12-24V
Capacidad (De 10 Ah o superior)	1-8 Ah (por celda)	2-100 Ah	2-10 Ah (por celda)	20-200 Ah
Temperatura (-30 °C y 35 °C)	-20°C a 60°C	-20°C a 60°C	-20°C a 60°C	-20 a 50°C optimo 20 a 25°C
Vida Útil (400 ciclos)	5-10 años 500-1000	10-30 años 1000-10000	5-10 años 300-500	3-8 años 500-1000
Precio (USD)	6-40 (unidad)	50-1100	50-1220	20-300
Tamaño	Compactas	Moderados	Compactas	Moderados
Peso	Ligeras	Moderados	Ligeras	Moderados
Robustez	Moderada	Alta	Moderada	Alta
Tiempo de Carga	2-5 horas	80 % 15 min 100 % 40 mn	2-5 horas	8-12 horas
Eficiencia de Carga	95-98 %	95-98 %	95-98 %	70-90 %
Sobrecargas/ Descargas	Se gestionan bien	Se gestionan bien	Se gestionan bien	Sensibles
Efecto memoria	No	No	No	No
Densidad de energía	Alta	Moderada a alta	Alta	Moderada
Inflamabilidad	Moderada a alta	Baja	Moderada a alta	Baja
Mantenimiento	Bajo	Bajo	Bajo	Periódico
Voltaje estable al descargarse	Relativamente estable (ventaja)	Relativamente estable (mayor parte)	Relativamente estable (mayor parte)	Relativamente estable (más que Acido-plomo)
Durabilidad	Moderada a alta	Muy alta	Moderada a alta	Moderada
Seguridad	Requieren gestión de temperatura y protecciones	Seguras (Destacan)	Requieren gestión de temperatura y protecciones	Seguras
Tasa de descarga	Alta	Alta	Alta	Moderada
Valor mínimo al ser inutilizable	Descargas extremadamente profundas pueden dañar irreversiblemente. Evitar debajo del 20 %	Pueden soportar des-cargas más profun-das sin sufrir daños significativos. Evitar debajo del 20-30 %	Descargas extrema-damente profundas pueden dañar irre-versiblemente. Evitar debajo del 20 %	Descargas profundas pueden acortar la vida útil. Evitar debajo del 20-30 %

Cuadro 2: Comparación de Baterías Recargables

3.2.1. LiFePO4

Nombre	Marca	Precio (USD)	Voltaje	Capacidad
BSli-01. ¹	BS Battery	272 (unidad) $272 \times 5 = 1360$	12V	2Ah (unidad) $2Ah \times 5 = 10Ah$
Lh7lbs. ²	Hellux	155 (unidad) $155 \times 3 = 465$	12V	4Ah (unidad) $4Ah \times 3 = 12Ah$
Lh9bs. ³	Hellux	164 (unidad) $164 \times 2 = 328$	12V	5Ah (unidad) $5Ah \times 2 = 10Ah$
Lifepo4. ⁴	Expert Power	85 (unidad) $85 \times 2 = 170$	12V	5Ah (unidad) $5Ah \times 2 = 10Ah$
HHZ. ⁵	HHZ	140 (los 2)	6.4V c/u	7.4Ah (unidad) $7.4Ah \times 2 = 14.8Ah$
TWLFP1220. ⁶	BATTERY WORLD	217	12.8V	20Ah
Litio-12V-50Ah. ⁷	Expert Power	540	12V	50Ah
TWLFP1250. ⁸	BATTERY WORLD	394	12.8V	50Ah
LITIO LiFePO4 12V-50ah. ⁹	Branik	529	12V	50Ah
LITIO LiFePO4 12V-100ah. ¹⁰	Branik	1057	12V	100Ah

Cuadro 3: Baterías LiFePO4 y sus características - Mercado Libre.

3.2.2. LiPo

Debido a la gran oferta, en la siguiente tabla solo se nombraran algunas baterías con algunos precios para diferentes capacidades, para buscar más se recomienda ir al siguiente link.¹¹. Cabe destacar que los valores dependerán mucho de la cantidad de C que tengan.

