



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**Reacondicionamiento sostenible de
baterías de litio.**

*Aplicaciones de almacenamiento de
energía en áreas aisladas:
Análisis experimental e integración
tecnológica.*

Alumno: Juan Diego Astorga Gómez

Tutor: Prof. D. David Vera Candéas.

Cotutor: Antonio Escámez Álvarez.

Dpto.: Ingeniería eléctrica.

INDICE

1. Resumen.....	4
2. Introducción.....	6
2.1. Sostenibilidad, reutilización y reciclaje.....	6
3. Estado del arte.....	11
3.1. Marco actual de la reutilización y reciclaje. España, Europa y el mundo.....	11
3.2. Reacondicionar antes de reciclar.	13
3.2.1. Procesos de pretratamiento.....	13
3.2.1.1. Riesgos al trabajar con baterías.....	14
1. Riesgo eléctrico.	14
2. Riesgo térmico:	14
3. Riesgos químicos:	14
3.2.1.2 Técnicas de pretratamiento.....	15
1. Descarga.	15
2. Clasificación.....	15
3. Desmantelamiento.....	16
4. Pretratamiento mecánico.....	16
5. Calcinación.....	16
3.2.2. Procesos de reciclado.....	17
1. Hidrometalúrgicos.	18
3.2.3. Nuevos desarrollos y tendencias.....	20
1. Automatización de desmantelamiento.....	22
2. Trituración ondas de choque.	22
3. Pretratamiento con disolventes.	23
4. Reciclado directo.	23
5. Métodos electroquímicos.	23
4. Fundamentos teóricos.	24
4.1. Baterías de litio. Comienzos, evolución e impacto en la sociedad.	24
4.2. Tipos de baterías de litio.	28
4.2.1. Composición de las baterías de litio.	29
4.2.2. Batería de litio-ácido cobalto.	31
4.2.3. Batería de litio-hierro-fosfato.	31
4.2.4. Batería de litio-manganato.	32
4.2.5. Batería de litio-níquel-cobalto-manganato	32
4.3. Conceptos eléctricos básicos para entender las baterías.	33

1. Densidad energética.	33
Densidad energética gravimétrica.	33
Densidad energética volumétrica.	34
2. Voltaje e intensidad.	34
3. Capacidad de una batería.	35
4. Consumo energético.	35
4.4. Conceptos básicos técnicos de una batería.	36
1. Capacidad Nominal.	36
2. Voltaje de carga.	37
3. Voltaje nominal.	38
4. Método de carga.	38
5. Corriente de carga y tiempo de carga.	38
6. Máxima corriente de carga y máxima corriente de descarga.	38
4.5. BMS. Battery Management System.	39
5. Metodología.	39
5.1. Batería como chatarra.	40
5.1.1. Recolección.	40
5.1.2. Desmantelamiento de batería.	41
5.2. Clasificación de las celdas.	42
5.2.1. Carga de celdas.	42
5.2.2. Descarga celdas.	45
5.3. Destino de las celdas.	47
1. Sistema de almacenamiento aislado.	47
2. Vehículos para personas de movilidad reducida.	50
3. Otros usos.	51
5.4. Descarga completa para reciclado.	51
6. Resultados.	52
6.1. SAMSUNG INR18650-35E.	52
6.2. SAMSUNG INR18650-30Q.	56
6.3. SAMSUNG INR18650-26H.	60
6.4. INR 18650.	63
6.5. S28L 18650.	65
6.6. LG GBMH1.	67
6.7. LG BM26.	69
6.8. LG DBMJ1.	71
6.9. Todos los modelos.	73

6.10. Resumen.....	75
7.Diseño y montaje.....	77
7.1. Batería 12V.....	77
7.1. Minipowerbank.....	79
8. Concepto de RIG 18650.....	80
9.Conclusiones.	82
10.Referencias.	84
ANEXOS.	89

1.RESUMEN.

La capacidad de controlar la energía es el verdadero termómetro de una civilización. Y es por ello por lo que se invierte tanto esfuerzo en avanzar intentando evolucionar a procesos más estables y eficientes de convertir y almacenar energía. En este proceso entran las baterías, gran limitadora de nuestra tecnología actual.

En este reto de encontrar tecnología con cada vez mayor estabilidad química y física además de la mayor densidad energética posible. Se van quedando otras tecnologías obsoletas. Es el caso de las celdas de litio 18650 que, aunque aún consideradas con una tecnología competitiva en el mercado todo apunta a que esto dejará de ser así [44].

Y en esta vorágine de avances y evolución hay aspectos del proceso que bien por dificultad, falta de tiempo o bien por en un principio baja rentabilidad, en ocasiones se ignora.

De aquí nace la idea de hacer que esto no ocurra con las baterías de litio y en concreto con las mencionadas 18650. Las cuales están presentes en muchos aparatos de nuestro día a día. Prácticamente cualquier aparato eléctrico portátil o vehículo eléctrico monta una batería con las mencionadas celdas.

Esto genera un evidente problema de residuos y de demanda de materiales, al cual se le intenta dar solución buscando una vía eficiente de evaluación, reacondicionamiento y reciclaje que será el principal objeto de este trabajo.

Para la realización de este proyecto se han evaluado más de 250 celdas 18650 ya consideradas por el consumidor como chatarra.

Muchas han sido descartadas directamente por método visual, oxido, defectos mecánicos...

Las que visualmente se han consideradas válidas, han sido sometidas a un proceso de carga completa hasta los 4,2V, siendo posteriormente descargadas a una resistencia constante, dando una intensidad de descarga de 1000mAh. Hasta llegar a una tensión de 2,7V.

Algunas no han llegado a cargar por encontrarse con un nivel de tensión más bajo de 2,7V. Nivel de tensión mínimo requerido por los cargadores estándar del mercado, ya que por debajo de ese voltaje se consideran defectuosas, aunque no necesariamente sea así. Estas se pueden recuperar mediante una carga agresiva y corta a voltaje constante.

Para así elevar la tensión hasta un nivel que el cargador reconozca y ya ser cargada con suavidad a la carga recomendada por el fabricante. Este método es funcional pero no muy recomendable en celdas destinadas a uso doméstico, pues existe riesgo.

Del total de las evaluadas se han obtenido 91 celdas funcionales, entendiendo como funcionales las comprendidas en el rango de 2000 a 1500 mAh de capacidad remanente real.

Con estas 91 celdas se va a diseñar y dentro de las posibilidades y recursos, construir una batería funcional, se entiende que es un rango demasiado amplio de capacidades como para que la batería tenga similares características a una batería nueva, pero al no tener un stock lo suficientemente amplio como para coger una horquilla de valores más pequeña y tratarse de un estudio, se considerara valido el rango de valores. para hacer una.

Lo más importante es que todas tengan un voltaje similar y esto es así pues todas van desde 4,2 a 2,7 V en sus voltajes máximos y mínimos, dando un voltaje medio de unos 3,2 V.

Lo ideal como ya se ha comentado sería tener celdas de capacidades y químicas iguales. Pues esto aseguraría una vida útil y un funcionamiento equiparable con las baterías nuevas.

Se ha tratado durante todo el proyecto de entender la problemática, situar la tecnología en la época actual desde el origen y explicar todo el proceso de evaluación y desarrollo de la segunda vida del producto.

En los siguientes epígrafes, se expresa el conocimiento adquirido mediante la lectura de documentos referenciados y recogidos de manera ordenada a lo largo del documento.

Tratando no solo de entender y conocer el problema del fin de la vida de las baterías de litio, si no de proponer soluciones y probarlas de manera practica y real. Dando como resultado la redacción de este documento y su interpretación.

2.INTRODUCCIÓN.

2.1. Sostenibilidad, reutilización y reciclaje.

Qué hacer con las baterías de litio cuando llegan al final de su vida útil, es un problema real al cuál se le intenta de dar solución de distintas maneras.

Este trabajo expone la vía de reutilización y el reciclaje como solución al problema que genera el crecimiento exponencial de baterías de litio cercanas al fin de su vida útil o potenciales de ello que están generando la movilidad eléctrica y la electrónica portátil.

Dando una segunda vida de a estas baterías, con diferentes propuestas y si ninguna resultase útil o viable. Tendremos la obligación de cerrar el círculo de vida de estas baterías reciclándolas.

En la actualidad, las baterías de lito son las más usadas en los vehículos eléctricos tales como bicicletas, patines, motos, coches, autobuses, camiones y vehículos de movilidad reducida.

También los encontramos en herramientas como sierras, destornilladores, taladros...

Además de en ciertos dispositivos electrónicos como ordenadores y consolas portátiles.

Como ha quedado reflejado podemos encontrar este tipo de baterías en la mayoría de los aparatos eléctricos que son recargables. Estando el mayor peso volcado en los coches eléctricos.

Siendo estas baterías indiscutiblemente una parte fundamental de la transición hacia una economía más sostenible y con menos emisiones de carbono.

Surge entonces el problema de qué hacer con estas baterías cuando llega el fin de su vida útil.

Este trabajo intenta dar un valor añadido a estas baterías cuando son consideradas chatarra dándoles una segunda vida a estas celdas cuando esto sea posible. Y cuando no, ya que habrá casos en los que estas celdas estén inservibles en su totalidad. Ponerlas en el primer punto de una cadena de valor en para su reciclaje.

Para cuantificar el problema con algunas cifras vamos a realizar unos sencillos cálculos, ya que, aunque se suponen que deben ser anuales y públicos [1].

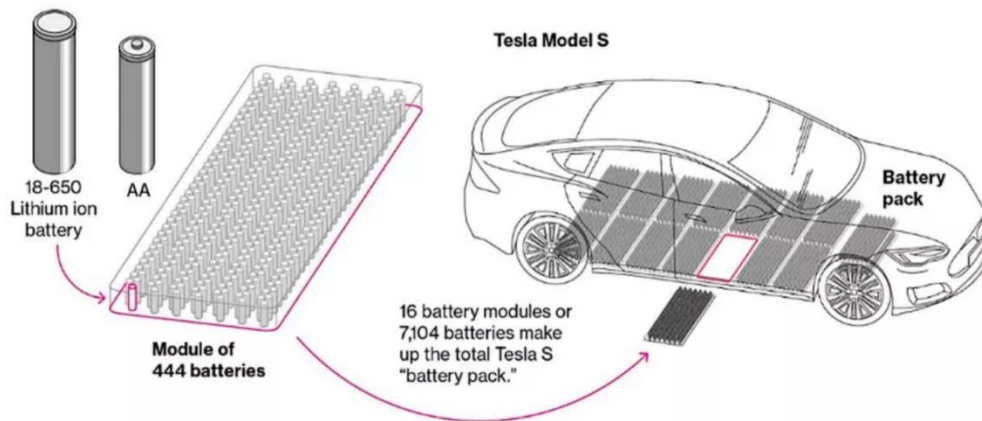
Ha resultado imposible acceder a esta información incluso contactando vía correo electrónico y vía telefónica con el organismo andaluz que lo gestiona y con el estatal.

Para realizar un cálculo preliminar del problema, se observa la cantidad de coches eléctricos puros en España. Según los datos de 2022, se contabilizan 183.961 BEV [2].

Se coge como modelo de referencia de estos coches el tesla model 3. Ya que para el problema que se está abordando es un buen modelo de referencia por el tamaño y la capacidad de su batería. Además de ser el modelo referencia en coches eléctricos y el más vendido en España.

La batería de este modelo está compuesta por 7014 celdas 18650 [3].

Como vemos en la figura [1] es una batería que se compone de 16 módulos de 444 celdas cada módulo.



1. Celdas en un Tesla.

Fuente: [3]

Considerando la simplificación de modelo que antes hemos asumido, de que todos los coches eléctricos de España los asemejamos a un tesla model S. Para calcular las celdas totales:

$$C_T = C_v * N_v$$

Siendo:

$C_T \equiv$ Celdas totales.

$C_v \equiv$ Celdas por vehículo.

$N_v \equiv$ Número de vehículos.

Aplicando el cálculo. Para los **coches eléctricos** en España tenemos una cifra de **1.290.302.454 celdas** de litio 18650 circulando en los coches eléctricos por las carreteras de España actualmente.

Por dar un poco más de veracidad a la cifra de celdas de litio en circulación vamos a seguir el modelo de cálculo aplicando a los demás vehículos.

Sigamos con los **patinetes**:

En España hay actualmente aproximadamente 1.500.000 de patinetes en circulación [4]. Tomando como referencia el modelo de Xiaomi Mijia M365, el cual es el típico que todos tenemos en la cabeza cuando pensamos en un patinete.

Este tiene 30 celdas [5].

Haciendo la misma operación de cálculo tenemos **45.000.000 celdas** 18650 en patinetes eléctricos en España.

Seguimos con las motos en España encontramos unas 104.239 motos eléctricas [6]. Este número abarca motos, Scooter y ciclomotores. Tomamos como modelo referencia la NEXT NX1, que es un scooter típico de ciudad la cual su batería cuenta con 120 celdas.

Aplicando la ecuación tenemos un total de 12.508.680.

Ya que no es el objetivo de este trabajo el ver cuantas celdas de litio hay en circulación, vamos a suponer que las calculadas suponen un 60% y el otro 40% estarían en los aparatos electrónicos, herramientas, autobuses, bicis eléctricas, vehículos de movilidad reducida, sistemas de almacenamientos estacionarios, y otros.

Sumando los coches, motos y patinetes tendríamos un total de 1.347.811.134 celdas en circulación. Como podemos observar, los coches son los que se llevan la inmensa mayoría del peso.

Asumiendo que estos cálculos son meramente de aproximación y que no sirven más que para poner un marco contextual de la situación actual del número de celdas de litio en el mercado español diremos que hay aproximadamente **1.500.000.000 celdas** 18650 solo en España.

De las cuales aproximadamente tres cuartas partes corresponden a coches eléctricos.

Vemos la importancia que cobra el tener el círculo del ciclo de vida de estas celdas bien definido y cerrado ya que, aunque aún es pronto para empezar a ver la magnitud del problema, ya que estas celdas tienen una vida útil de unos 15 o 20 años. Ya comenzamos

a observar un absurdo de celdas usadas que no se sabe muy bien a donde dirigir o cómo manejar, ya que los talleres no tienen una ley ni unas directrices claras de cómo proceder.

Además, hay baterías que siguen siendo perfectamente útiles pero que por accidentes derivados de los vehículos a los cuales alimentan se han visto en desguaces o en lugares los cuales no tienen más remedio que considerar a estas como residuos peligrosos haciendo imposible su venta o dificultando el dar una segunda vida estas.

Solo recalcar el cómo en poco tiempo los vehículos eléctricos debido a la inmediata entrega de potencia se están viendo tristemente posicionados entre los vehículos con mayor tasa de siniestros [9].

Estas cifras nos parecen motivo suficiente como para tener la necesidad de pensar en una segunda vida para estas, ya que antes del reciclaje viene la reutilización. Además, por las características de las baterías de litio el reciclaje es una tecnología aun por explorar y aunque empresas como Endesa o Urbaser ya se han preocupado de invertir recursos y unir lazos con otras empresas y técnicos del sector para abrir plantas de reciclaje como la de Novolitio [10]. Estas están naciendo ahora a mediados de este año 2024.

Y antes de que lleguen a esas plantas es interesante ver sistemas de uso de segunda vida en la línea en la que trabajan empresas como por ejemplo Mercedes [8].

El objetivo de este tfg será por tanto el de investigar las diferentes líneas de reutilización para estas baterías. Proporcionando una segunda vida a estas celdas.

Estas líneas parten de un punto común que será el de recolectar celdas usadas, procesamiento de estas para evaluación, evaluación de estado de vida, clasificación y pruebas de carga en distintas aplicaciones.

La segunda vida que se buscará a estas principalmente será el de grupo de almacenamientos estacionarios para sistemas aislados de la red.

Aunque se plantearan otro como grupo auxiliar de energía para comunidades de vecinos que cumplan con una función de eficiencia energética.

O propulsiones de vehículos menos exigentes como por ejemplo barcos.

Para ello se tratará el tema de como los BMS controlan las baterías y hasta qué punto se puede modificar los parámetros de estos para realizar descargas más profundas y como les afecta en rendimiento y duración.

Además de intentar controlar con un sistema maestro/esclavo la prioridad de descarga de cada grupo de conexión paralelo para así equilibrar el estado de vida de las baterías. Programar el sistema en lenguaje maquina e implementarlo se escapa de las ambiciones de este trabajo y se pospondrá para futuras investigaciones.

Quedando patente aquí solo la idea e intención de hacerlo y una breve explicación conceptual que se expondrá en párrafos posteriores.

En la figura [2] resumimos los datos de la problemática.

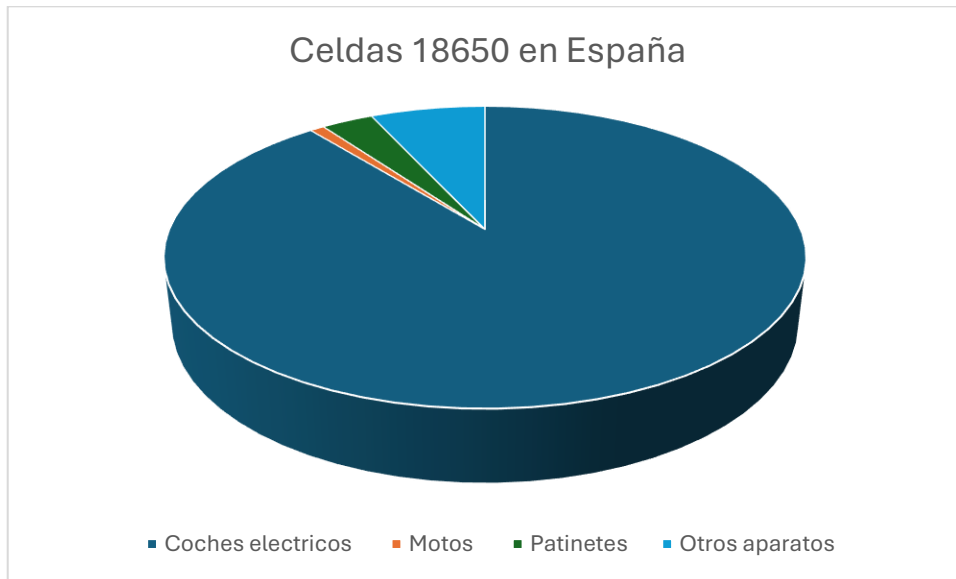


Ilustración 2. Celdas 18650 en España.