¹¹https://listado.mercadolibre.com.ar/baterias-lipo-2s_NoIndex_True

Nombre	Marca	Precio (USD)	Voltaje	Capacidad
8XZP4CDJ. ¹²	URGENEX	138 (los dos) 138 × 3 = 414	7.4V	2Ah (unidad) 4Ah × 3 = 12Ah
SDL-783496. ¹³	Blomiky	197 (los dos) 197 × 3 = 591	7.4V	2.2Ah (unidad) 4,4Ah × 3 = 13,2Ah
887TLWWB. ¹⁴	CBB	201 (los dos) 201 × 2 = 402	7.4V	3Ah (unidad) 6Ah × 2 = 12Ah
B27P17F193CA7G5. ¹⁵	Crazepony	161 (unidad) 161 × 4 = 644	7.4V	3Ah (unidad) 3Ah × 4 = 12Ah
GA-B-TX-3800-2S1P-JST. ¹⁶	Gens Ace	168 (unidad) 168 × 3 = 504	7.4V	3.8Ah (unidad) 3,8Ah × 3 = 11,4Ah
SPMX50002S30H3. ¹⁷	Spektrum	245 (unidad) 245 × 2 = 490	7.4V	5Ah (unidad) 5Ah × 2 = 10Ah
HOOVO. ¹⁸	HOOVO	324 (los dos)	7.4V	5Ah (unidad) 5Ah × 2 = 10Ah
7.4V60C52-1. ¹⁹	HOOVO	102 (unidad) 102 × 2 = 204	7.4V	5.2Ah (unidad) 5,2Ah × 2 = 10,4Ah
B07Y56XHMK. ²⁰	SOCOKIN	164 (los dos)	7.4V	5.2Ah (unidad) 5,2Ah × 2 = 10,4Ah
ZEEE POWER. ²¹	Zeee	223 (los dos)	7.4V	5.2Ah (unidad) 5,2Ah × 2 = 10,4Ah
Zeee. ²²	Zeee	142 (unidad) 142 × 2 = 284	7.4V	6Ah (unidad) 6Ah × 2 = 12Ah
B07CV7V21F. ²³	Ovonic	231 (los dos)	7.4V	6Ah (unidad) 6Ah × 2 = 12Ah
S-ERC SERIES 6000MAH-2S1P-7.4V-70C. ²⁴	SUNPADOW	171 (unidad) 171 × 2 = 342	7.4V	6Ah (unidad) 6Ah × 2 = 12Ah
HB-DC018. ²⁵	Zeee	243 (unidad) 243 × 2 = 486	7.4V	8Ah (unidad) 8Ah × 2 = 16Ah
YDL2018032944. ²⁶	AKZYTUE	148 (unidad) 148 × 2 = 296	3.7V (unidad) 3,7V × 2 = 7,4V	10Ah
YW6S1000030XT90. ²⁷	YoWoo Power	882	22.2V	10Ah
B58BRGL8. ²⁸	Zeee	1212	14.8V	10Ah

Cuadro 4: Baterías LiPo y sus características - Mercado Libre.

3.2.3. Li-ion

Debido a la gran oferta, en la siguiente tabla solo se nombraran algunas baterías con algunos precios para diferentes capacidades, para buscar más se recomienda ir al siguiente [link](#).²⁹ Cabe destacar que los valores dependerán mucho de la cantidad de C que tengan.

²⁹<https://listado.mercadolibre.com.ar/bateria-li-ion-18650>

Nombre	Marca	Precio (USD)	Voltaje	Capacidad
18650 ³⁰	Vapex	6.9 (unidad) $6,9 \times 14 = 96,6$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	1.5Ah (unidad) $1,5Ah \times 7 = 11,5Ah$
18650 ³¹	Ledlenser	14.6 (unidad) $14,6 \times 10 = 146$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	2.2Ah (unidad) $2,2Ah \times 5 = 11Ah$
18650 ³²	Ledlenser	27 (unidad) $27,3 \times 10 = 273$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	2.2Ah (unidad) $2,2Ah \times 5 = 11Ah$
18650 ³³	Nitecore	33.7 (unidad) $33,7 \times 10 = 337$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	2.3Ah (unidad) $2,3Ah \times 5 = 11,5Ah$
18650 ³⁴	Nitecore	42.8 (unidad) $42,8 \times 10 = 428$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	2.3Ah (unidad) $2,3Ah \times 5 = 11,5Ah$
INR18650-25R ³⁵	Samsung	34.7 (unidad) $34,7 \times 8 = 277,6$	3.6V (unidad) $3,6 \times 2 = 7,2V$	2.5Ah (unidad) $2,5Ah \times 4 = 10Ah$
18650 Doble ³⁶	Cae Electronica	22 (unidad) $22 \times 4 = 88$	7.4V	2.6Ah (unidad) $2,6Ah \times 4 = 10,4Ah$
ARB-L18-2600U ³⁷	Fenix	34.7 (unidad) $53,6 \times 8 = 428,8$	3.6V (unidad) $3,6 \times 2 = 7,2V$	2.6Ah (unidad) $2,6Ah \times 4 = 10,4Ah$
BAT-RC-18650-2600mAh ³⁸	Duaitek	11.7 (unidad) $11,7 \times 8 = 93,6$	3.6V (unidad) $3,6 \times 2 = 7,2V$	2.6Ah (unidad) $2,6Ah \times 4 = 10,4Ah$
18650 / SW-LINT ³⁹	SWAT Outdoor	27 (los cinco) $27 \times 2 = 54$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	2.8Ah (unidad) $2,8Ah \times 4 = 11,2Ah$
NL1835 ⁴⁰	Nitecore	76 (unidad) $76 \times 6 = 456$	3.6V (unidad) $3,6 \times 2 = 7,2V$	3.5Ah (unidad) $3,5Ah \times 3 = 10,5Ah$
18650 ⁴¹	Unrivaled	9.2 (unidad) $9,2 \times 6 = 55,2$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	4Ah (unidad) $4Ah \times 3 = 12Ah$
18650 ⁴²	UltraFire	3.5 (unidad) $3,5 \times 6 = 21$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	4.2Ah (unidad) $4,2Ah \times 3 = 12,6Ah$
18650 ⁴³	Fulltotal	4.6 (unidad) $4,6 \times 6 = 27,6$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	4.8Ah (unidad) $4,8Ah \times 3 = 14,4Ah$
18650 Doble ⁴⁴	Cae Electronica	24 (unidad) $24 \times 4 = 96$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	5.2Ah (unidad) $5,2Ah \times 2 = 10,4Ah$
18650 ⁴⁵	Fulltotal	12 (los dos) $12 \times 2 = 24$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	6.8Ah (unidad) $6,8Ah \times 2 = 13,6Ah$
18650 ⁴⁶	Fulltotal	18 (unidad) $18 \times 4 = 72$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	6.8Ah (unidad) $6,8Ah \times 2 = 13,6Ah$
18650 ⁴⁷	Pila	5.7 (unidad) $5,7 \times 4 = 22,8$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	7.8Ah (unidad) $7,8Ah \times 2 = 15,6Ah$
18650 Sin Teton (Sin Punta) ⁴⁸	Ultra Fire	6.7 (unidad) $6,7 \times 4 = 26,8$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	7.8Ah (unidad) $7,8Ah \times 2 = 15,6Ah$
HY18650 ⁴⁹	Ultra Fire	25 (las diez)	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	7.8Ah (unidad) $7,8Ah \times 2 = 15,6Ah$
18650 ⁵⁰	Ultra Fire	8 (unidad) $8 \times 4 = 32$	3.7V (unidad) $3,7 \times 2 = 7,4V$	8.8Ah (unidad) $8,8Ah \times 2 = 17,6Ah$

Cuadro 5: Baterías Li-ion y sus características - Mercado Libre.

3.2.4. Comparación de precios

Como se puede ver, claramente hay una ventaja en relación precio de las baterías de Li-ion con respecto a sus pares de LiPo y LiFePO4.

Capacidad (Ah)	LiFePO4	LiPo	Li-ion
1 - 1.9	x	x	96.6
2 - 2.9	1360	502.5	236.2
3 - 3.9	x	516.6	456
4 - 4.9	465	x	34.6
5 - 5.9	249	281	96
6 - 6.9	x	285.6	48
7 - 7.9	140	x	24.8
8 - 8.9	x	486	32
10 - 19	x	796	x
20	217	x	x
50	504.3	x	x
100	1057	x	x
Promedio	570.32	477.95	236.7

Cuadro 6: Comparación de las baterías por capacidad.

Cantidad en Paralelo	LiFePO4	LiPo	Li-ion
7	x	x	96.6
5	1360	503	296
4	x	523	188.4
3	465	504	140
2	212.6	306	43
1	547	797	x
Promedio	646.15	526.6	152.8

Cuadro 7: Comparación de las baterías por cantidad en paralelo.

3.3. Conclusión

Tras observar los precios, y debido a su bajo costo en comparación a sus pares, se decidió optar en las baterías de Li-ion (decisión sujeta a cambio debido a la reunión de la segunda semana de enero de 2024).

Se buscara utilizar la menor cantidad de baterías, utilizándose una configuración 2s3p o 2s2p en lo posible, para facilitar la elección y diseño del cargador.

4. Comprobar el estado de la batería

4.1. TP 4056 Discharger (Hackday)

Al tener que diseñar un cargador de baterías, surgió la necesidad de tener a mano baterías descargadas; y al indagar en los peligros que conlleva el mal uso de las baterías de litio, surgió la necesidad de implementar un dispositivo que pueda descargarlas de forma segura. Si bien existen opciones disponibles en el mercado, aquí se expondrá un diseño de construcción más económica. El descargador se compone básicamente de tres elementos: una batería, una resistencia, y un controlador que limite la descarga y evite que el voltaje en la batería caiga por debajo de cierto valor. Para esto último se puede recurrir un BMS o a un cargador barato que posea la misma función. Al consultar MercadoLibre, se pudo constatar que un BMS 1s para una sola celda 18650 ronda los \$2000, mientras que un cargador en base a TP4056 (descartado para el cargador por no poder

usarse directamente con paneles solares) cuesta casi un cincuenta por ciento menos. Si tenemos en cuenta que una razón de descarga segura para una batería Li-Ion es de alrededor de 0.5C, y consideramos una celda de 2300mAh, podemos seleccionar la resistencia de forma que la corriente ronde el valor de 1A.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{4,2 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 4,2 \Omega \quad (1)$$

Un solo resistor de ese valor disipará una potencia de 4W. Pero si se usa un arreglo de resistores en paralelo, cada uno disipará menos.

Si se usasen cuatro resistores de 10Ω cada uno, en paralelo, tendríamos una resistencia equivalente de 2.5Ω . Cada uno disiparía ahora aproximadamente 1.8 watts, y la razón de descarga de corriente de la batería sería cercana a los 1.68A.

El siguiente esquemático recogido de internet, perteneciente a un circuito similar, muestra una posible implementación.