Fuente: elaboración propia.

3. ESTADO DEL ARTE.

3.1. Marco actual de la reutilización y reciclaje. España, Europa y el mundo.

En este apartado del estado del arte se va a dar una visión general del estado de la literatura sobre la reutilización y reciclaje de las baterías de litio. Además de su sistema de gestión BMS.

Como documento base para esta exposición de normas, de cómo y por qué proceder en lo referido al tema del reciclaje y reutilización de las baterías de litio en España tomaremos la referencia de la ITP 02-2022 [11] ya que se trata de un documento avalado por el gobierno de España que intenta darnos unas pautas o sentar ciertos precedentes de lo que sea una normativa estricta en el cómo proceder en el tema que tratamos.

“En Europa, la Comisión Europea ha propuesto estrictos requisitos de reciclaje de baterías [12] que podrían introducirse gradualmente a partir de 2023, aunque las perspectivas de desarrollo de una industria nacional de reciclaje son inciertas.

En Estados Unidos, la administración del presidente Joe Biden quiere invertir miles de millones de dólares para fomentar una industria nacional de fabricación de baterías de vehículos eléctricos y apoyar el reciclaje, pero aún no ha propuesto regulaciones más allá de la legislación existente que clasifica las baterías como desechos peligrosos que deben eliminarse de manera segura. Algunas empresas de nueva creación norteamericanas dicen que ya pueden recuperar la mayoría de los metales de una batería, incluido el litio, a costos que son competitivos con los de la minería, aunque los analistas dicen que, en esta etapa, la economía general solo es ventajosa debido al cobalto”.

Afirmaciones como estas son las que dan fuerza a la intención de nuestro proyecto de indagar sobre la reutilización antes del reciclaje y el posterior cierre de esta economía circular cuando ya sea imposible el alargar más la vida del producto en cuestión, las baterías de litio.

Hoy en día no existe tecnología, ni industria real en España capaz de hacerse cargo del reciclado de las baterías de los coches eléctricos. Es por ello por lo que después de su recolección y clasificación son otros países vecinos europeos tales como Francia y Alemania. E incluso en ocasiones fragmentos de estas baterías ricos en materiales como cobalto o níquel deben ser enviados a Asia para su correcto procesamiento [13].

Esta falta de capacidad de recursos y tecnología para hacer frente al reciclaje nos presenta problemas claros como el de que los materiales más cotizados del proceso de

reciclaje se valorizan fuera de la UE y además del añadido de que el transporte de estos fragmentos tiene unas emisiones de CO₂ que disminuyen el valor del proceso.

Aunque sin que sirva de excusa debemos aclarar que en Europa aún no hay volumen suficiente para garantizar la rentabilidad de los procesos de reciclaje. La clara ventaja de la industria asiática es que paralelamente a sus gigas factorías se han desarrollado las plantas de reciclaje y ahora en estos momentos ya comienzan a verse los frutos de la inversión ya que tienen los métodos y la entrada de chatarra suficiente [14].

Esto no debería más que de motivación para que los técnicos de nuestro continente se planteen el cómo hacerlo y hacerlo mejor que nuestros vecinos asiáticos ya que estos se rigen por sus propias normas industriales que, aunque sin duda muy efectivas. También de dudosa ética social y ecológica.

Analizando un poco más en profundidad el panorama nacional sí que encontramos actualmente una apuesta muy interesante en Cubillos de Sil (León).

Este proyecto es sin duda la punta de lanza del reciclado de baterías de vehículos eléctricos en España y aunque es una empresa con apenas unos meses de funcionamiento cuenta con un equipo de muy alta cualificación y experiencia industrial, así como inversores asiáticos que conocen el sector en profundidad y de toda la confianza y el apoyo por parte de la comunidad europea y el gobierno de España [15].

Por todo esto vamos a explicar de manera muy gruesa los procesos y etapas que abarca esta planta de reciclaje y que todo esto sirva de apoyo y guía tanto en este trabajo como en futuros proyectos.

El proyecto engloba la recolección de baterías en España y Portugal. Lo cual es un punto del proceso que me gustaría indagar en profundidad más adelante. Almacenamiento temporal de las baterías hasta su transporte a la planta de reciclado.

Ya en la planta las baterías serán evaluadas y manufacturadas para una segunda vida si fuera posible. Es la encargada de hacer esto la empresa de Beeplanet [16] empresa que nace en paralelo de la planta de reciclaje de León ya que como bien se sabe antes de reciclar un producto dar una segunda vida añade valor a su ciclo de vida y es algo en lo que se ha pensado de manera muy acertada en este proyecto.

3.2. Reacondicionar antes de reciclar.

En este tfg este sería el punto sobre el que más vamos a tratar el reacondicionamiento, ya que el reciclaje por motivos evidentes se nos queda muy grande. Aunque podemos entrar en la cadena de valor ya que la recolección, almacenamiento, evaluación y transporte es algo que si tenemos al alcance.

Una vez son descartadas para una segunda vida las baterías son procesadas mecánicamente para obtener las diferentes fracciones de plásticos y los diferentes metales. Pero lo más interesante de todo este proceso y donde está la magia de esta industria es en la obtención de la llamada “black mass” o “masa negra”, una mezcla de componentes de las celdas que contiene grafito y es rica en materias primas críticas como litio, cobalto, níquel o manganeso.

Este proyecto arrancado hace apenas unos meses a principios de 2024 espera tener un procesamiento anual de unas 11000 t/a. Además, esta planta de reciclaje espera también nutrirse de residuos de la fabricación de Sagunto, primera de sus características proyectadas en España [17].

Hasta aquí hemos planteado una visión global de la industria del reciclaje de baterías de vehículos eléctricos.

Ahora vamos a abordar los procedimientos usados en esta industria. Debido a la complejidad de sistematizar los procesos debido a la complejidad y la variabilidad de las baterías la ITC 02-2022 nos hace la división de dos grandes bloques: procesos de pretratamiento (transformaciones físicas) y tratamientos de reciclado propiamente dichos (transformaciones químicas). Que son los bloques que nos disponemos a analizar nosotros a través de la revisión de este y otros documentos.

3.2.1. Procesos de pretratamiento.

Las baterías de litio actuales combinan materiales de alta densidad energética con electrolitos líquidos la mayoría altamente inflamables. Combinación que cabe esperar sea la ganadora en el diseño y fabricación de estas baterías en el medio/corto plazo.

Esto da lugar a que durante su vida las baterías debido a factores externos como cortocircuitos, elevadas temperaturas, deformaciones mecánicas y otros. Dan lugar a eventos críticos como fuga térmica o en inglés “thermal runaway”.

Es por ello por lo que los recicladores de baterías se exponen principalmente a tres riesgos que están presentes en los procesos de manipulación y pretratamiento de baterías.

Digamos que en la etapa previa al reciclado la cual es la que más nos preocupa en este trabajo ya que es la antesala de la decisión de si una batería es apta para tener una segunda vida o por el contrario debe ser trasladada a la planta de reciclaje.

3.2.1.1. Riesgos al trabajar con baterías.

1. Riesgo eléctrico.

Resulta evidente que el riesgo de descarga directa está presente en la manipulación de estas baterías. Y sus consecuencias pueden ser desde una quemadura, parálisis muscular o incluso electrolisis de la sangre causando la muerte. Es por esto por lo que resulta fundamental el saber cómo y el que se está manipulando en cada momento además de realizarlo con el equipo de protección adecuado para cada aparato y situación. Recordemos que existen EPIS para situaciones de riesgo eléctrico y aunque estos elementos estén desconectados de la red tienen energía eléctrica acumulada, además esta energía está en forma de corriente continua lo cual la hace más peligrosa, sobre todo a voltajes altos. Los cuales nos encontramos sobre todo en las baterías destinadas a vehículos eléctricos. Para una mayor seguridad y saber cómo proceder cuando hay riesgo eléctrico debemos acudir a manuales técnicos que resuelvas dudas tales como el reglamento electrotécnico de media y baja tensión que, aunque no tenga aun actualizado una instrucción técnica para la manipulación de baterías, nos sirve de pilar para avanzar con seguridad en estas manipulaciones [18].

2. Riesgo térmico:

“Los peligros térmicos de una batería se deben principalmente a los componentes electrolíticos utilizados, que suelen ser una mezcla de disolventes orgánicos altamente inflamables (carbonato de etilo (EC), carbonato de metilo-etilo (EMC)) y una sal conductora (hexafluorofosfato de litio, LiPF₆), cuya reacción con agua puede dar como resultado el fluoruro de hidrógeno (HF) altamente tóxico y corrosivo. Las tasas de evaporación parcialmente altas de los componentes electrolíticos en rangos de temperatura moderados y salas de proceso parcialmente cerradas pueden dar lugar a mezclas explosivas en combinación con una atmósfera que contiene oxígeno”.

3. Riesgos químicos:

“Riesgos químicos: los peligros químicos de las baterías vienen determinados principalmente por sus componentes, pero también por los productos de reacción liberados

en caso de fallo. Los materiales tienen efectos irritantes, tóxicos, cancerígenos, y dañinos en general, tanto para el medio ambiente como para el ser humano. En particular, los materiales activos del cátodo, principalmente óxidos de metales de transición como níquel y cobalto son cancerígenos y tóxicos para los mamíferos. Además, el pequeño tamaño de partícula (10–15 μm) de éstos puede aumentar la exposición a través del sistema respiratorio humano” [19].

A lo señalado en los párrafos anteriores por la ITP volvemos a añadir que estos riesgos no indican prohibición de manipular si no que debemos tomar una serie de medidas preventivas que, aunque no especificadas aun para la manipulación de baterías de litio existen prácticas que implican unos riesgos similares y por tanto debemos tomar las medidas ya implantadas para ello como por ejemplo el uso de máscaras o el tratamiento posterior de desinfección de los trabajadores.

Como venimos señalando es fundamental el crear proceso que minimicen estos riesgos y que hagan del reciclaje de estas baterías un proceso lo más seguro y estandarizado posible [20].

3.2.1.2 Técnicas de pretratamiento.

1. Descarga.

En la instrucción se habla del uso de técnicas electrónicas o líquidos conductores [21]. El primer de los casos es el que nos parece más interesante pues podemos utilizar esta energía para que sea almacenada en otras baterías en buenas condiciones y que esta energía sea aprovechada para el mismo proceso de reciclaje. Lo que se debería de analizar con detenimiento en este caso es antes de realizar esta descarga si debe realizarse pues dañaría de manera irreversible el estado de salud de la batería y si es así como de grave serían estos daños y si es o no es asumible el hacerlo para conservarlas de una manera más segura y eficiente.

2. Clasificación.

Aunque ahora mismo es un poco complicado el clasificar las baterías según su composición química esto ayudaría de gran manera al posterior reciclado. Es por esto por lo que se está trabajando en una etiqueta normalizada que nos indique la trazabilidad y la composición de la batería. Un Qr que haga las veces de pasaporte de la batería.

Cabe destacar que para una reutilización antes de un reciclaje la clasificación más importante que haríamos más que química sería de capacidad, salud y geometría. Siendo esta parte uno de los procesos fundamentales a la hora de añadir valor a nuestro desecho.

3. Desmantelamiento.

Uno de los procesos fundamentales en el reciclaje. Las baterías suelen ser voluminosas y complejas. En la imagen [] vemos un esquema de cómo se distribuyen los materiales en una celda unidad y como contribuye esta distribución a su peso.

Esto se centra de nuevo en el reciclaje, pero nuevamente debemos llevar este proceso al terreno de la reutilización. Siendo el desmantelamiento también uno de los procesos más costosos ya que debemos hacerlo manualmente aunque si se investiga un poco sobre el tema no debe ser algo realmente complicado de automatizar, quizás si por la distinción de la geometría y diferente construcción de cada una de las baterías pero si tenemos esto en cuenta a la hora de la fabricación y se comienza a normalizar el diseño y fabricación esto convertiría el posterior proceso de desmantelamiento en algo realmente fácil de automatizar. En este punto de la normalización de diseño y la facilitación de la posterior desmantelaría será algo que trataremos más adelante con detalle en este trabajo.

4. Pretratamiento mecánico.

Básicamente se trata de triturar las celdas para obtener por separación metalúrgica los distintos componentes y la valiosa masa negra. Este tratamiento es propio del reciclaje y no tiene cabida en la reutilización es por ello que no nos extenderemos demasiado en el cómo se hace [20].

5. Calcinación.

Este proceso trata de eliminar materiales orgánicos y sustancias que actúan como aglutinantes o como uniones entre componentes. A través de elevadas temperaturas del rango de 100 a 500 grados. Aunque tampoco tiene homólogo en el proceso de reutilización cabe resaltar de nuevo la importancia que tiene el normalizar el diseño y fabricación de baterías ya que la minimización de materiales inútiles en estas baterías no solo resultará un beneficio económico si no que será de gran ayuda a la hora de reciclar las celdas. Es por lo que comentaremos más adelante lo interesante de crear un RIG o estructura capaz de conectar con facilidad y las celdas. Creando una batería que sea fácil de extraer sus

celdas gastadas y sustituirlas por otras dándole una mayor importancia a una estructura en conjunto, sólida y estandarizada en vez de unir las celdas como mejor convenga en cada caso. Es obvio que esto en los coches esta mucho más regulado y controlado. Pero sin embargo en los patinetes y motos eléctricas. Al ser un sector tan accesible y con un público tan joven hace que cualquiera se crea capaz de armar una batería y ponerla a funcionar. Esto no solo crea los problemas de seguridad, que vienen derivados por una falta de regulación normativa y conocimiento. Si no que da otros problemas que quizás no vemos tan claros, pero están ahí tales como el que se hace con esas baterías usadas que han sido sustituidas o el futuro reciclaje de esas baterías que no guardan una relación clara de morfología ni materiales. Lo cual complicara enormemente el futuro del reciclaje de estas.

3.2.2. Procesos de reciclado.

Este proyecto, aunque no trate de abarcar lo que es el proceso de reciclado y se limita más al reacondicionamiento de las baterías. Resulta interesante al menos mencionar estos procesos en el estado del arte. Ya que el conocer, aunque sea por encima estos conceptos pueden hacernos reflexionar y ver nuevas opciones de diseño para que nuestras baterías sean más fáciles de reciclar.

Los procedimientos de reciclaje de baterías involucran la alteración química o separación de los componentes clave de las baterías, lo que resulta en productos que pueden ser reutilizados como materia prima secundaria tanto en la fabricación de nuevas baterías (reciclaje cerrado) como en otros usos (reciclaje abierto). Estos procesos se dividen en dos categorías principales, dependiendo de la técnica utilizada. Este enfoque tiene la ventaja de que las baterías no requieren un tratamiento previo más allá de su desmontaje hasta el nivel de los módulos, y son adaptables a diversas composiciones químicas, incluyendo la posibilidad de tratar baterías de iones de litio y Ni-MH juntas. Sin embargo, presenta desafíos como las altas emisiones de CO₂ y la falta de valorización del litio, que se pierde en la escoria.

Es importante destacar que, debido a la tendencia de los fabricantes a reducir el contenido de cobalto en las baterías y al creciente interés en la recuperación del litio (que en 2020 fue clasificado como material crítico y ha experimentado un aumento significativo en su precio en los últimos meses), se está prestando más atención y se están destinando más recursos al reciclaje de este metal, que es el más ligero de la tabla periódica. Un ejemplo de esto es la reciente patente publicada por Umicore (EP3 607099B1), que reclama la recuperación del litio presente en la escoria generada por su proceso industrial, un recurso que tradicionalmente no se aprovechaba.

1. Hidrometalúrgicos.

Los métodos hidrometalúrgicos se basan en el uso de ácidos de diferentes tipos (orgánicos e inorgánicos) o bases para extraer y separar los metales presentes en los cátodos mediante un proceso llamado lixiviación, que implica la extracción de elementos de un sólido mediante su contacto con un líquido. Estos procesos requieren menos energía que los métodos pirometalúrgicos, ya que se llevan a cabo a temperaturas generalmente inferiores a los 100 °C, y permiten la recuperación del litio, así como de otros metales de transición.

En términos generales, los procesos hidrometalúrgicos suelen necesitar más pasos de pretratamiento que los métodos pirometalúrgicos. En muchas variantes de estos procesos, es necesario realizar etapas de separación de los componentes (como tamizado, separación magnética o por densidad) después de un pretratamiento mecánico, con el objetivo de aislar la fracción conocida como 'BAM' (Battery Active Materials) o 'BM' (black mass), que es donde se encuentran los elementos más valiosos de la batería [22].

Una vez obtenida la black mass, la disolución por lixiviación puede llevarse a cabo en una o dos etapas. En la lixiviación de una sola etapa, todos los metales se disuelven simultáneamente en un medio ácido, mientras que, en la lixiviación de dos etapas, se lleva a cabo una primera etapa en un medio básico para retirar el aluminio, seguida de la lixiviación de los demás metales en un medio ácido. Estos procesos de lixiviación pueden complementarse con métodos auxiliares, como ultrasonidos o mecano química, para mejorar el rendimiento.