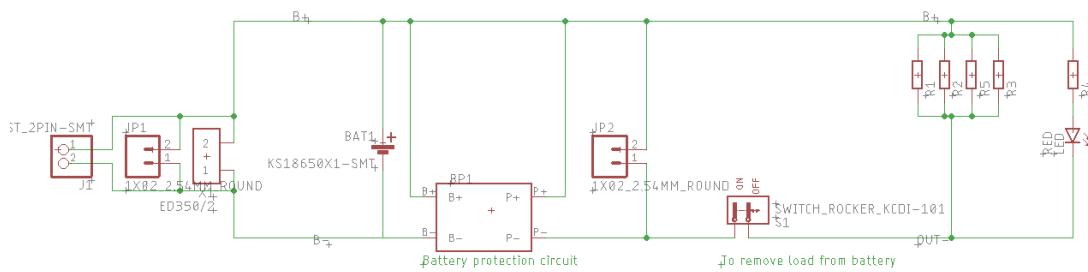


Figura 3: Esquemático propuesto.

Se puede observar que, además de los pines correspondientes a un porta-batería (identificado como BAT), posee cuatro conectores más, para colocar posiblemente otras celdas en serie (JP1, JP2, J1 y X1). También se observa que posee un led para señalar cuando la descarga se está llevando a cabo, y un interruptor de encendido para poder retirar la celda de forma segura.

El diseño final estará subordinado a los componentes que se ya dispongamos o que se puedan conseguir a la brevedad. El siguiente link ofrece variedad de resistores cementados en pack por cinco unidades: [link⁵¹](#)

El TP4056 se puede obtener por \$1140. El coste en materiales para construir el descargador, sin PCB, rondaría los \$5000.

Además, se le puede añadir un INA, para tomar datos de la descarga y carga de batería y así poder obtener información del estado de esta, comprobando así, su capacidad real, además del tiempo de carga completo.

4.2. ZB2L3

Existe el siguiente [producto⁵²](#) para testear baterías de litio y descargarlas (incluye dos resistencias cementadas).

Sirve para comprobar el estado de estas viendo los siguientes factores:

- Tensión.

⁵¹<https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-785397517-pack-x-5-resistencia-ceramica-cementada-5w>
JM

⁵²<https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1157654749-tester-probador-capacidad-de-baterias-de->
JM

- Corriente.
- Corriente por hora.

Para ello, se necesita que la batería este cargada, a medida que se descargue, nos irá proporcionara la información.

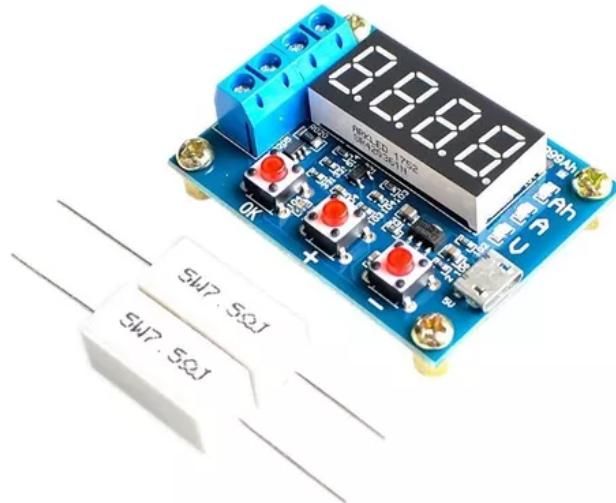


Figura 4: ZB2L3.

Parámetro	Mín	Típico	Máx	Unidad
Alimentación	4.5		6	V
Corriente de trabajo			70	mA
Voltaje de descarga (Res 0.01)	1		15	V
Voltaje final	0.5		11	V
Corriente de paso de soporte (Res 0.001)			3	A
Error máximo de resolución de voltaje			1 % + 0.02	V
Error máximo de resolución de corriente			1.5 % + 0.008	A
Capacidad de batería			9999	Ah
Tamaño	50	37	17	mm
Precio	11.7 (pausado) ⁵³	30 ⁵⁴	43 ⁵⁵	USD

Cuadro 8: Especificaciones del ZB2L3.

Además, incorporándole un TP4056 se puede añadir la función de cargador ([link⁵⁶](#)de la idea).