Los ácidos inorgánicos, como el HCl, H₂SO₄ o HNO₃, son los más comúnmente empleados para la lixiviación de black mass de baterías de iones de litio debido a su mayor eficiencia en la extracción de metales. A menudo, se incluye un agente reductor, como el peróxido de hidrógeno, en el proceso de reciclaje para aumentar la solubilidad de las especies metálicas y mejorar el rendimiento. Sin embargo, estos procesos generan gases tóxicos y grandes cantidades de residuos líquidos. Por otro lado, los ácidos orgánicos se degradan más fácilmente y son menos contaminantes, pero su velocidad de lixiviación es más lenta y su costo es más alto.

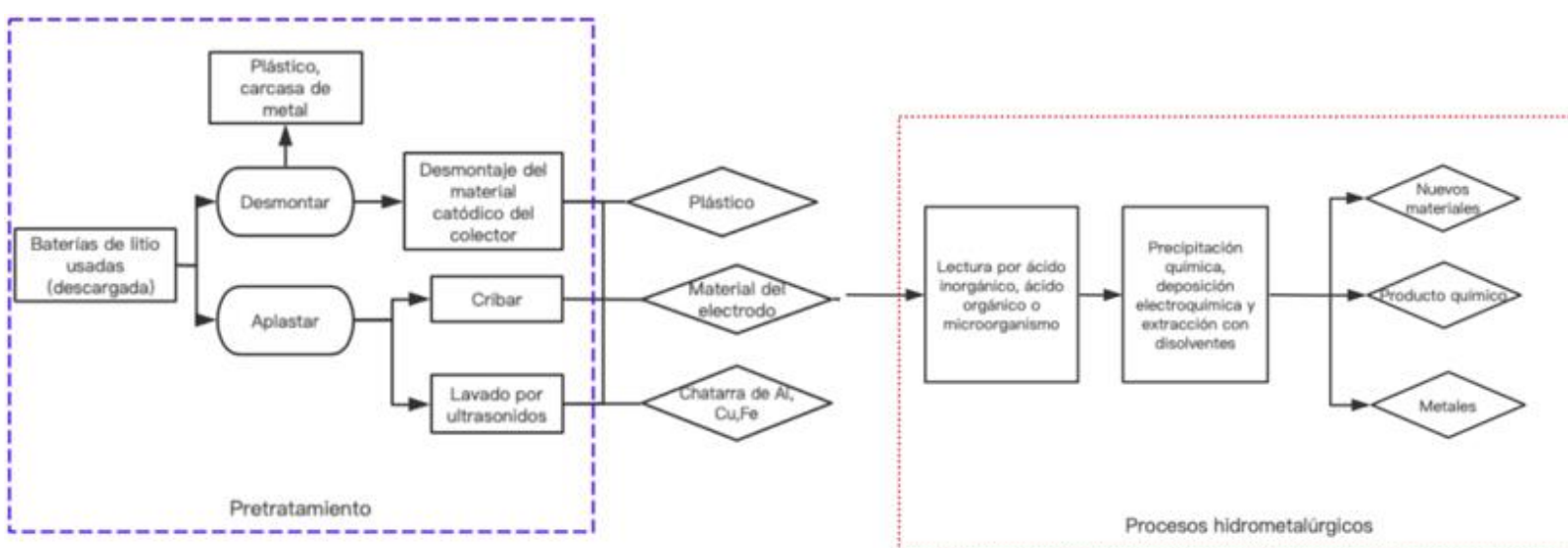
Después de la extracción de los metales, la disolución resultante es una mezcla compleja de iones metálicos que no se pueden separar en un solo paso. En este punto, se combinan dos o más métodos diferentes para obtener los compuestos deseados en cada caso. Estos productos suelen obtenerse en forma de óxidos, sulfatos, hidróxidos o carbonatos. Las técnicas de separación más comúnmente utilizadas en los procesos

hidrometalúrgicos de reciclaje de baterías de vehículos eléctricos son la extracción con disolventes y la precipitación.

La extracción con disolventes es una técnica eficaz para la separación de metales debido a la alta selectividad de estos frente a diferentes iones metálicos. Usualmente se combina con procesos de precipitación para obtener sales de alta pureza. Aunque esta técnica tiene bajo consumo de energía y condiciones de trabajo suaves, el uso de grandes cantidades de disolventes tiene un impacto negativo en el medio ambiente y es costoso. Además, la complejidad de los pasos de extracción y precipitación limita su aplicación.

La técnica de precipitación se basa en el ajuste de las condiciones de precipitación y los reactivos añadidos para obtener selectivamente diferentes compuestos químicos. Por lo general, se combina con la extracción con disolventes para eliminar impurezas antes del proceso de precipitación. Los principales compuestos utilizados para la precipitación de metales son carbonato e hidróxido de sodio, así como oxalato amónico. Estos métodos de precipitación son simples, requieren poco equipo y tienen una alta tasa de recuperación [23].

Una variante de esta técnica es la coprecipitación, que implica obtener materiales catódicos ternarios a partir de disoluciones que contienen los iones necesarios para ello, evitando así pasos de precipitación selectiva e individual de compuestos que luego se deben volver a unir para fabricar un nuevo material catódico. Aunque es un método simple y fácil de escalar, la precipitación de impurezas puede ser un problema.



3. Diagrama de flujo del reciclaje.

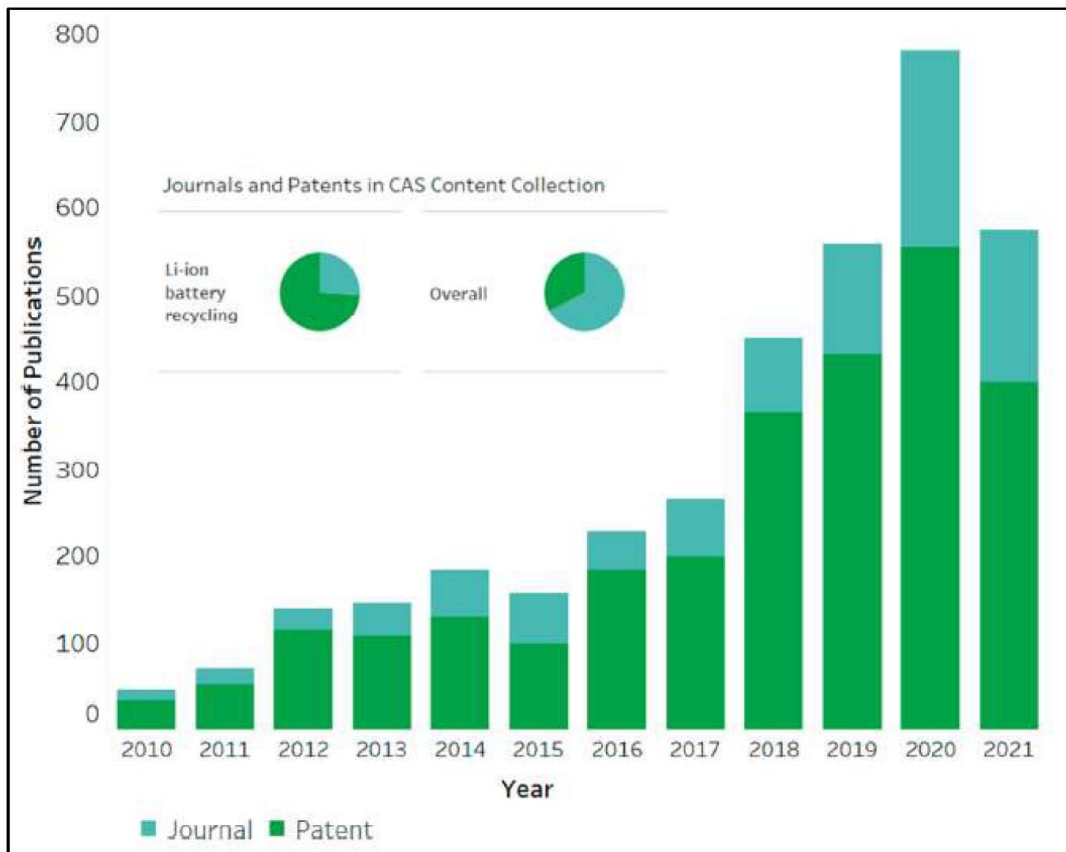
Fuente: [40].

3.2.3. Nuevos desarrollos y tendencias.

En los últimos años la flota global de vehículos eléctricos se está viendo aumentada de manera exponencial. Esto hace que el número de baterías que ven llegar su fin aumente de la misma manera.

Esto nos arroja un nuevo desafío ecológico sobre cómo tratar estos residuos. Es ahora entonces cuando surgen la necesidad de nuevas técnicas y métodos para absorber este impacto [24].

En la figura [4] vemos perfectamente reflejado el cómo la sociedad ingenieril está afrontando este problema. Realizando cada año más investigaciones y patentes para solucionar el problema.



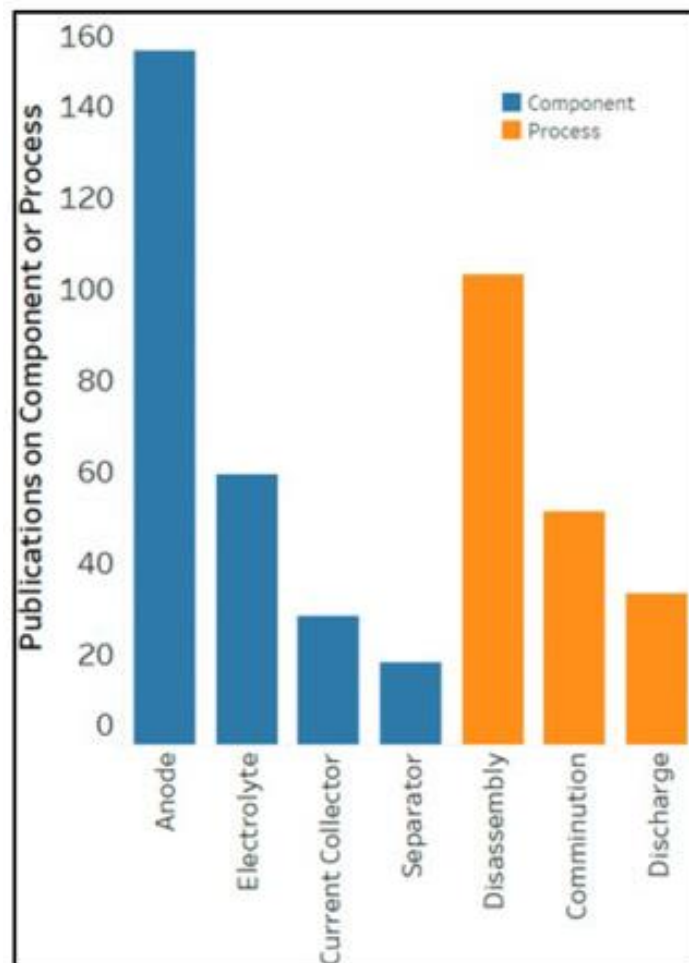
4. Patentes y publicaciones reciclaje de litio.

Fuente: [11].

Las regulaciones ambientales a su vez constituyen una fuerza impulsora para el desarrollo de estas nuevas tecnologías. En la Unión Europea, con la inminente entrada en vigor de la nueva Regulación de baterías que sustituirá a la actual Directiva 2006/66/CE

[25], se está generando un gran volumen de investigación relacionada con su reciclado. En general, todos estos estudios persiguen un objetivo común: la disminución de los costes de tratamiento de las baterías de vehículos eléctricos en particular.

El mayor beneficio del reciclado se encuentra en el cátodo, pero esto no hace que se deje de investigar en el resto de los componentes, así como en los procesos de desmantelamiento o descarga [26].



5.Publicaciones sobre procesos y componentes.

Fuente: [11].

Los métodos actuales establecidos se basan principalmente en las técnicas mecánicas e hidrometalúrgicas, sin embargo, los nuevos métodos y procesos intentan ser más disruptivos buscando un menor impacto ambiental. A continuación, expondremos brevemente los que tienen un mayor potencial de sustituir a los actuales.

1. Automatización de desmantelamiento.

Hay una clara tendencia hacia la automatización del proceso de desmantelamiento, ya que esto cuando alcancemos el suficiente nivel de chatarra como para tener una economía de escala sostenible nos abaratará los costes de gran manera. Además de evitar riesgos con los operarios. Como hemos comentado una estandarización de las baterías nos ayudaría a este proceso. Ya existen empresas que tienen robots comprados y programados como inversión y que actúan de manera inteligente. Minimizando de esta manera la intervención humana del proceso [27]. En el minuto 1:10:00 del video referenciado [28] podemos ver la extracción de módulos de la batería de un Fiat e500. A este proceso de automatización para aplicarlo a una segunda vida y no solo al reciclado. Deberíamos añadir un desmantelamiento celda a celda. Además de su posterior carga completa individual y posterior descarga controlada que nos arroje luz sobre el estado de vida de cada celda de manera individual. Proceso el cual sería de gran valor automatizar y estandarizar. Pues daría mucha ventaja el individualizar el estado de salud a cada celda a la hora de buscar una segunda vida a las baterías.

Existe una institución británica la cual es la encargada de desarrollar nuevas rutas y procesos automatizados de reciclaje en el tema de las baterías [29].

2. Trituración ondas de choque.

“Esta novedosa tecnología se basa en ondas de choque generadas por descargas eléctricas pulsadas de alto voltaje. Las ondas de choque se propagan a través del medio portador circundante y golpean el material a reciclar. Los impactos mecánicos son breves pero muy intensos, y atacan preferentemente los puntos débiles del material: la fragmentación se produce en uniones macroscópicas o microscópicas en los límites de fase o de grano. El debilitamiento específico de las interfaces dentro del material permite una separación selectiva que es en gran medida independiente del grado de trituración. Como resultado, hay una alta liberación de materiales sin una trituración excesiva: tanto como sea necesario, a la vez que el mínimo posible. Después de la fragmentación selectiva de materiales en medio líquido, los componentes con baja densidad (separador, membranas u otros plásticos) pueden eliminarse de la superficie del medio. Las fracciones de metal (colectores de corriente, carcasa) tienen tamaños más grandes tras la fragmentación que los materiales de los electrodos, por lo que su separación se realiza mediante simple tamizado. La dispersión residual se centrifuga para recuperar los materiales de los electrodos (óxidos metálicos de litio, grafito, carbonos nanoestructurados). Estos materiales pueden separarse, activarse y refinarse aún más

para promover su reutilización en nuevas celdas o como alimentación para un reciclaje vía hidrometalúrgica más eficiente que las actuales, con menores cantidades de reactivos químicos. Este pretratamiento mecánico se ha probado a nivel de planta piloto en el Fraunhofer IWKS” [30].

3. Pretratamiento con disolventes.

Se emplean disoluciones para separar los materiales activos de los conductores de cobre y aluminio. Tiene el inconveniente de ser un proceso costoso y además de que exige previa descarga y triturado de las celdas a tratar. Lo cual se traduce en un aumento de coste considerable [31].

4. Reciclado directo.

Es el método más prometedor y trata de recuperar los materiales activos de los electrodos sin dañar su estructura cristalina durante el proceso.

Tiene el principal inconveniente de que actualmente es un proceso muy manual pues se debe llegar a la celda unidad y además las celdas muy deterioradas no son susceptibles del proceso de “cathode healing” [32].

Hay que destacar el gran trabajo de investigación de ReCell (Argonne) para automatizar este proceso.[33]

Este proceso se complementa de manera ideal con el objetivo de la reutilización antes del reciclaje. La mayoría de los estudios actuales hacen este proceso de manera manual, aunque se estudia la manera de automatizarlos.[34]

5. Métodos electroquímicos.

Estos se han postulado como la reciente prometedora solución al problema del reciclaje. Pero ya que se escapa del ámbito de este trabajo. Pasaremos estos métodos por alto simplemente nombrándolos y conociendo de su existencia. Si deseamos más información solo debemos acudir a la itp 02-2022 y a sus referencias.

Referente al estado del arte de los BMS diremos que deberíamos de tratar este tema como otro trabajo que se complemente en paralelo, al que estamos realizando ya que es pieza imprescindible como si asemejando un sistema eléctrico al cuerpo humano la batería sería el corazón y el BMS el cerebro ambos piezas fundamentales e

imprescindibles. Es por lo que intentar abarcar también el funcionamiento exhaustivo de este en nuestro trabajo resultaría inabarcable. Sin embargo, lo nombraremos y daremos utilidad a este durante todo el trabajo pues la intención futura es conocer su funcionamiento y posibilidades para dar una segunda vida a nuestras baterías es imprescindible el contar con un BMS adaptado a nuestras necesidades de nuevo uso de estas. Por tanto, se referencia bibliografía extensa y de calidad sobre este tema [35].

Decir también que casi toda esta bibliografía trata al BMS como un controlador maestro e individual de cada batería, pero la idea sería manejar varios BMS con una consola o autómeta maestro que sea capaz de comunicarse con cada uno de los BMS que controlen grupos de baterías de distinta salud y así equilibrar el trabajo del conjunto de baterías cargando con más peso de trabajo a las que se encuentren en mejor estado [36][37]. Ir controlando este estado e ir cambiando de manera domótica la prioridad de cada grupo. Para así al final de la vida del grupo de baterías haber conseguido exprimir al máximo la vida útil de estas celdas antes de su sustitución para su posterior reciclado.

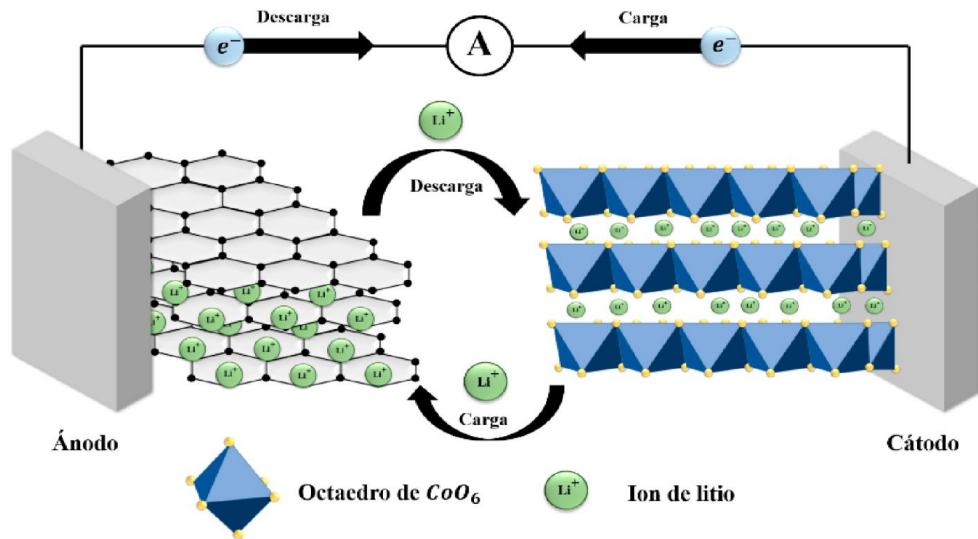
4. FUNDAMENTOS TEORICOS.

En este apartado se va a tratar de contextualizar la tecnología de las baterías de litio. Sus inicios, evolución estado actual. Los tipos de tecnologías del almacenamiento de energía basados en litio existentes. Además de conceptos necesarios para la comprensión y entendimiento de las características de funcionamiento de estas. Por otro lado, también se introducirá el concepto de BMS, cómo funciona y por qué es tan importante.

4.1. Baterías de litio. Comienzos, evolución e impacto en la sociedad.

Un buen comienzo para este punto será dar una definición general de que es una batería de litio.

“Se define como batería de ion litio, al dispositivo empleado para el almacenamiento de energía eléctrica, en el cual iones de litio se desplazan del ánodo de la batería hacia el cátodo durante el proceso de descarga, a través de un electrolito que posee, de igual manera, iones litio en su composición” [38].



6. Esquema funcionamiento batería de litio.

Fuente: [40].

Teniendo ya en mente este concepto, nos remontaremos al año 1972, año el cual M. Stanley Whittingham, químico graduado por la universidad de Oxford y quién fue el profesional que coordinó el departamento de energía de los estados unidos sobre almacenamiento en baterías. Comenzó a trabajar en una idea que proponía insertar iones en la red atómica de ciertos metales y luego extraer dichos iones. Con esta idea Whittingham se lanzó a construir una batería utilizando minerales de intercalación en ambos electrodos. Para el cátodo escogió el titanio y para el ánodo optó por el litio, hasta entonces un gran desconocido a nivel de aplicación.

Como resultado obtuvo una batería revolucionaria para la época, completamente diferente a todo lo que había en el mercado. Las baterías coetáneas funcionaban a 1,3 voltios, mientras que la lograda por el químico llegaba a 2,4 voltios. Además de que, gracias a la idea de la intercalación de patente en esta, era recargable.

Una empresa suiza, Ebauches SA, fue la encargada de impulsar la idea, realizando las primeras pruebas comerciales con un “reloj de pulsera solar perpetuo”. Pese a lo novedoso y útil del invento, la creación pasaría desapercibida rápidamente.

En 1980, fue John Goodenough quién retomaría el invento de Whittingham. Proponiendo algunos cambios. Ahora el cátodo pasaría a ser de óxido de cobalto y litio. Logrando así brindar unos excelentes 4 voltios. A pesar de esta mejora, ninguna empresa mostro interés alguno.

Fue el gigante Nipon Sony, la compañía encargada de probar y comercializar estas baterías recargables en sus productos tecnológicos portátiles mas punteros de la época. Como fue la cámara de video Handycam. Combinando el descubrimiento de Goodenough con una mejora del ánodo propuesto por Akira Yoshino.

Era el año 1991 y surgió entonces el boom de las conocidas como baterías de iones de litio o baterías de Lion. En cuestión de meses toda la electrónica portátil de la época estaba montando estas baterías.

En 1998, Nissan Motor introdujo por primera vez este tipo de baterías en un vehículo eléctrico, el modelo Nissan Altra se muestra en la figura [7].



7. Nissan Altra 1999.

Fuente [39].

En los años venideros las otras empresas de motor imitarían este comportamiento.

En 2019, los tres padres de la batería de litio; M. Stanley Whittingham, John Goodenough y Akira Yoshino. Fueron consagrados con el premio nobel de química [39]. Añadimos la imagen [6] para ponerles cara a los verdaderos creadores de la movilidad sostenible.

Ya contextualizada la batería de litio se observa que se trata de una tecnología bastante nueva, ya su aplicación industrial real y comercialización tiene unos 30 años de uso y su aplicación en la movilidad eléctrica hablamos de unos 20-25 años.

La tecnología de almacenamiento de energía actual es la que más limita a los aparatos portátiles, pues se observa una gran evolución en el procesamiento, almacenamiento de datos, proceso de cálculo, etc. Pero sin embargo cuesta mucho avanzar en esta tecnología. Y es que en el momento que consigamos ganar de manera

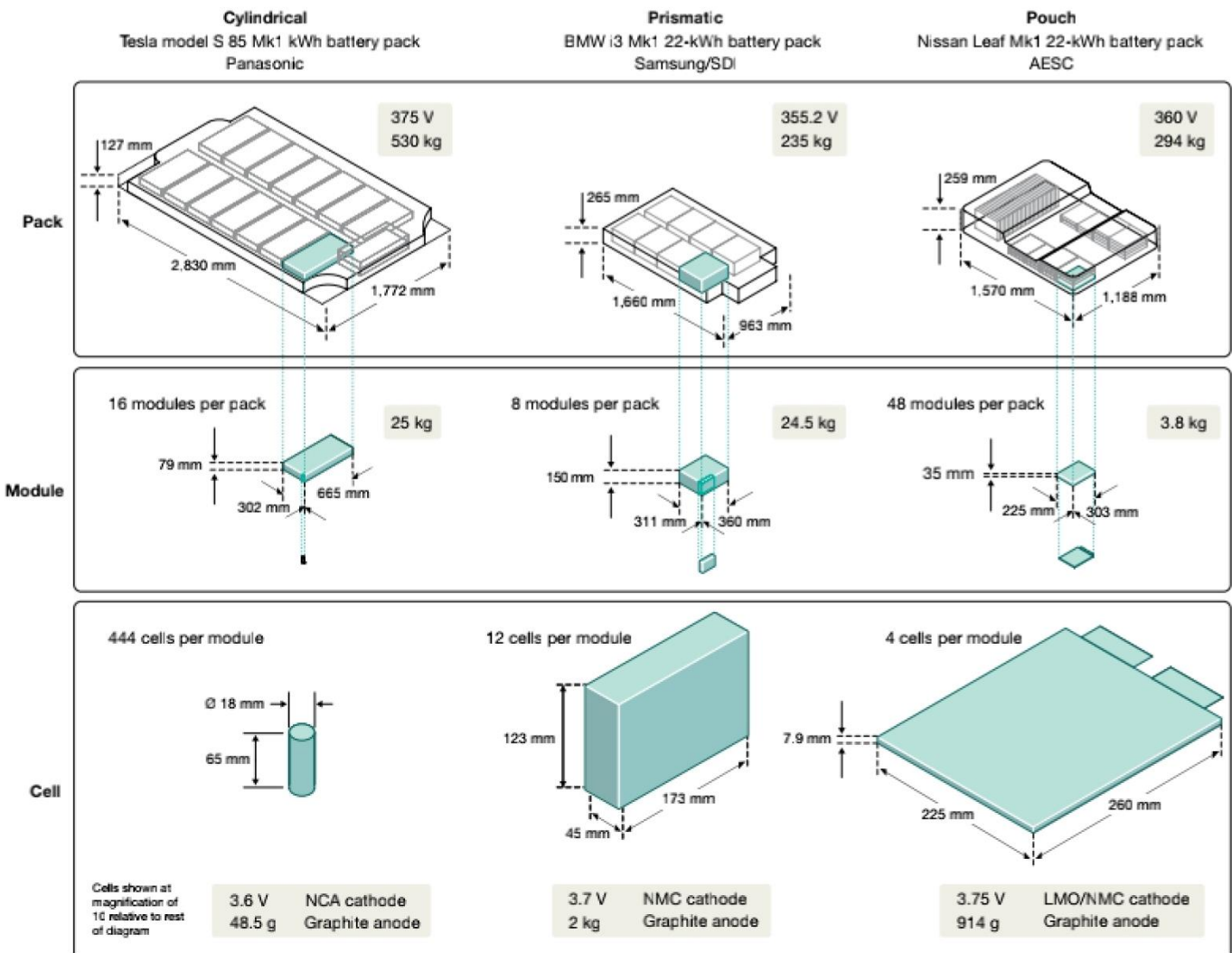
considerable densidad energética en los sistemas de almacenamiento, la sociedad evolucionara de manera abismal. Coches autónomos, con capacidad de viajes muy largos, drones más potentes y pesados, autómatas domésticos, todas estas tecnologías se ven lastradas por el cómo obtener energía. Es por ello por lo que resulta de vital importancia en investigar sobre esa línea y el reciclaje de esta. Porque además del uso normal y el desgaste que conlleva el desecho de estas baterías. Imaginemos un escenario no muy lejano en el que una nueva tecnología venga a sustituir a todas estas celdas de litio. ¿Qué haríamos entonces con toda la tecnología obsoleta en circulación? Los planes de acción, como su propio nombre indica. No se improvisan y es por ello por lo que antes del reciclaje resulta imprescindible investigar en el reacondicionamiento y dar una segunda vida y nuevas aplicaciones en estas celdas.

4.2. Tipos de baterías de litio.

Se va a exponer en este epígrafe las distintas tecnologías de baterías de litio existentes. Cada cual como toda tecnología tiene ventajas e inconvenientes y la elección de una u otra dependerá del destino de esta y de los criterios de selección aplicados.

En este trabajo las experiencias que se va a realizar son con celdas cilíndricas 18650 de diferentes fabricantes. En su mayoría NCA, las cuales el cátodo se encuentra formado por Níquel, Cadmio y aluminio. Que son las más comunes actualmente.

A continuación, en la imagen [9] se muestra un esquema de montaje de tres fabricantes de coches eléctricos diferentes Tesla, BMW y Nissan. Con tres tipos de batería de litio diferentes.

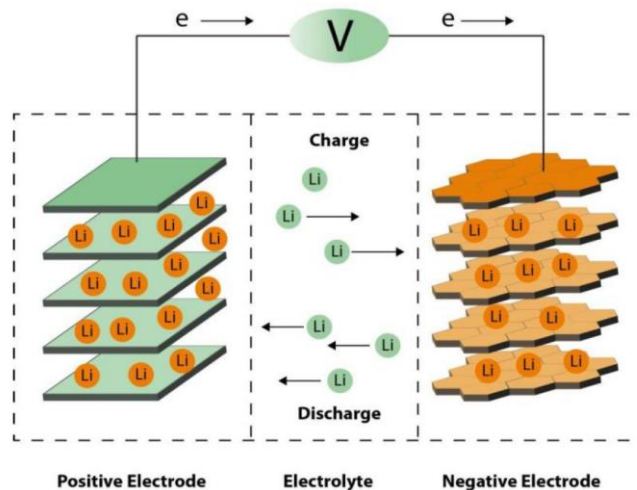


8. Esquema montaje baterías Tesla, BMW, Nissan.

Fuente [41].

4.2.1. Composición de las baterías de litio.

El cátodo de una batería de litio es generalmente un material de carbono y el ánodo es un óxido metálico que contiene litio, por ejemplo, LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiFePO_4 , el electrolito es una solución orgánica de sales de litio o un polímero. El principio de funcionamiento de la batería de ya ha sido explicado con en párrafos anteriores y es lo que corresponde con la figura [10].

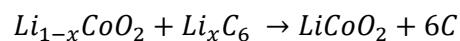


9. Principio de funcionamiento de una batería de litio.

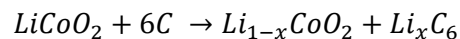
Fuente [40].

Por ejemplo, la reacción del LiCoO_2 como material catódico para la batería de litio es la siguiente [40]:

Al descargar:



Al cargar:

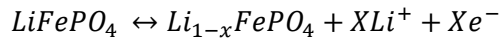


El material del electrodo positivo no sólo participa en la química de la batería como material de electrodo, sino que también es la principal fuente de iones de litio, lo que tiene el mayor impacto en el aumento de la densidad energética de la batería. Los materiales del electrodo positivo que pueden utilizarse en las baterías para vehículos eléctricos se dividen principalmente en: fosfato de hierro y litio (LFP), óxido de níquel y litio (LNO), manganato de litio (LMO), cobalto de litio (LCO), y manganato de níquel y cobalto de litio (NCM) y ácido

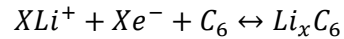
de níquel y aluminio (NCA). A continuación, se presentan las ecuaciones electroquímicas de tres materiales habituales de los cátodos de las baterías:

Reacciones electroquímicas para LFP [40]:

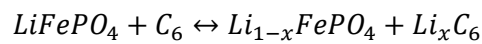
Cátodo:



Ánodo:

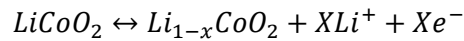


Ecuación total de la reacción:

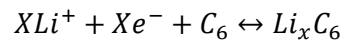


Reacciones electroquímicas para LCO [40]:

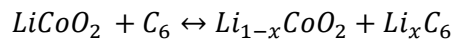
Cátodo:



Ánodo:

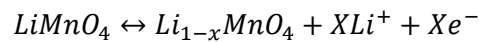


Ecuación total de la reacción:

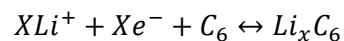


Reacciones electroquímicas para LMO [40]:

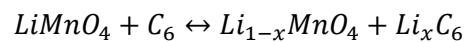
Cátodo:



Ánodo:



Ecuación total de la reacción:



4.2.2. Batería de litio-ácido cobalto.

Batería de litio-ácido cobalto, LiCoO_2 , es el tipo más antiguo de baterías de iones de litio. Se produce desde 1991 [42]. Se utilizó por primera vez en el Tesla Roadster, pero debido a su bajo ciclo de vida y baja seguridad, dejaron de utilizarse. Cuando la batería de litio-cobalto está completamente cargada, todavía queda una gran cantidad de iones de litio en el ánodo. Si se sobrecarga, el exceso de iones de litio del ánodo fluiría hacia el cátodo formando un litio metálico en el cátodo, provocando un cortocircuito, lo que resulta en la combustión de la batería o incluso la explosión, por lo que es un tipo de tecnología con claras desventajas. Aunque son las más baratas y tienen una muy buena densidad energética.

4.2.3. Batería de litio-hierro-fosfato.

La batería de litio-hierro-fosfato es la principal batería de BYD, que tiene un bajo coste, no es tóxica, tiene una alta capacidad teórica y un buen rendimiento en los ciclos [43], y es adecuada para los vehículos híbridos enchufables que requieren cargas y descargas frecuentes. Se está invirtiendo mucho en el desarrollo de esta tecnología y parece que va a ser la próxima favorita de los fabricantes de coches eléctricos [44].

Empresas como Gotion, fabricante de baterías que monta la marca de coches BYD. Va a producir a escala a mediados de este año 2024. Una batería con una densidad energética muy buena, segura contra penetraciones, impactos, con más de 1000km de autonomía y hasta 8000 ciclos de vida. Esto sin duda puede ser una revolución en las baterías de los coches eléctricos. En la figura [11] vemos la presentación de esta batería.



10. Nueva batería LHF de Gotion.

Fuente: [44]

4.2.4. Batería de litio-manganato.

El manganato de litio con estructura de espinela [46] fue propuesto por primera vez por AESC, una empresa de baterías. El modelo representativo de la batería de manganato de litio es el Nissan Leaf, que tiene un bajo coste de materia prima, un proceso de producción sencillo, una gran estabilidad térmica, una gran seguridad y un buen rendimiento general [45]. Su desventaja es que la capacidad es relativamente baja y hay elemento de manganeso disuelto durante el ciclo, lo que afecta a la vida útil de la batería [47]. Es adecuada como batería de bajo coste para vehículos eléctricos ligeros. Las ICR18650 de Samsung son de esta tecnología. Y van a ser estudiadas en este proyecto, han tenido su primer ciclo de vida como batería de patinetes y bicis eléctricas.



11. Celda Samsung 18650 litio-manganato.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Batería de litio-níquel-cobalto-manganato

Dado que la proporción de níquel, cobalto y manganeso en la batería puede ajustarse a voluntad, la sustitución del cobalto por el níquel y el manganeso, relativamente baratos, hace que el coste del material sea menor, y el aumento del contenido de níquel puede mejorar la capacidad específica del material y la densidad energética de la batería [48], el BMW X1 PHEV utiliza la batería NCM811. La desventaja es que el uso de litio-níquel-cobalto-manganato y electrolito orgánico, es no resolver fundamentalmente el problema de seguridad. Igual que las litio-cobalto el problema de cortocircuito interno por

sobrecarga provocaría una explosión e incendio de las celdas. Eran hasta hace poco la mejor opción y la línea escogida por bastantes fabricantes para sus eléctricos puros, ya que las prestaciones de densidad energética y de precio son muy buenas.