⁵⁶https://www.youtube.com/watch?v=bRGt_Fh9CVA&t=590s

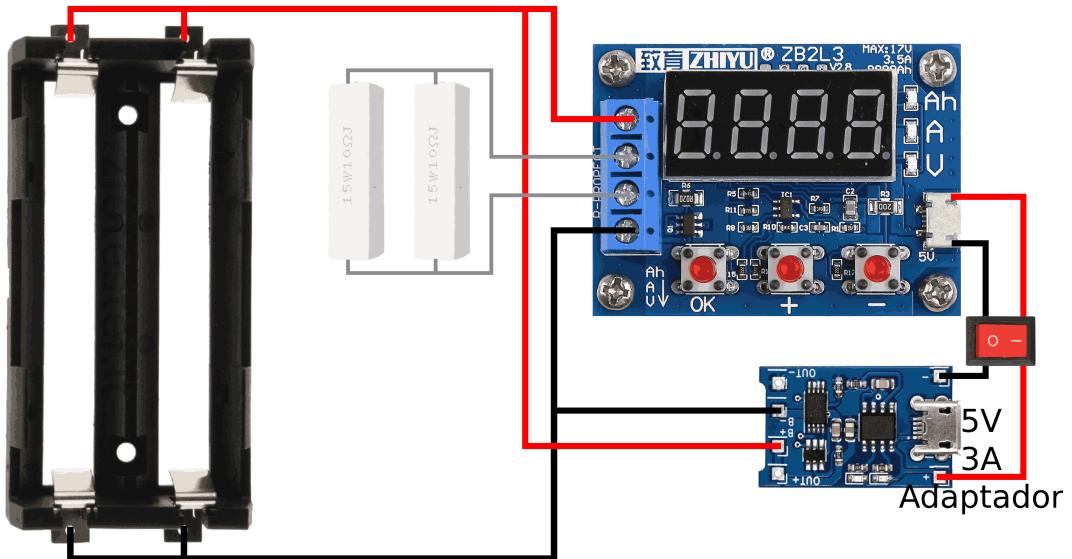


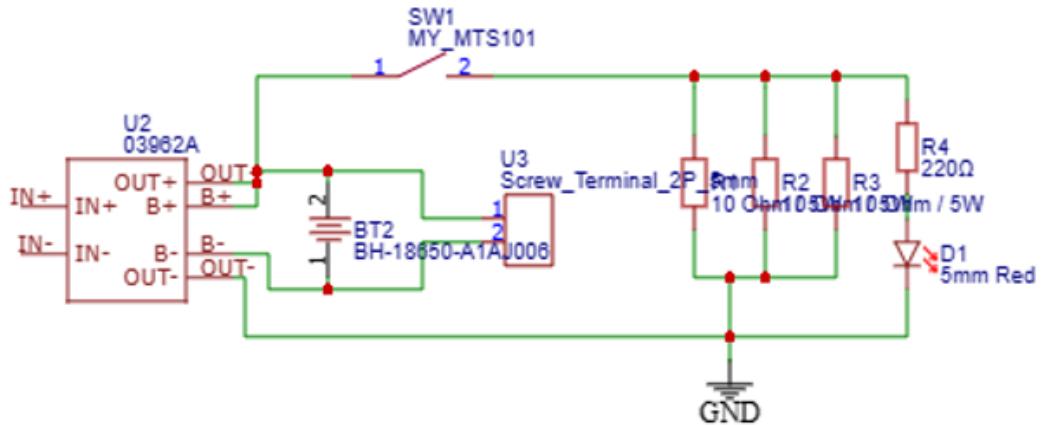
Figura 5: ZB2L3+TP4056.

5. Diseño del descargador

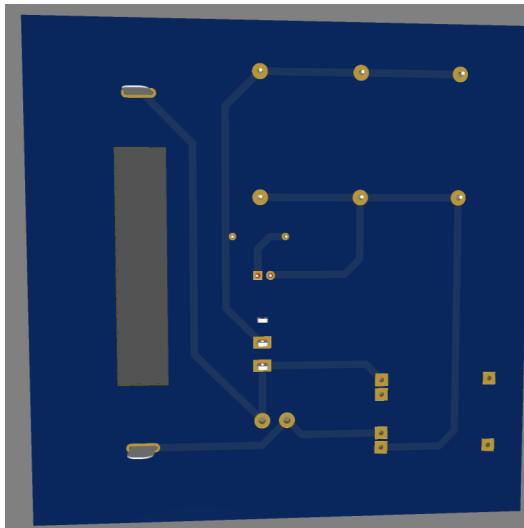
Finalmente se optó por diseñar un descargador de batería basado en el TP 4056 Discharger (Hackday). Utilizándose:

- TP4056 debido a su BMS incorporado para descargar la batería de forma segura.
- Un portapila para una batería 18650.
- Una bornera para poder colocar otro tipo de batería.
- Un interruptor para poder descargar la batería a voluntad.
- Una resistencia y un LED para comprobar que la batería se está descargando.
- Dos resistencias cerámicas de 7W-10 Ω para la descarga.

Siendo el siguiente su diseño de PCB:



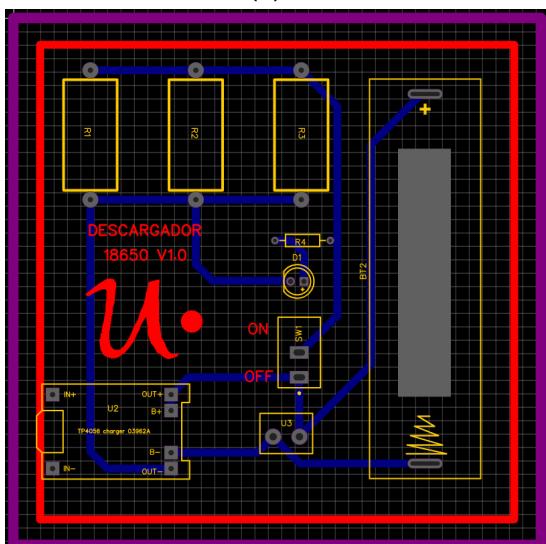
(a) Esquematico



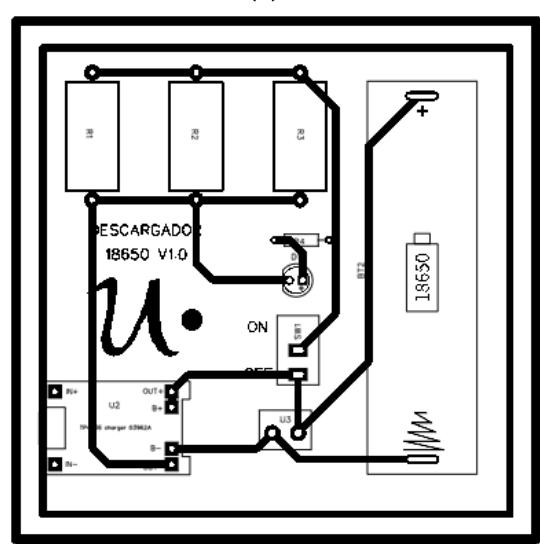
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 6: Evolución del PCB.

6. Fabricación del descargador

El 25 de enero de 2024 se concurrió al laboratorio de prototipado de la Universidad Nacional de Río Negro para fabricar el PCB del descargador de batería. El método empleado fue el de transferencia por rayos UV.

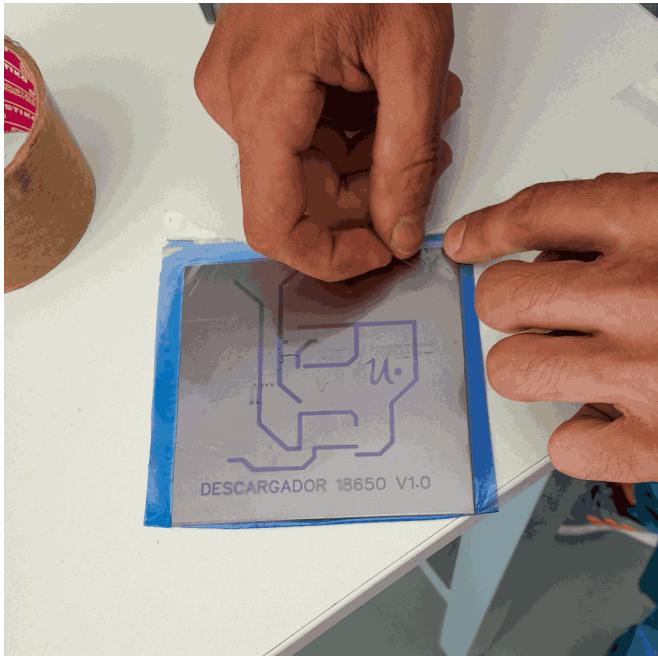
En primer lugar, se exportó un negativo del circuito impreso, en formato PDF y reflejado horizontalmente, desde el software utilizado para su diseño, EasyEDA. La impresión se realizó en papel de transferencia con la mayor resolución posible.

Se limó suavemente la superficie de la placa de cobre a fin de quitar impurezas y eliminar irregularidades, y se le pegó un trozo de película fotosensible encima, cuidando de no dejar burbujas. Para separar el protector de la película, se utilizaron dos trozos de cinta de papel de la misma forma que se utiliza al colocar protectores de celulares. Para una mejor adhesión, se utilizó una plastificadora (DASA LM240).

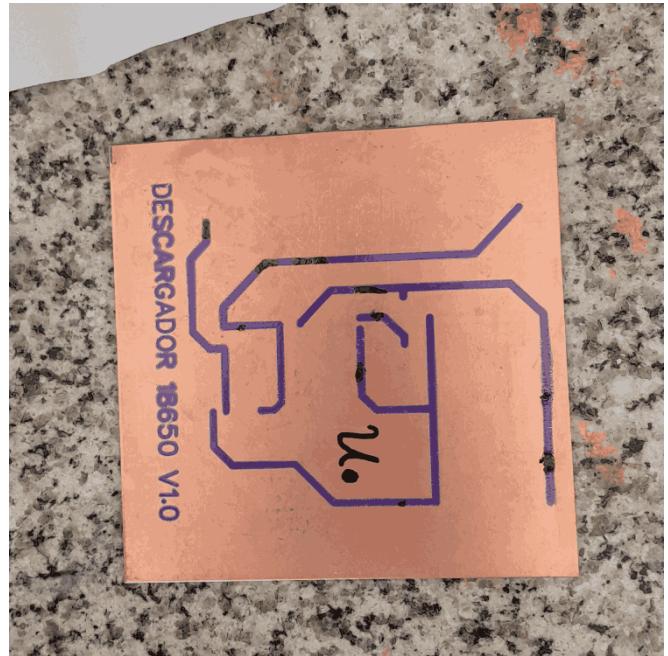
Después se colocó la placa en una insoladora, se alineó con el fotolito, y se la expuso a rayos UV durante diez minutos. El fin de esta etapa es aumentar la resistencia de las zonas no irradiadas para cuando deba usarse el revelador. Una vez transcurrido el tiempo, se la retiró, se quitó la película transparente superior de la lámina fotosensible y se sumergió en revelador durante otros diez minutos, tras lo cual se enjuagó con abundante agua. En este punto era visible la placa de cobre con las pistas cubiertas por la impresión (un negativo del pcb final). Cualquier error provocado en las pistas, debidas principalmente a pequeñas burbujas que quedaron luego del método de plastificado, se corrigió con marcador de tinta indeleble.