12. Imagen croquizada de un BMW X1 BEV.

Fuente: [48].

4.3. Conceptos eléctricos básicos para entender las baterías.

En este epígrafe se van a definir conceptos básicos de electricidad que resultan imprescindibles para entender el comportamiento de nuestras baterías. Serán conceptos que ya son conocidos por la mayoría. Serán conceptos como densidad energética, voltaje, intensidad, resistencia, capacidad, energía...

La intención de este epígrafe no es profundizar demasiado en estos términos es simplemente la de refrescar conceptos o en otros casos introducirlos, para facilitar al lector la comprensión del texto en las páginas posteriores.

1. Densidad energética.

Es un parámetro que indica cuánta energía es posible acumular dentro de cierta cantidad de masa o volumen. Esta cifra es clave porque cuanto mayor sea la densidad energética de una batería, más autonomía será capaz de transportar el vehículo y menos energía será necesaria para desplazar ese vehículo.

Existen varias formas de hablar de densidad de energía:

Densidad energética gravimétrica. Expresa cuánta energía se puede guardar por unidad de masa de combustible o batería. Suele medirse usando kilovatios-hora divididos entre kilogramo, **kWh/kg**, aunque también es posible verla como mega julios entre kilogramo MJ/kg o en sus referencias básicas: julio entre gramo (J/g).

Densidad energética volumétrica. Expresa cuánta energía se puede guardar por unidad de volumen de combustible o batería. Generalmente, se expresa como kilovatios-hora entre litros (**kWh/L**), entendiéndose ese litro como un cubo de 10 cm³ o 0,001 m³.

Una alta densidad de energía gravimétrica implica que es posible almacenar más energía en menos peso, y una alta densidad de energía volumétrica significa que es posible almacenar más energía en menos espacio. Existe cierta relación entre densidad de energía gravimétrica y densidad de energía volumétrica: generalmente, ambas tienden a subir o bajar juntas, de modo que a más densidad gravimétrica se suele tener también más densidad volumétrica, y viceversa.

Se hace evidente que ambas son cualidades son perseguidas por la industria del vehículo a motor desde hace más de un siglo ya que resultan imprescindibles para que los vehículos sean eficientes. Pero que a su vez van en línea con la fabricación de todo tipo de objetos: portátiles, teléfonos móviles, sistemas de almacenamiento doméstico o industrial, etc [49].

En resumen, se persigue el tener más y que ocupe menos.

2. Voltaje e intensidad.

“Se define como la magnitud encargada de establecer la diferenciación de potencial eléctrico que existe entre dos puntos. Es por esto por lo que también se le conoce como tensión eléctrica, o diferencia de potencial eléctrica. Y se mide en **Voltios (V)**.

En su definición más técnica, el voltaje consiste en el trabajo que ejerce una unidad de carga eléctrica en una partícula de un campo eléctrico determinado, de forma que dicha unidad sea capaz de moverse a través de dos puntos.

Un punto importante sobre el voltaje es que, cuando dos puntos de diferente potencial eléctrico se presentan con un conductor, se efectuará de manera natural un flujo de electrones, popularmente conocido como **intensidad**, medida en **amperios (A)**. Dicha corriente, es la encargada de llevar una parte de la carga eléctrica proveniente del punto de mayor potencial, hasta el punto de potencial más bajo.

La corriente eléctrica no es eterna, sino que cesará en el momento en que el potencial eléctrico de los dos puntos llegue a igualarse. Por tanto, mientras la diferencia de potenciales continúe vigente, la corriente eléctrica también lo hará” [51].

De manera popular, para hacer más entendibles estos conceptos. Se suele comparar la corriente con el agua.

Imagina que una tubería transporta agua desde un depósito hasta un grifo. La tensión sería como la presión del agua en la tubería. Cuanta más presión haya en la tubería, más fuerza impulsora tiene el agua para fluir desde el depósito hasta el grifo. En términos eléctricos, la tensión es la fuerza impulsora que empuja a los electrones a través de un circuito.

Por otro lado, la intensidad eléctrica sería similar a la cantidad de agua que fluye a través de la tubería en un determinado período de tiempo. Si abres el grifo completamente, el flujo de agua será intenso. De manera similar, la intensidad eléctrica es la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través de un punto específico en un circuito en un momento dado.

Así que, en resumen, mientras que la tensión eléctrica es como la presión del agua en la tubería, la intensidad eléctrica sería equivalente a la cantidad de agua que fluye a través de la tubería en un momento dado.

3. Capacidad de una batería.

“La capacidad de una batería se mide en **amperios-hora (Ah)**. Se refiere a la cantidad de energía que se puede almacenar en la batería y se puede determinar multiplicando la corriente (en amperios) por el tiempo (en horas) que la batería puede suministrar esa corriente. Por ejemplo, una batería con una capacidad de 1000 mAh puede proporcionar una corriente de 1000 mA durante una hora, o 500 mA durante 2 horas, etc. La capacidad de una batería disminuirá con el tiempo y el uso, y también puede verse afectada por factores como temperatura y velocidad de descarga” [50].

4. Consumo energético.

“El consumo energético es la cantidad total de energía que se necesita para un proceso determinado y se mide en **kilovatios hora (kWh)**” [52].

En la imagen [13] se desglosa el consumo de un hogar medio español el cual se encuentra en 3.487 kWh al año. O lo que es lo mismo en 290,58 kWh medio mensuales.



13. Consumos hogar español.

Fuente: [53]

4.4. Conceptos básicos técnicos de una batería.

Resulta interesante el manejar ciertos términos que los fabricantes de celdas nos facilitan. Ya que a la hora de elegir una batería y criticar su calidad debemos acudir a las especificaciones técnicas facilitadas por el fabricante y entender que nos ofrece y por qué precio. Luego se verá como estos valores teóricos no siempre son fieles a la realidad y ahí radica la calidad de un producto tecnológico. En que el precio que estas pagando por las especificaciones técnicas se aproxime lo máximo posible a la realidad.

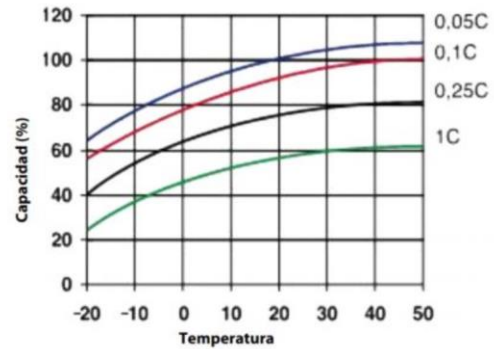
1. Capacidad Nominal.

Indica cuánta carga eléctrica puede suministrar la batería en condiciones ideales antes de necesitar ser recargada.

Es importante recordar que la capacidad nominal es una medida teórica y que la cantidad real de energía que puede almacenar y suministrar una batería puede variar dependiendo de factores como la temperatura, la tasa de descarga, el ciclo de vida de la batería y otros factores ambientales y de uso.

Normalmente dada en mAh, y acompañadas de la tasa de descarga y el voltaje al que llegan al estar descargadas. La tasa de descarga vendrá indicada con la letra C y un número, el cual nos indica el tiempo en el que se realiza la descarga que ofrece esa capacidad. En la imagen adjuntamos la tabla de códigos más común y una gráfica en la que se ve cómo afecta el tiempo de descarga a la capacidad.

Tasa C	Tiempo
5C	12 min
2C	30 min
1C	1 h
0.5C o C/2	2 h
0.2C o C/5	5 h
0.1C o C/10	10 h
0.05C o C20	20 h



14. Tasa de descarga.

Fuente [54].

Se observa la relación con la temperatura, otro factor muy importante en todas las baterías.

La capacidad nominal también viene acompañada de la tensión mínima hasta la que se descarga, pues se destaca la importancia de mantener el voltaje de carga y descarga en los rangos del fabricante para evitar sobrecalentamientos o mal funcionamiento de la celda.

A modo ilustrativo vamos a añadir la figura [16] de una ficha técnica de un modelo de celda 18650 de Samsung en la que se recogen los conceptos expuestos.

3.1 Nominal Capacity	2600mAh (0.2C, 2.75V discharge)
----------------------	---------------------------------

15. Capacidad nominal celda 18650.

Fuente: Anexo [1].

2. Voltaje de carga.

Como su propio nombre indica es el voltaje al cual cargamos cada celda de manera individual. Es importante no confundir este voltaje a que voltaje es el que debe dar la salida de nuestro cargador, pues este voltaje deberá ser el de la batería. Recordemos que las celdas se deben disponer en serie para sumar su voltaje. Es decir, si unimos dos celdas en serie tendremos una batería de un voltaje igual a la suma de cada uno de los voltajes. Por ejemplo, si una celda tiene un voltaje de carga de 4.2 ± 0.05 V el voltaje de carga de la batería compuesta por una serie de dos celdas será igual a 8.4 ± 0.1 V. El rango de error total es el producto de el número de celdas que compone la serie por el rango de error de una única celda.

Sirva esta explicación para el resto de los conceptos relacionados con el voltaje en una batería.

3. Voltaje nominal.

Al igual que la capacidad nominal es el valor dado por el fabricante y que nos debe servir como referencia a la hora de dimensionar nuestra batería.

4. Método de carga.

Es el método por el cual debemos cargar nuestra celda. El que nosotros aplicaremos, o mejor dicho nuestro BMS (Aparato que será el encargado de controlar la carga y descarga de la batería). Es por lo interesante de conocer más sobre este tema por lo que se añade un anexo [4] redactado por la reconocida empresa de ingeniería Hitachi Energy, en el cual se nos detalla los tipos de métodos y lo útil de cada uno.

Hay que destacar que las celdas 18650 se cargan por el método de CC-CV corriente continua a tensión constante. Y es un método que trataremos de forzar de manera manual a las celdas que han caído por debajo del voltaje de descarga y que el BMS no es capaz de reconocerlas como válidas y no entrega energía.

5. Corriente de carga y tiempo de carga.

Es la corriente que se debe aplicar para cargar las celdas y el tiempo que tardan estas en llegar a cargarse. Normalmente viene definido un rango de carga normal y otro de carga rápida.

6. Máxima corriente de carga y máxima corriente de descarga.

Intensidad máxima capaz de soportar la celda. En la práctica veremos qué ocurre cuando se sobrepasan estos límites y se reflejarán en este documento.

Existen otros conceptos, que se irán introduciendo más adelante, cuando se plasmen los resultados de las diferentes pruebas a las celdas.

Se anima al lector a que consulte los anexos relacionados con las fichas técnicas y vea los conceptos que se han visto, así como la relación que tienen entre ellos.

4.5. BMS. Battery Management System.

Se va a tratar el tema del BMS a modo conceptual para poder dar contexto y entender mejor el resto del trabajo. Ya que si entrásemos en detalle nos perderíamos de lo que es en realidad el objetivo del trabajo.

Se entenderá entonces por BMS al aparato que se encarga de controlar nuestras celdas, haciendo que estas no bajen de cierto voltaje y que tampoco suba en exceso. Esto es básicamente una protección para descargas demasiado profundas y contra sobrecargas.

Dependiendo de la complejidad de nuestro BMS también controlara la temperatura de las celdas y la intensidad entregada por estas. Además, los hay también con sistema de balanceado.

En resumen, es el encargado de controlar electrónicamente la energía que entra, sale y se almacena en nuestras celdas. Haciendo seguro todo este proceso. Es por esto por lo que se hace el símil del BMS con un cerebro.

Existen muchos tipos de BMS que difieren en calidad y funcionalidad, así como evidentemente en precio. El BMS más adecuado para la reutilización de baterías sería un BMS personalizado, diseñado e implementado para las características de batería buscada. Ya que al ser una batería de celdas reutilizadas requerirá de ciertos parámetros de seguridad y funcionamiento diferentes algo diferentes al de una batería nueva, para tener un rendimiento óptimo y seguro. Aunque como ya advertimos, el diseño y la implementación se dejara para futuros casos de estudio, ya que escapa de la ambición del proyecto actual.

5. METODOLOGÍA.

Se trata en este apartado de definir el procedimiento práctico de la recuperación de las celdas de litio. Se distinguirán varios apartados para hacer más sencilla la comprensión de las distintas pruebas obtenidas. Apartados que serán de idéntico título en el epígrafe de resultados.

5.1. Batería como chatarra.

Se plasma en este apartado como se ha obtenido y como se han tratado las baterías que han sido objeto de nuestro estudio, así como algunas discusiones y propuestas de mejora para futuros trabajos los cuales comprendan de este proceso de recolección y tratamiento.

5.1.1. Recolección.

El proceso de acopio de baterías que ya han dejado de funcionar es el pilar principal sobre el cual se basa el reacondicionamiento de baterías. Ya que todo lo demás depende de esto.

La manera en la que he procedido ha sido el hacer un escrito de presentación del proyecto de estudio y mandarlo a todos los comercios los cuales eran potenciales de tener este tipo de residuos. En ellos caben talleres, tiendas de patinetes y bicis eléctricas, puntos limpios, ayuntamiento y otras empresas.

La comunicación se ha realizado por redes sociales, correo electrónico, teléfono y de manera presencial.

El filtro más restrictivo que se ha puesto ha sido la cercanía, ya que no se ha contado con medio de transporte ninguno.



Ilustración 16. Celdas 18650 usadas y desmanteladas.

Fuente: elaboración propia.

Como propuesta de mejora para este apartado se propone realizar una lista de potenciales clientes recopilando datos y controlando el flujo de batería que estos nos ofrecen, fijando algún tipo de acuerdo comercial que nos brinde la oportunidad de tener un flujo constante y suficiente de baterías usadas para que estas puedan ser reutilizadas de manera eficiente. Estos comercios deben ser mapeados y puestos en situación geográfica para facilitar la ruta de recogida.

La acumulación de datos en este apartado igual que en todos los demás es fundamental para el desarrollo de la actividad.

5.1.2. Desmantelamiento de batería.

Cuando ya tenemos la batería en el taller el siguiente paso ha sido proceder a su desmantelamiento celda a celda. La mayoría de estas baterías se presentan envueltas en un plástico termo retráctil, una estructura algo más dura de plástico o similar. Además de fibra de vidrio, cables y las correspondientes soldaduras de níquel.

Los que se ha hecho ha sido separar cada uno de los componentes de las baterías, teniendo especial cuidado en el trato de las celdas. Figura [18].



Ilustración 17. Desmantelamiento baterías.

Fuente: elaboración propia.

Los materiales que hemos usado para este proceso son alicates, alicates de corte, dremel, guantes de protección. Los modelos específicos, se disponen en el apartado herramientas.

Como apartado de mejora al proceso señalar que es un trabajo muy manual y algo tedioso. Es por lo que sería recomendable el crear una estructura de conexionado en vez de conectar las celdas entre sí. Con respecto a esto se esbozará una idea en apartados posteriores en los que se discutirá este tema.

Ha tener también en cuenta el contacto de material conductor y el polo positivo y el perímetro de este provoca cortocircuito. Es por ello por lo que el polo positivo viene dado con una protección especial.

5.2. Clasificación de las celdas.

El criterio principal de clasificación de estas celdas ha sido la capacidad real que tienen cada una de manera individual. También se ha separado según fabricante. La manera de comprobar la capacidad de estas baterías es básicamente cargándolas hasta su máxima capacidad con una tensión e intensidad constante. Dejarlas en cuarentena. Y tras este periodo de espera descargarlas con una resistencia constante.

5.2.1. Carga de celdas.

Para realizar la carga de las celdas se ha contado con un cargador de la marca LiitoKala modelo Lii-PD4.

Este cargador, lee el voltaje de la celda al ser esta introducida en él. Según ese voltaje reconoce la tecnología de la celda (Litio, cadmio...) ya que cada una de estas tecnologías cuentan con una tensión de descarga más o menos normalizada en un rango. En este caso las de litio 18650 suelen estar controladas para no descargar por debajo de 2.5 Voltios. Es esta la razón por la que se ha observado que, si una celda está por debajo de ese voltaje, no es reconocida por el aparato y no comienza a cargar.

En esta primera clasificación se han numerado todas las celdas y se ha marcado con una cruz aquellas con un voltaje por debajo de 2.5 V para más tarde intentar recuperarlas cargándolas de manera directa, evitando la electrónica del aparato. Figura [19].



Ilustración 18. clasificación celdas.

Fuente: E.P.

Para realizar la carga de estas celdas se cuenta con numerosas opciones. Esta ha sido la escogida a criterio propio y a esperas de en un futuro poder probar otros métodos y comparar factores como el precio, fiabilidad, seguridad y rapidez. Este aparato se ha seleccionado por sus buenas características de seguridad y comodidad, aunque algo lento ya que solo cuenta con 4 puertos de carga, nos ha sido más que suficientes para llevar a cabo el estudio. Figura [20].



Ilustración 19. LiitoKala Lii-PD4.

Fuente: E.P.

Un enfoque más profesional requeriría de un aparato que tenga más puertos y lo ideal sería que guardase datos o se pudiera conectar con una computadora. Es una línea en la que se debe investigar si quiere verse viabilidad comercial a las celdas reutilizadas.

Luego de esta primera vuelta de carga y puestas en cuarentena de una semana todas las celdas que han logrado alcanzar el voltaje óptimo de carga 4.5 V. Se procede a intentar recuperar las celdas que habían sido marcadas con una cruz, es decir, aquellas que estaban por debajo de los 2.5 V. Esta carga se realiza ahora con una fuente de corriente continua regulable.