A continuación, se realizó un ataque químico al cobre, para disolverlo. El proceso duró alrededor de 20 minutos, durante los cuales la placa se fue moviendo ligeramente a intervalos regulares. Pasado ese tiempo, la placa se enjuagó y se retiró cualquier residuo que hubiera quedado en la superficie.

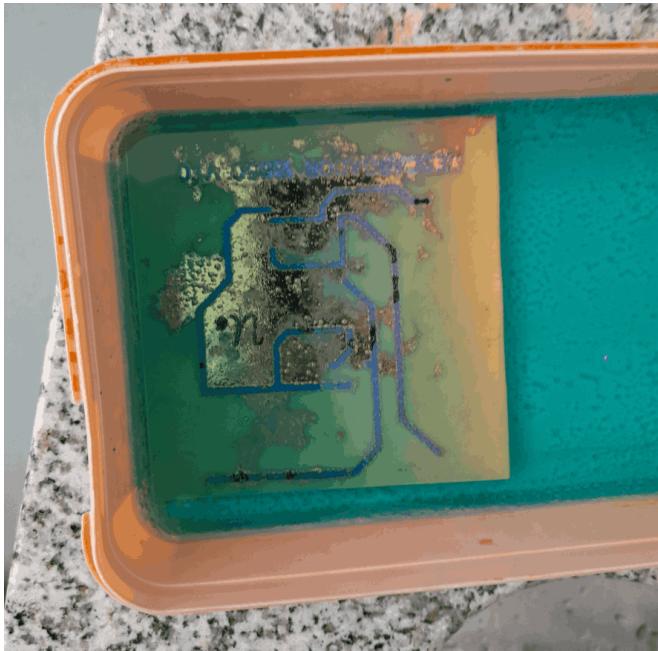
En este punto el PCB se veía como con las pistas de cobre expuestas. Se le aplicó un barniz protector a fin de evitar cualquier formación de óxido, y se hicieron los agujeros para los componentes. Se montaron los mismos, se soldaron, se colocaron pequeños soportes de goma en los extremos, y el PCB quedó listo.



(a)



(b)

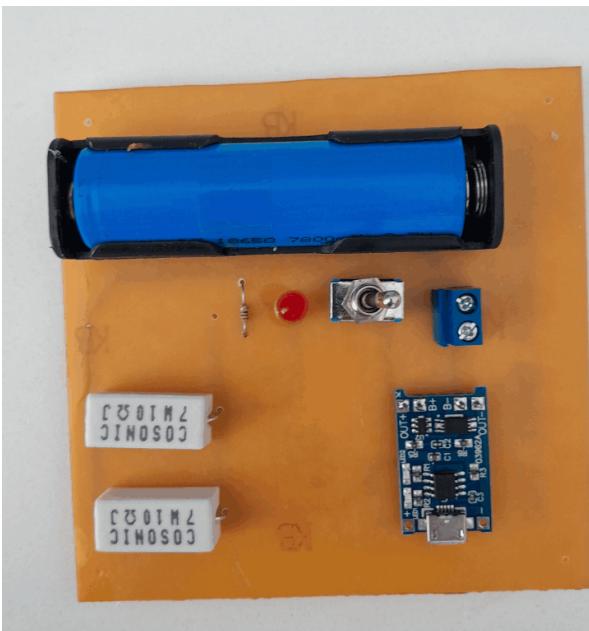


(c)

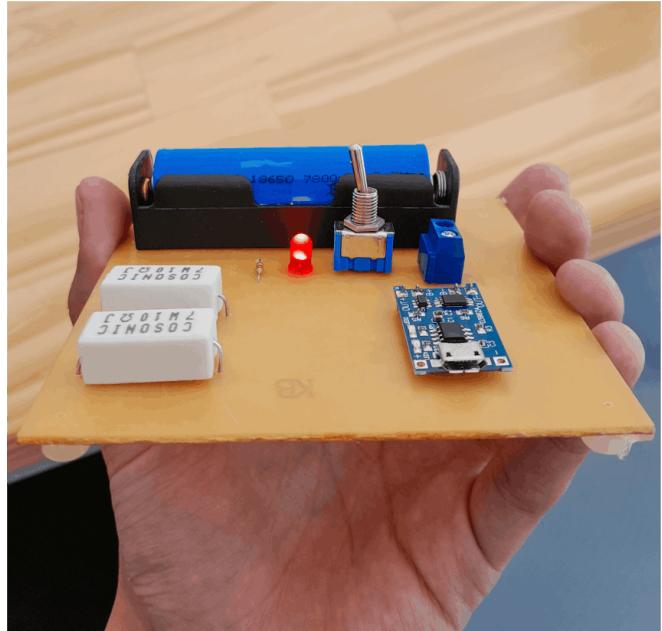


(d)

Figura 7: Evolución del PCB.