Debemos tener en cuenta que la carga estará completa cuando no circule intensidad por el circuito. Aunque una solución más practica parece elevar la tensión de las celdas con la fuente para más tarde completar la carga en el cargador.

Tras esto de nuevo mantenemos las celdas en cuarentena. Es interesante que antes de realizar la descarga de estas en el siguiente paso se compruebe el voltaje al que han caído. Como apunte quiero señalar que las celdas de litio tienen una descarga de stand by algo elevada en comparación a otras tecnologías, pero esto también es en gran parte debido a que siempre van acompañadas de circuitería como BMS o balanceadores.

También que se ha comprobado la veracidad de las medidas arrojadas por nuestro cargador con un multímetro profesional siendo el error dado despreciable.

5.2.2. Descarga celdas.

En esta ocasión de manera análoga se realiza el ensayo contrario, se procede a descargar las celdas con otro aparato, en este caso el aparato es un descargador de la marca Banber este nos arroja la intensidad que han entregado las celdas y en cuanto tiempo además de la resistencia interna de estas. Lo cual será la capacidad real de las celdas medida en mAh.

Este proceso y el anterior también se realizará con celdas adquiridas nuevas de los modelos a estudiar para comprobar la veracidad de la ficha técnica de los fabricantes y así poder dar algo más de rigor sobre el estado de salud real de las baterías.

Como apunte he de decir que sería de gran utilidad realizar este proceso en bucle a una intensidad determinada de funcionamiento para graficar el número de ciclos restantes correspondientes al porcentaje dado tenemos aun en las celdas a reutilizar.

Por falta de tiempo no se realizará este estudio quedando pendiente para futuros proyectos.

Cuando se termina de hacer este estudio es conveniente cargar las celdas a un cierto voltaje de seguridad, para evitar que la descarga remanente de la que hemos hablado haga descargarse las celdas por debajo de esos 2.5V.

Todas estas celdas tendrán unos parámetros resultados de estas pruebas que se almacenarán en una base de datos y a la cual sería muy interesante acceder con por ejemplo un Qr o código de barras.

Se sopesa la opción de poner o no termo retráctil a las nuevas celdas ya que quizás no sea necesario por el tipo de estructura en el que se acoplen, lo que sí es interesante es retirar el antiguo de las celdas funcionales y marcarlas directamente al chasis. Además de volver a proteger correctamente el polo positivo.

Para realizar la descarga de estas baterías se ha escogido este método mediante pcb comercial pues en términos de efectividad, precio y comodidad es la mejor alternativa que hemos encontrado.

Las otras alternativas eran bien hacer la descarga con una resistencia constante midiendo los amperios y viendo el tiempo que se mantenía esta intensidad hasta llegar al voltaje de descarga. Todo ello mediante bien proceso manual o programando una placa de Arduino con sus componentes electrónicos correspondientes.

Una tarea mucho mas tediosa y que en relación con el precio no suponía una gran ventaja. Ya que si es bien saber que la ventaja que esto nos podría ofrecer es la personalización y la adaptación de nuestro evaluador de celdas. Pero para la magnitud del proyecto la solución escogida encaja muy bien con las necesidades.

1.Modulo de carga descarga banber.

Se ha utilizado para realizar la evaluación de las celdas. De fácil instalación, económico y eficaz.

Tiene una pantalla donde se muestra Voltaje, intensidad, capacidad medida, energía medida y tiempo utilizado. así también otros datos como el modulo del cual se muestra la información, ya que cada uno de los cuatro son independientes entre sí. Estado de la celda (carga, descarga, finalizado...).

Cuenta con un ventilador que refrigera las resistencias cerámicas las cuales son las encargadas de descargar las celdas y entrada de alimentación tipo C.

Tiene varios modos de configuración y bastantes posibilidades. En este caso vamos a esquematizar en la imagen el cómo usar el modo de descarga básico.

2.Modulo 4056.

Pequeño modulo muy económico el cual protege de sobretensiones y descargas demasiado profundas a nuestra celda. Tiene bastantes inconvenientes y es que necesita

de conexionado y si no se hacen con la calidad adecuada estas malas conexiones provocarán caídas de tensión que invalidarán la prueba. Se ha armado un circuito básico con una resistencia que descarga la celda a una intensidad de unos 0,8 A.

Se advierte en este punto de la necesidad de adquirir material como una protoboard y un cautín para realizar soldaduras en la electrónica, así como luces algunos leds para comprobar el funcionamiento. Aunque en este caso el calor disipado por la resistencia daba evidencia del funcionamiento del circuito.

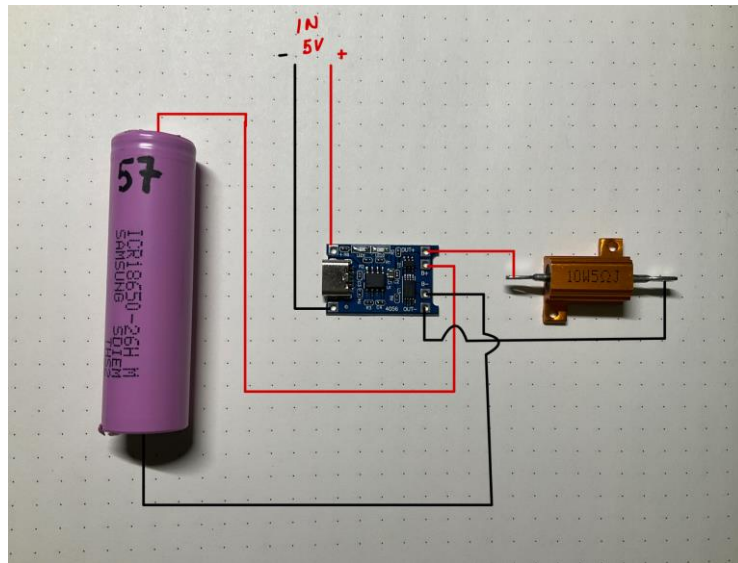


Ilustración 20. Esquema 4056. Fuente: elaboración propia.

5.3. Destino de las celdas.

De manera teórica se exponen a continuación usos de estas baterías según su porcentaje de vida y en el apartado cálculos se propondrán las características de las baterías diseñadas de manera teórica. Ya que supondría un gasto de recursos de los cuales no se disponen en estos momentos además de la realización de pruebas de funcionamiento en distintas condiciones. Aun así, se realizarán los tipos con materiales y presupuestos estimados.

1. Sistema de almacenamiento aislado.

Una segunda vida muy interesante para las celdas de litio en un principio pensadas para ser parte de un sistema electrógeno portátil es pasar a serlo de uno estacionario donde la pérdida de la densidad energética que sufren las celdas con el uso, en este caso no nos resultaría una desventaja limitante.

Para el caso de una vivienda alimentada con paneles solares aislada de la red serían necesarios una serie de cálculos de dimensionamiento los cuales habría que realizar de manera individualizada para cada región de servicio.

Es por esto por lo que se ha pedido presupuesto a la empresa Autosolar. Empresa de instalación fotovoltaica externa para fijarnos en lo que en este caso nos incumbe que es la capacidad que debe tener la batería, ya que los otros elementos de la instalación son variables. Y como decimos para hacer algo con cierto rigor se requeriría de un estudio y un análisis más profundo que nos desviaría del tema aquí a tratar.

En este caso para una vivienda de un gasto normal y sin saber muy bien las condiciones de situación geográficas más que se encuentra en la provincia de Málaga. Se nos recomienda la adquisición de 3 baterías Tensite TS-L5000/LV. Las cuales cada una tendría una capacidad de 96 Ah a 48 V tensión nominal. Multiplicando por 3 la capacidad, ya que se deberían de conectar estas en paralelo, tendríamos una capacidad total de unos 288 Ah.

Tomando esta como referencia necesitaríamos de 3 baterías formada por 13S 32P. Es decir, 13 pilas dispuestas en serie y 32 paralelos de estas. Un total de 416 celdas por batería. Si tenemos un total de 3 baterías, para nuestra instalación necesitaremos un total de 1248 celdas, redondeando a 1250. Esto contando con que las celdas utilizadas son las Samsung modelo, las cuales tienen una tensión nominal de 3,7 V y una capacidad de 3 Ah y que estas fuesen nuevas, aunque recordemos que la capacidad indicada de manera teórica en muchas ocasiones se desvía bastante de la realidad. Pero obviando esta desviación ya que la única manera de probarlo fidedignamente sería instalarla y probarla en condiciones reales. Se va a suponer que las celdas ya están a un 75% de su capacidad. Esto nos arrojaría una capacidad de 2.25 Ah necesitando una batería de 13S 43P, siendo el número de celdas por batería de 559. Sumando un total de 1677. Redondeando unas 1680 celdas Samsung 18650.

Como se observa todos los fabricantes de baterías de litio las modulan en paquetes de unas 400 celdas máximo, esto es debido a que es más fácil de controlar y es más seguro. Por ese motivo en instalaciones como esta donde las baterías superan ese número de celdas se debe modular de 403 en 403, por eso nuestra estimación más compacta de diseño sería una 13S 31P, una batería que funcionará a 48 V y su capacidad vendrá dada por la capacidad de las celdas.

Hay que destacar que cada módulo debe tener una capacidad similar para evitar problemas de funcionamiento. Esta sería la parte más negativa. Pero una vez más la

flexibilidad que nos brinda esta tecnología de celdas de litio modulable, nos ayuda a dar con una posible solución haciendo más paquetes de, aunque quizás el mismo tamaño menor capacidad.

Por ejemplo, para nuestra instalación anterior de 288Ah disponemos de módulos de baterías de 48V, configuración 13S 31P. Pero por la índole de nuestro proyecto cada módulo es de una capacidad diferente dando ventanas en principio de 5%.

Módulo de celdas al 90% → Capacidad de 83.7 Ah.

Módulo de celdas al 85% → Capacidad de 79.05 Ah.

Módulo de celdas al 80% → Capacidad de 74.4 Ah.

Módulo de celdas al 75% → Capacidad de 69.75 Ah.

Módulo de celdas al 70% → Capacidad de 65.1 Ah.

En principio se tomara el 70% de capacidad como límite para este uso. A la espera de en un futuro poder realizar pruebas para determinar cuál es la capacidad en la cual las celdas son destino de reciclaje.

Con los 4 primeros Módulos cubriríamos la demanda de la instalación, la batería daría un total de 306 Ah, a 48V nominal o lo que es lo mismo 14.7 Kwh. Comprendiendo 1612 celdas, de una vida media de 80% estimado.

Esta carencia del modelo de diferencia de estado de salud de los paquetes, se propone solucionarlo mediante selectores instalados en bornes extremos de cada paquete que controlados electrónicamente mediante un sistema de domotización de prioridad y sea consciente del estado de salud de cada paquete. Dando prioridad de uso a los de mayor vida y estos pasando a un segundo nivel de prioridad, manteniendo siempre una jerarquía clara de a mejor estado de salud mayor consumo debe cubrir este paquete.

Toda esta información debe ser comunicada a través de red wifi o similares, para análisis de datos y mantenimiento de las instalaciones.

Centrándonos en solo lo que son los gastos de materiales vamos a realizar un presupuesto en primera aproximación de lo que sería la construcción de cada módulo.

Diremos que ha falta de obtener un precio para la obtención de baterías usadas, tomaremos como referencia el precio de las celdas reacondicionadas por la empresa SecondLife [55]. Siendo el precio medio de unos 0,7 euros y una vida media del 90%. Lo cual está muy bien teniendo en cuenta que ya han sido probadas y clasificadas.

Para facilitar los cálculos sería de unos 80e/Kwh. Esto sería 1200 euros. Una solución mucho más económica que su competencia directa del mercado que sería de 3174 euros. A los 1200 tendríamos que añadir cosas como conexionado, protecciones y BMS. Todo esto se especificará más adelante y haremos la comparativa en una tabla.

Hay que añadir que se estima un diseño rectangular de unos 400x800 mm empotrable en pared.

Estas dimensiones y disposición hacen este módulo apto para instalaciones en autocaravanas y camperizaciones.

2. Vehículos para personas de movilidad reducida.

Las adaptaciones de sillas de ruedas y otros vehículos eléctricos para personas de movilidad reducida sería otra de las aplicaciones de estas celdas reacondicionadas, ya que por su precio sería competitivo el entrar a ese mercado.

Mirando un modelo básico de scooter de movilidad reducida. Con la idea de servir de reemplazo a su antigua batería con una de nuestras baterías reutilizadas, se pone en claro el gran valor añadido del producto.

Ya que las características eléctricas que nos interesan del producto como viene reflejado en la figura [22] son los 250W del motor alimentados por dos baterías de 12V y 22Ah, entendemos que conectadas en serie.



Ilustración 21. Scooter de movilidad reducida. Fuente 56

Bueno, pues construir una batería de estas características sería una 7S 8P que haría un total de 24 V 24 Ah. Con un total de 56 celdas recordemos a unos 0,7 euros unidad. Sería un total de 39,2 euros. A los que habría que sumarles otros 35 más o menos del BMS y otros 20e de algunos componentes. Aproximadamente 100 euros, un precio de fabricación bastante asumible frente a los 160 que cuesta otra batería de las mismas prestaciones de tecnología AGM. Buscado en la página de repuestos de la misma página [56]. Siendo esta batería de unos 3Kg frente a los casi 9Kg de la opción de AGM.

3. Otros usos.

Se podría seguir poniendo ejemplos de usos para la segunda vida de estas baterías, pero como vemos al final todo se reduce a una entrega de potencia determinada a cierto voltaje y con un espacio limitado según que función. Es por ello por lo que se abre un abanico de posibilidades muy grande, si se tienen los conocimientos y los medios para abordar el problema y como queda cada vez más claro hay medios que se están desaprovechando por desinterés y desconocimiento.

5.4. Descarga completa para reciclado.

Tras todos estos preparativos, clasificación, y propuestas de uso. Aun habrá celdas que no puedan ser destinadas a una segunda vida. Bien pues estas son las celdas que deben ser destinadas a una planta de reciclaje. Estas serán las celdas las cuales su capacidad este por debajo de una línea por determinar.

Con estas celdas lo que se hará es conectarlas a una resistencia constante la cual haga que estas se descarguen de manera segura de manera individual. Esta resistencia variara en función de la intensidad de descarga recomendada por cada fabricante hasta que estas queden completamente vacías. Serán clasificadas, empaquetadas y transportadas a la planta de reciclaje más conveniente.

A modo de experiencia para este trabajo se hará este procedimiento y luego se procederá a abrir la celda para ver qué elementos podemos distinguir y ver cómo es por dentro estas celdas.

6.RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en todo el proceso de evaluación se reflejan en los anexos, en este epígrafe se reflejará solo las celdas con su ID y su capacidad remanente, así como el estado de vida, resistencia interna y modelo. Además, comentaremos en cada modelo el estado de salud crítico y la resistencia interna crítica.

Todas las tablas de los distintos fabricantes se encuentran en anexos.

6.1. SAMSUNG INR18650-35E.

En la tabla [1] que se presenta a continuación, encontramos 11 celdas Samsung INR18650-35E. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [22].

Tabla 1. Samsung INR-35E.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
61	3148	39	92,59
52	3142	37	92,41
64	3136	37	92,24
39	3092	39	90,94
51	3073	49	90,38
82	2927	39	86,09
45	2727	42	80,21
56	1671	40	49,15
65	1604	41	47,18
50	1581	42	46,50
31	1531	46	45,03



Ilustración 22. Celdas 35E evaluadas y clasificadas.

Fuente: E.P.

Se han realizado con estos datos dos graficas que muestran de manera más clara y visual los datos de la tabla.

En la primera gráfica, figura [23] se ha marcado un límite superior marcado por la capacidad nominal expresada por el fabricante [Anexos].

Y un límite inferior marcado por criterio propio considerando que estas celdas deben ser descartadas por debajo de ese valor ya que superado ese valor critico la densidad energética que ofrecen las celdas ya no es un valor competitivo frente a otras tecnologías y es mejor que se consideren chatarra y comience su proceso de reciclado. Descargándolas por completo con una resistencia continua y de manera controlada. Y más tarde almacenándolas, para llevarlas a la planta de reciclado correspondiente.

Se representa cada celda inservible como un punto azul hallado por debajo del verde que corresponda.

Se representa cada celda apta para una segunda vida como los puntos azules encontrados entre su naranjas y verde correspondiente. Cuanto más cerca este el punto azul del naranja mayor será el estado de salud de la celda representada.

Se observa que la mayoría por no decir todas las celdas de este grupo son aprovechables, esto se debe en parte a su gran capacidad nominal de 3400 mAh.