(a)



(b)

Figura 8: Descargador completo.

7. Bibliografía

7.1. Introducción

- Battery University - Configuraciones de las baterías.⁵⁷
- Battery University - Baterías.⁵⁸
- MegaCellMonitor - CGR18650CE (Panasonic).⁵⁹
- Battery University - BU-803a: Cell Matching and Balancing.⁶⁰
- Battery University - Discharge Characteristics of Li-ion.⁶¹
- Battery University - Safety Concerns with Li-ion.⁶²
- Battery University - BU-409: Charging Lithium-ion.⁶³
- Reddit (AskElectronics) - Baterías.⁶⁴

⁵⁷https://batteryuniversity.com/article/bu-302-configuraciones-de-baterias-en-serie-y-paralelo#google_vignette

⁵⁸<https://batteryuniversity.com/article/bu-1502-basics-about-batteries>

⁵⁹https://www.megacellmonitor.com/CellType?startID=Panasonic_CGR18650CE

⁶⁰<https://batteryuniversity.com/article/bu-803a-cell-matching-and-balancing>

⁶¹<https://batteryuniversity.com/article/bu-501a-discharge-characteristics-of-li-ion>

⁶²<https://batteryuniversity.com/article/bu-304a-safety-concerns-with-li-ion>

⁶³<https://batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion>

⁶⁴https://us.reddit.com/r/AskElectronics/wiki/bms_is_not_a_charger

7.2. Precios

- Mercado Libre - Baterías LiFePO4.⁶⁵ Mercado Libre - Baterías LiPo 10000mAh.⁶⁶ Mercado Libre - Baterías LiPo.⁶⁷ Mercado Libre - Baterías Li-ion.⁶⁸

7.3. LiFePO4

- Polímero (LiFePO4).⁶⁹
- Polímero (LiFePO4).⁷⁰
- Polímero (LiFePO4).⁷¹
- Polímero (LiFePO4).⁷²
- Polímero (LiFePO4).⁷³
- Polímero (LiFePO4).⁷⁴

7.4. LiPo

- Litio Polímero.⁷⁵
- Litio Polímero.⁷⁶
- Litio Polímero.⁷⁷
- El Vuelo del Dron - Uso y cuidado de baterías Li-Po⁷⁸

7.5. Li-ion

- Litio-ion.⁷⁹
- Litio-ion.⁸⁰
- Litio-ion.⁸¹
- Litio-ion.⁸²

⁶⁵https://listado.mercadolibre.com.ar/lifepo4_OrderId_PRICE_NoIndex_True

⁶⁶<https://listado.mercadolibre.com.ar/baterias-lipo-10000mah>

⁶⁷https://listado.mercadolibre.com.ar/baterias-lipo-2s_NoIndex_True

⁶⁸<https://listado.mercadolibre.com.ar/bateria-li-ion-18650>

⁶⁹<https://www.kuantica-hst.com/caracteristicas-baterias-linaduim/>

⁷⁰<https://www.bateriaslifepo4.com/que-es-el-lifepo4/>

⁷¹<https://www.bateriasdelitio.net/?p=104>

⁷²<https://www.digikey.com.mx/es/blog/use-purpose-built-chargers-to-get-the-most>

⁷³<https://resources.altium.com/es/p/lithium-iron-phosphate-battery-vs-lithium-ion-embedded-systems>

⁷⁴https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_litio-ferrofosfato

⁷⁵<https://www.guiaspracticas.com/computadoras-portatiles/baterias-de-polimero-de-litio>

⁷⁶<https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/1128-que-es-las-baterias-lipo-litio.html>

⁷⁷<https://lab.bricogeek.com/tutorial/todo-lo-que-debes-saber-sobre-las-baterias-de-litio-lipo>

⁷⁸<https://elvuelodeldrone.com/blog-de-drones/uso-cuidado-baterias-para-drones/>

⁷⁹<https://bateriadellitioencargable.com/es/content/8-ventajas-y-desventajas-de-baterias-de-litio>

⁸⁰<https://resources.altium.com/es/p/lithium-iron-phosphate-battery-vs-lithium-ion-embedded-systems>

⁸¹<https://www.renata.com/es/productos/baterias-de-ion-de-litio--polmero/>

⁸²https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_ion_de_litio

- Litio-ion.⁸³

7.6. Descargador y comprobador de batería

- ZB2L3-Datasheet⁸⁴
- Mercado Libre - ZB2L3⁸⁵
- Hackaday - Descargador⁸⁶
- Hackaday - Descargador⁸⁷
- Youtube - ZB2L3 + TP4056⁸⁸

⁸³<https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-Lithium-ion-and-Lynx-Ion-ES.pdf>

⁸⁴<https://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/ZB2L3-200240.pdf>

⁸⁵<https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-772379664-tester-de-baterias-y-capacidad-pila-pilas-1JM>

⁸⁶<https://hackaday.com/tag/discharger/>

⁸⁷<https://hackaday.io/project/171829-18650-discharger>

⁸⁸https://www.youtube.com/watch?v=bRGt_Fh9CVA