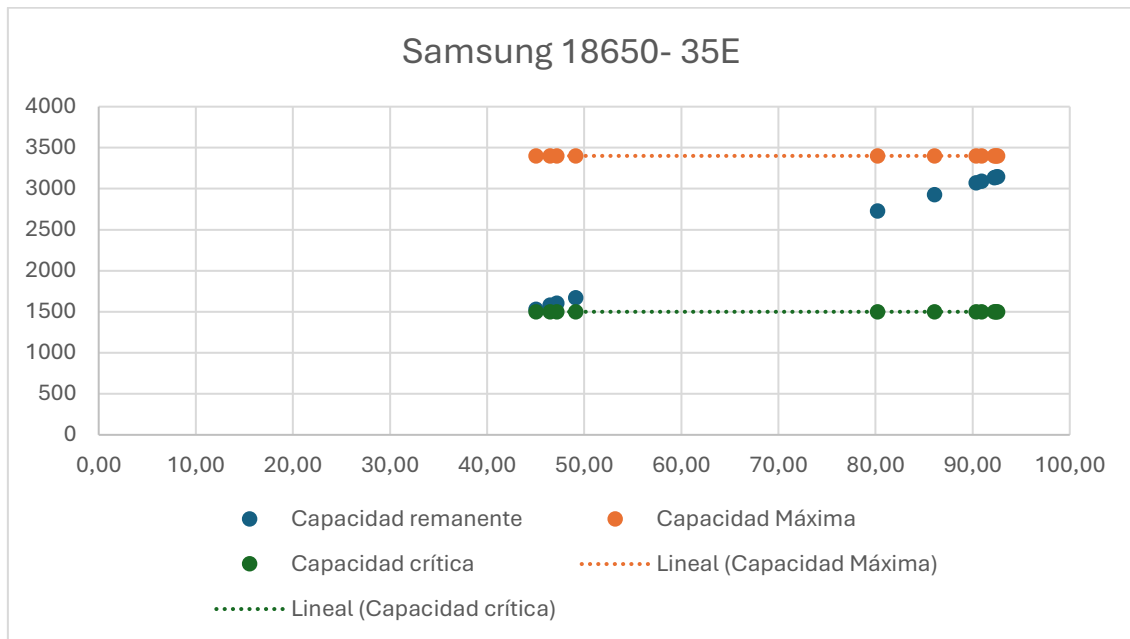


Ilustración 23. Representación de estado de salud de celdas 35E.

Fuente: E.P.

En la segunda gráfica, figura [24] se ha representado con una barra azul el estado de salud de la celda expresado en tanto por ciento y con una barra naranja el valor de la resistencia interna, expresado en mili Ohmios de cada celda.

Como se observa no existe una relación lineal que permita hacer una comparación sencilla con un máximo y un valor crítico. Pero sí que podremos obtener un valor crítico cuando este valor se repita en celdas con baja calidad y este esté lo suficientemente alejado del siguiente funcional. Se verá reflejado con mayor claridad en otro grupo de celdas con una muestra mayor.

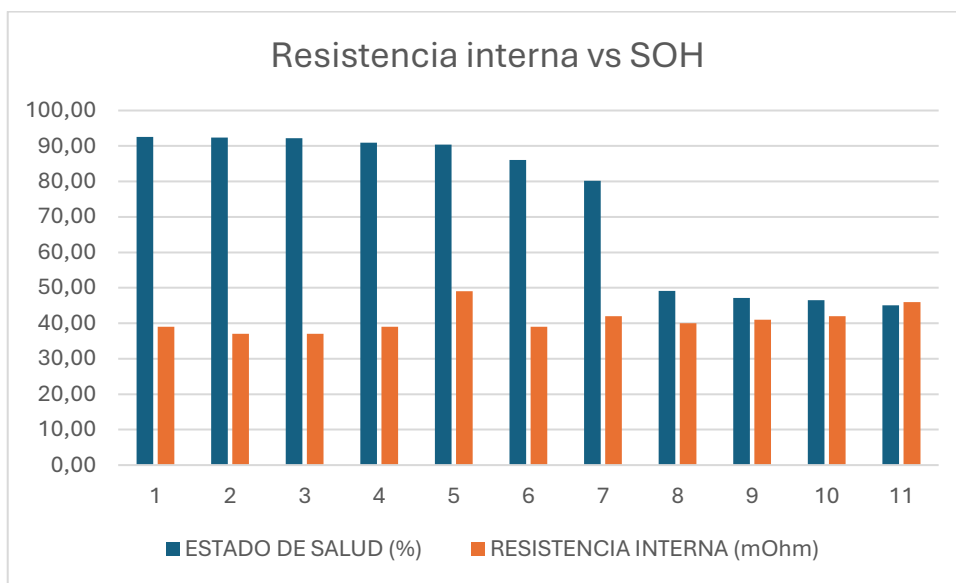


Ilustración 24. Resistencia interna vs Estado de salud.

Fuente: E.P.

6.2. SAMSUNG INR18650-30Q.

En la tabla [2] que se presenta a continuación, encontramos 11 celdas Samsung INR18650-30Q. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [25].

Tabla 2. Samsung INR 30Q.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
1	1668	28	57,52
41	1521	51	52,45
30	1510	79	52,07
69	890	71	30,69
42	886	68	30,55
54	880	72	30,34
86	876	66	30,21
62	876	66	30,21
43	870	71	30,00
3	863	70	29,76
33	852	77	29,38



Ilustración 25. Celdas 30Q evaluadas y clasificadas.

Fuente: E.P.

Siguiendo la metodología se han elaborado con estos datos dos graficas que muestran de manera más clara y visual los datos de la tabla.

En la primera gráfica, figura [26] se ha marcado un límite superior marcado por la capacidad nominal expresada por el fabricante [Anexos] de 3000mAh.

Y un límite inferior marcado por criterio propio de 1500mAh considerando que estas celdas deben ser descartadas por debajo de ese valor ya que superado ese valor critico la densidad energética que ofrecen las celdas ya no es un valor competitivo frente a otras tecnologías y es mejor que se consideren chatarra y comience su proceso de reciclado. Descargándolas por completo con una resistencia continua y de manera controlada. Y más tarde almacenándolas, para llevarlas a la planta de reciclado correspondiente.

Se representa cada celda inservible como un punto azul hallado por debajo del verde que corresponda.

Se representa cada celda apta para una segunda vida como los puntos azules encontrados entre su naranjas y verde correspondiente. Cuanto más cerca este el punto azul del naranja mayor será el estado de salud de la celda representada.

Se observa en este grupo como la mayoría de las celdas no son aptas para una segunda vida, siendo lo más recomendable su descarga completa y almacenamiento para el posterior traslado a la planta de reciclaje.

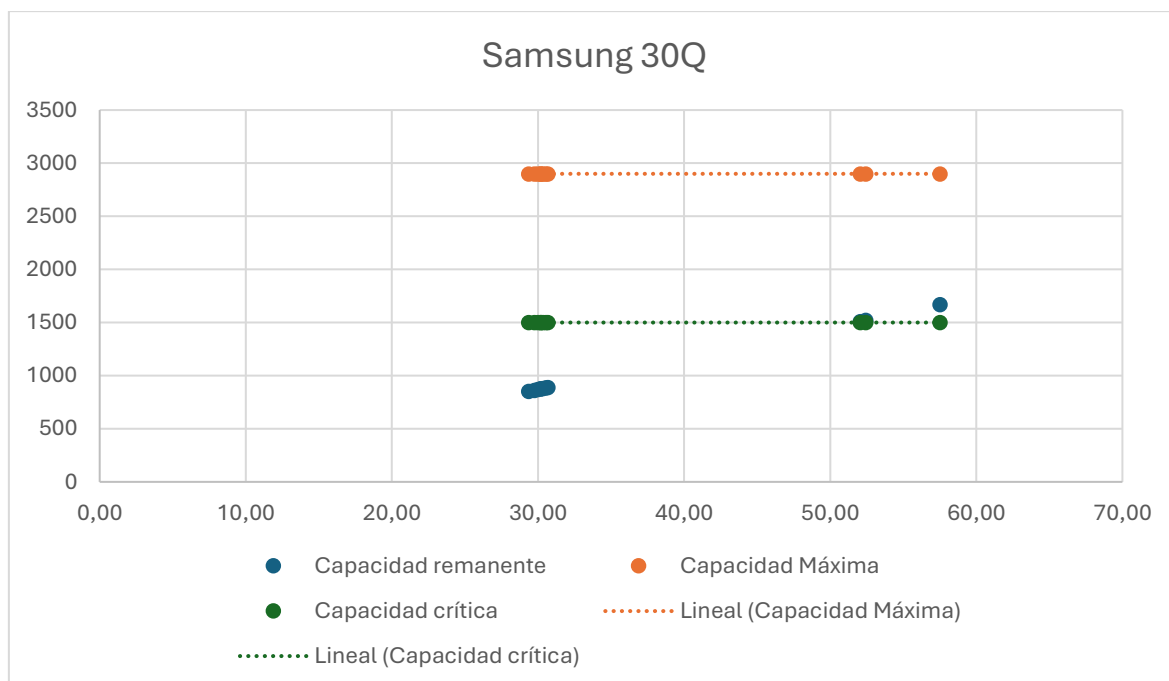


Ilustración 26. Representación de estado de salud de celdas 30Q.

Fuente: E.P.

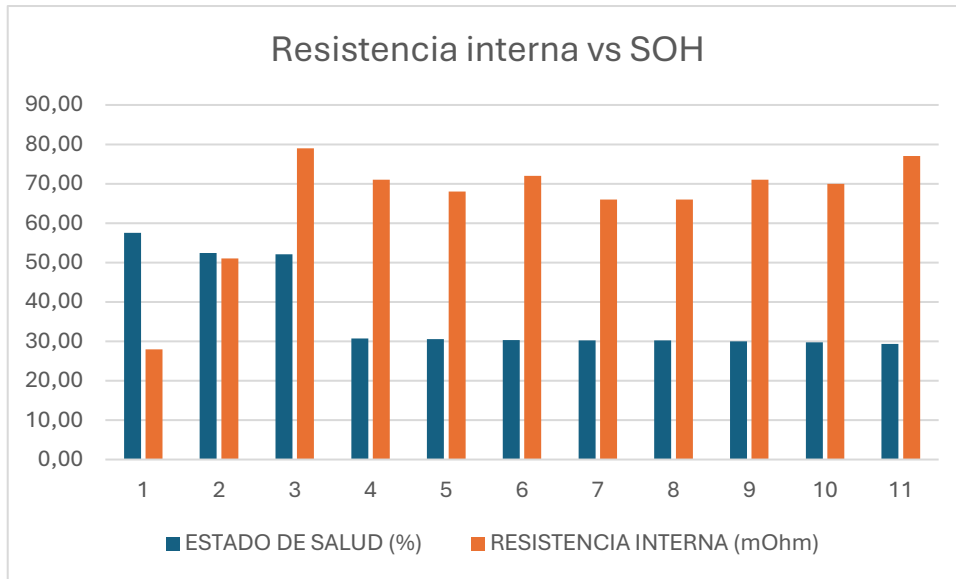


Ilustración 27. Resistencia interna vs Estado de salud 30Q.

Fuente: E.P.

En la segunda gráfica, figura [27] se ha representado con una barra azul el estado de salud de la celda expresado en tanto por ciento y con una barra naranja el valor de la resistencia interna, expresado en mili Ohmios de cada celda.

Como se observa no existe una relación lineal que permita hacer una comparación sencilla con un máximo y un valor crítico. Pero sí que podremos obtener un valor crítico cuando este valor se repita en celdas con baja calidad y este esté lo suficientemente alejado del siguiente funcional. En este caso consideramos un valor crítico de resistencia interna de 70 mOhm. Este dato resulta de gran ayuda a la hora de hacer un segundo filtro grueso después del visual, pues medir la resistencia interna de la celda lleva segundos en comparación a las horas que lleva el método de carga y descarga. Figura [28].

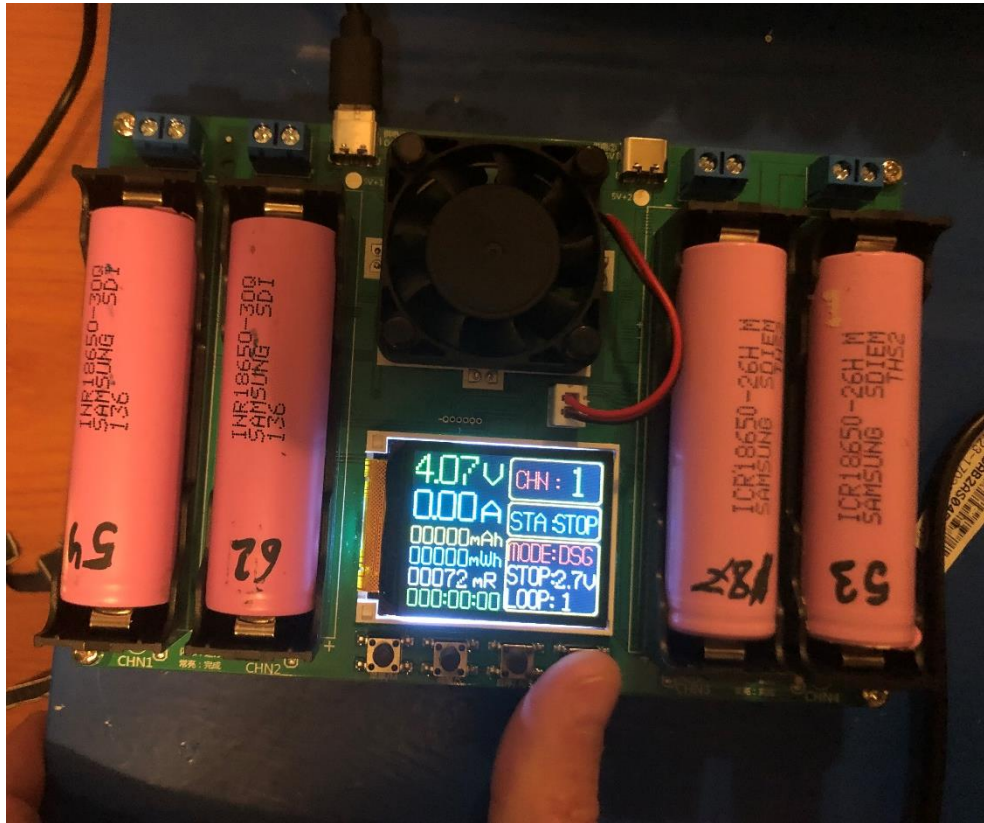


Ilustración 28. Medición resistencia interna 30Q.

Fuente: E.P.

Se observa en la figura 28 que antes de iniciar la descarga de las celdas el aparato de medida nos arroja la resistencia interna de cada celda.

6.3. SAMSUNG INR18650-26H.

Tabla 3. SAMSUNG INR18650-26H.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
1A	2534	48	97,46
37	2022	68	77,77
32	1980	70	76,15
15	1911	78	73,50
84	1901	64	73,12
60	1893	66	72,81
23	1846	77	71,00
14	1813	75	69,73
22	1770	72	68,08
71	1745	68	67,12
9	1709	76	65,73
34	1694	75	65,15
11	1635	79	62,88
74	1626	74	62,54
67	1624	74	62,46
53	1623	74	62,42
49	1591	78	61,19
12	1566	81	60,23
57	1553	77	59,73
35	1544	79	59,38
68	1529	77	58,81
55	1512	77	58,15
29	1510	79	58,08
87	1489	79	57,27
59	1485	77	57,12
38	1421	85	54,65
77	1403	79	53,96
5	1400	82	53,85
8	1360	89	52,31
4	1358	87	52,23
27	1356	83	52,15
25	1320	84	50,77
6	1232	79	47,38
24	1228	89	47,23

En la tabla [3] mostrada, encontramos 34 celdas Samsung INR18650-26H. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [29].

Este es el grupo más numeroso, aunque por su menor capacidad nominal, descartamos 11 celdas y solo trabajaremos con 23. Aun así, de este y los dos anteriores tenemos el grueso de celdas con las que trabajaremos en el diseño de la batería.



Ilustración 29. Celdas 26H evaluadas y clasificadas.

Fuente: E.P.

Siguiendo la metodología se han elaborado con estos datos dos graficas que muestran de manera más clara y visual los datos de la tabla.

En la primera gráfica, figura [30] se ha marcado un límite superior marcado por la capacidad nominal expresada por el fabricante [Anexos] de 2600mAh.

Y un límite inferior marcado por criterio propio de 1500mAh considerando que estas celdas deben ser descartadas por debajo de ese valor ya que superado ese valor critico la densidad energética que ofrecen las celdas ya no es un valor competitivo frente a otras tecnologías y es mejor que se consideren chatarra y comience su proceso de reciclado.

Descargándolas por completo con una resistencia continua y de manera controlada. Y más tarde almacenándolas, para llevarlas a la planta de reciclado correspondiente.

Se representa cada celda inservible como un punto azul hallado por debajo del verde que corresponda.

Se representa cada celda apta para una segunda vida como los puntos azules encontrados entre su naranjas y verde correspondiente. Cuanto más cerca este el punto azul del naranja mayor será el estado de salud de la celda representada.

Se observa en este grupo aproximadamente un tercio de las celdas no son aptas para una segunda vida, siendo lo más recomendable su descarga completa y almacenamiento para el posterior traslado a la planta de reciclaje.

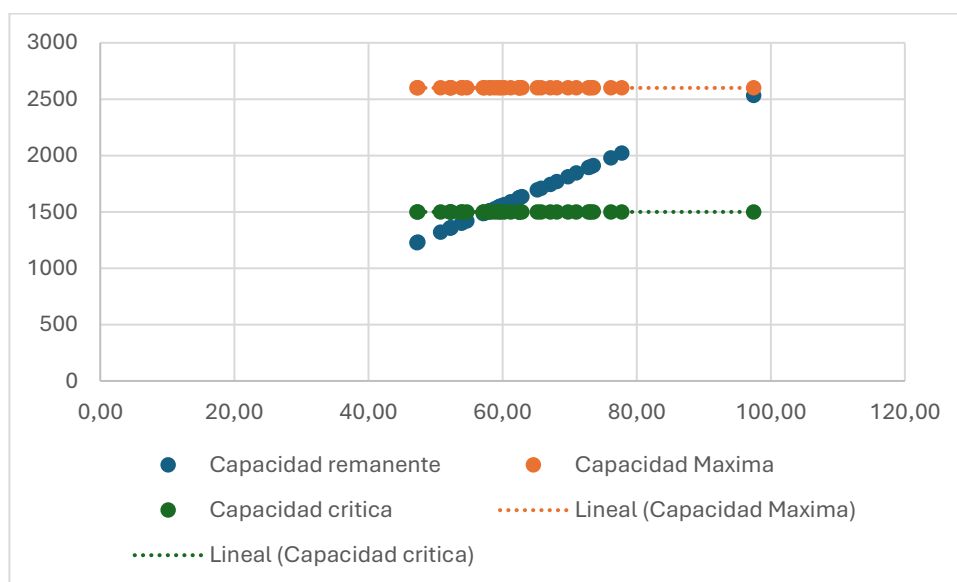


Ilustración 30. Representación de estado de salud de celdas 26H.

Fuente: E.P.

En la segunda gráfica, figura [31] en esta ocasión se muestra el estado de salud en el eje vertical y en el horizontal una barra que nos proporciona la resistencia interna de cada celda. Aunque no es algo exacto es muy conveniente tomar un valor crítico aquí también, en este grupo sería de 80mAh, ya que aunque se cometan errores y se descarte alguna celda que pudiera servir, esto lo asumiríamos con la ganancia de tiempo que nos supone, además si descartásemos alguna seguramente estaría muy cerca del valor crítico.

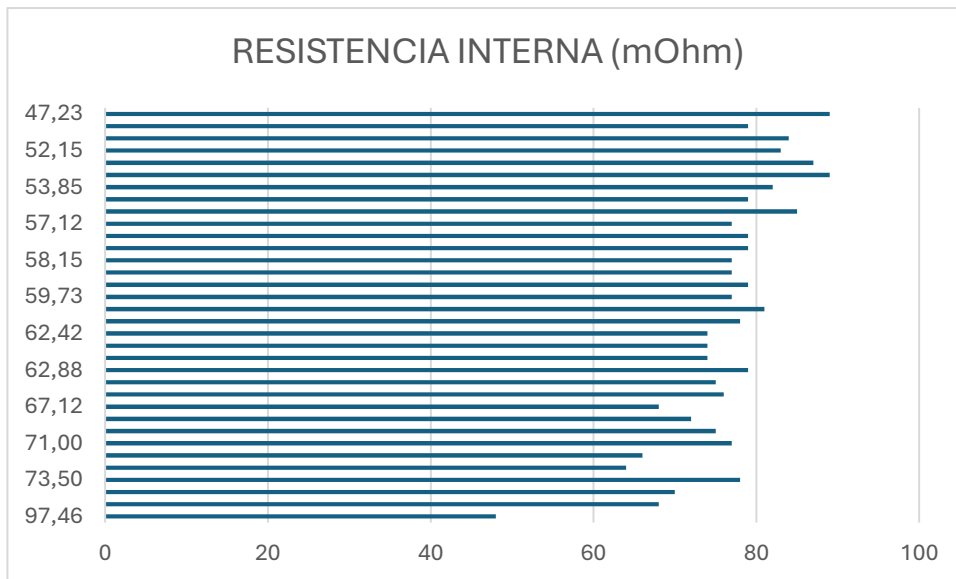


Ilustración 31. Resistencia interna vs Estado de salud.

Fuente: E.P.

6.4. INR 18650.

En la tabla [4] que se presenta a continuación, encontramos 4 celdas INR (Níquel-Cobalto-Aluminio). Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [32].

Se observa que este grupo es muy reducido, aun así, es aprovechable para por ejemplo una herramienta eléctrica como una dremel, destornillador e incluso un pequeño taladro, pues están se hayan en bastantes buenas condiciones.

Tres de ellas muy cercanas al 100% de salud y otra del 80%. Deducimos que o bien han sido descartadas en un inicio por fallo de otro componente del aparato al que pertenecían o bien que el BMS dejo de funcionar, impidiendo el correcto funcionamiento de la batería.

Tabla 4. INR 18650.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
17	2476	33	99,04
4	2452	32	98,08
9	2445	35	97,8
6	1936	46	77,44



Ilustración 32. INR 2600.

Fuente: E.P.

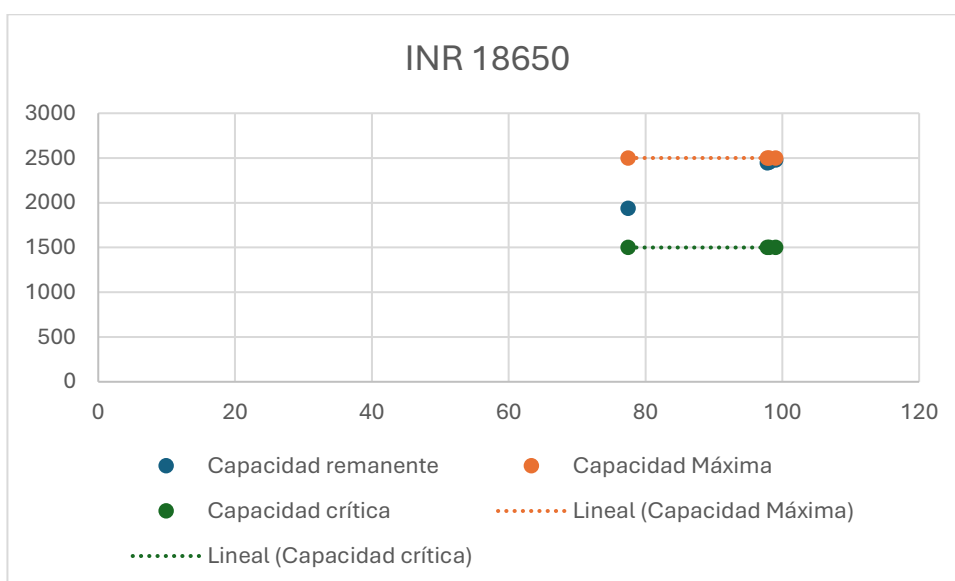


Ilustración 33. Estado de salud INR 2600.

Fuente: E.P.

Es un grupo tan reducido que basta con mirar la tabla para ver los resultados con claridad.

Se ha prescindido de la elaboración de la gráfica que maneja la resistencia interna, pues con las celdas disponibles de este grupo no tendríamos ninguna información relevante.

6.5. S28L 18650.

En la tabla [5], encontramos 12 celdas SL28L. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [34].

Este grupo es el más homogéneo en capacidades, siendo las 12 celdas perfectamente aprovechables. Se podría decir que de todos los grupos es el óptimo para una segunda vida. Ya que tienen misma química y mismas capacidades comprendidas entre 1955 y 1834 mAh es decir entre un 75% y un 70% de salud que es cuando comienzan a dar problemas de autonomía en los aparatos originalmente instaladas, pero que son aun perfectamente funcionales para otras aplicaciones.



Ilustración 34. Celdas S28L evaluadas y clasificadas.

Fuente: E.P.

Tabla 5. S28L 18650.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
9	1955	83	75,19
7	1940	89	74,62
10	1927	91	74,12
11	1914	89	73,62
2	1902	88	73,15
1	1895	88	72,88
4	1893	66	72,81
6	1887	92	72,58
5	1882	82	72,38
8	1869	93	71,88
3	1856	93	71,38
12	1834	85	70,54

En este grupo solo reflejaremos la gráfica que expresa el estado de salud de las celdas, pues al ser todas óptimas para una segunda vida no tenemos datos relevantes para estimar una resistencia interna crítica.

En la figura [35] se ha marcado un límite superior marcado por la capacidad nominal expresada por el fabricante [Anexos] de 2600mAh. Y un límite inferior marcado por criterio propio de 1500mAh

Se representa cada celda apta para una segunda vida como los puntos azules encontrados entre su naranjas y verde correspondiente. Cuanto más cerca este el punto azul del naranja mayor será el estado de salud de la celda representada.

Se observa como en este grupo todas las celdas son sensibles de una segunda vida, y además, que tengan todas una capacidad bastante similar. Es por eso que si se observa la unión de los puntos representativos de la capacidad de cada celda veremos prácticamente una línea horizontal.

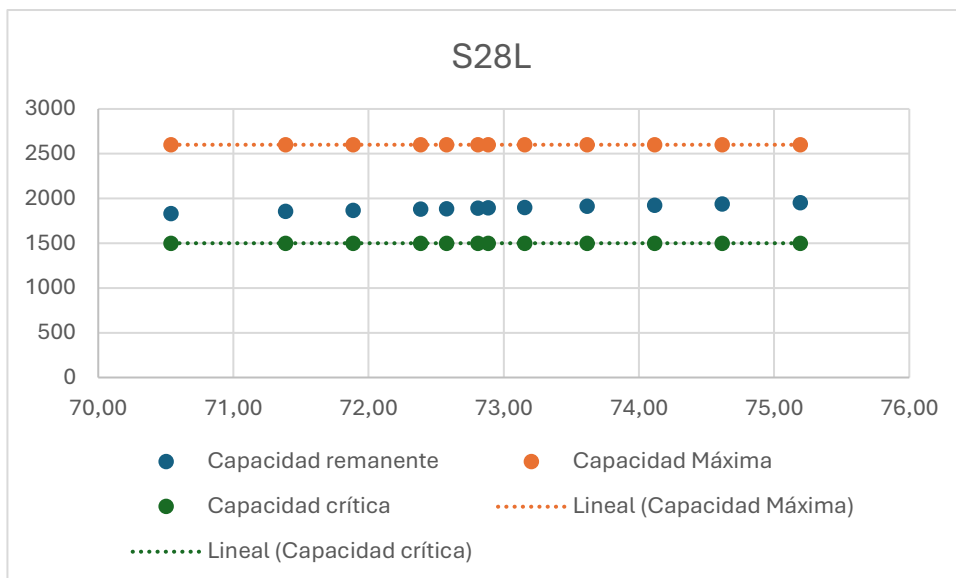


Ilustración 35. Estado de salud celdas S28L.

Fuente: E.P.

6.6. LG GBMH1.

En la tabla [6] que se presenta a continuación, encontramos 4 celdas LG GBMH1. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [36].

Tabla 6. LG GBMH1.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
1	2996	49	93,63
4	2937	37	91,78
2	2937	39	91,78
3	2903	40	90,72



Ilustración 36. LG GBMH1.

Fuente: E.P.

Se observa que este grupo es muy reducido, aun así, es aprovechable para por ejemplo una herramienta eléctrica como una dremel, destornillador e incluso un pequeño taladro, pues están se hayan en bastantes buenas condiciones.

Todas las de este grupo están prácticamente nuevas y tienen una muy buena capacidad tanto nominal como remanente.

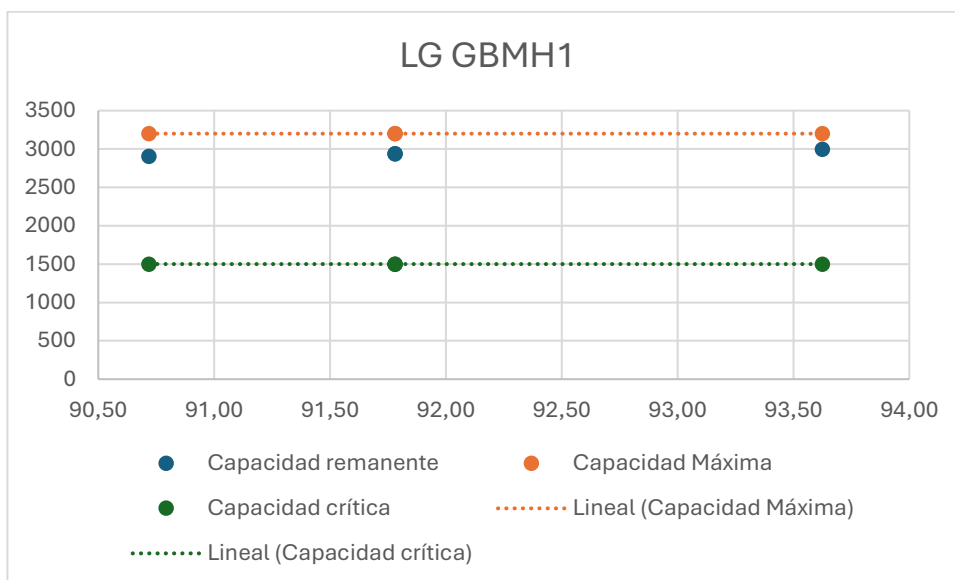


Ilustración 37. Estado de salud de LG GBMH1.

Fuente: E.P.

6.7. LG BM26.

En la tabla [7], encontramos 10 celdas LG BM26. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [38].

Aunque todas cumplen los criterios de capacidad, el grupo es muy heterogéneo.

Tabla 7. LG BM26.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
20	2319	53	89,19
9	2258	50	86,85
27	2117	56	81,42
2	2106	53	81,00
21	2105	55	80,96
7	2096	56	80,62
31	1954	55	75,15
26	1951	56	75,04
29	1929	58	74,19
30	1676	59	64,46

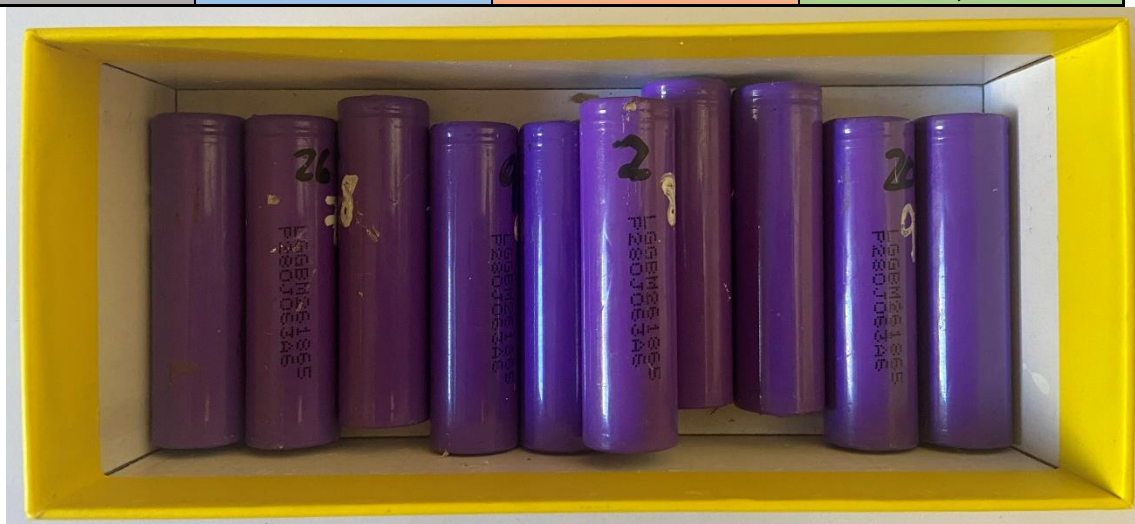


Ilustración 38. LG BM26.

Fuente: E.P.

En la figura [39] vemos la ya comentada heterogeneidad del grupo en la inclinación de la recta resultante de unir los puntos representativos de cada celda. Se observa también como todos los puntos azules están entre los límites lo cual indica que todas son aptas para una segunda vida.

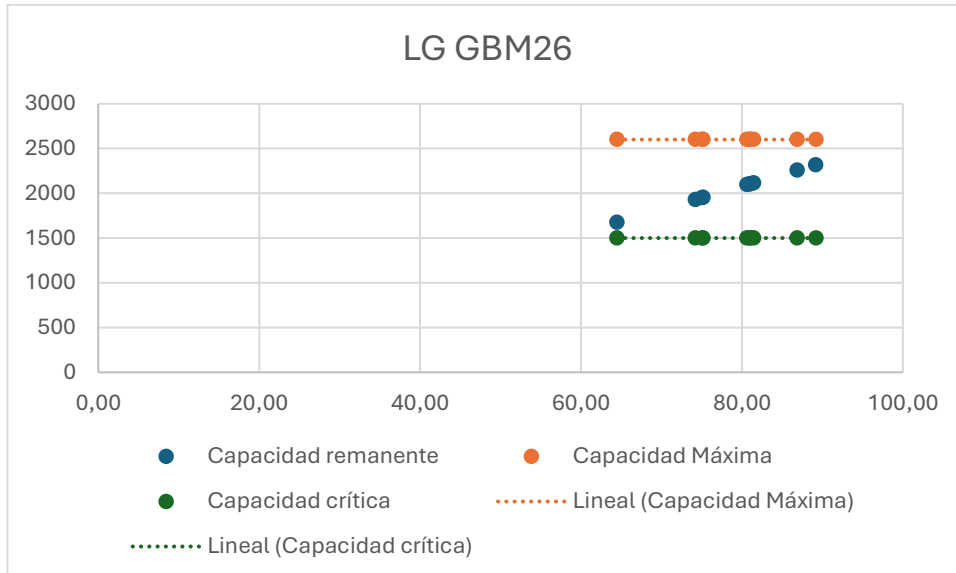


Ilustración 39. LG BM26.

Fuente: E.P.

6.8. LG DBMJ1.



Ilustración 40. Celdas LG DBMJ1 evaluadas y clasificadas.

Fuente: E.P.

En la tabla [8], encontramos 5 celdas LG BM26. Evaluadas y clasificadas de mayor a menor capacidad entregada según el método de evaluación realizado de carga y descarga.

El número de cada celda es escrito en la celda correspondiente a modo de número identificativo. La capacidad entregada real expresada en miliamperios hora, es comparado con la capacidad nominal manifestada por el fabricante. Obteniendo así el estado de salud, estado que reflejamos aproximando a un número entero en la celda correspondiente, para hacer más sencilla la clasificación y el descarte. Figura [40].

Tabla 8. LG DBMJ1.

NUMERO	CAPACIDAD ENTREGADA (mAh)	RESISTENCIA INTERNA (mOhm)	ESTADO DE SALUD (%)
6	2624	42	74,97
7	1908	55	54,51
2	1393	47	39,80
4	1363	49	38,94
1	1362	38	38,91

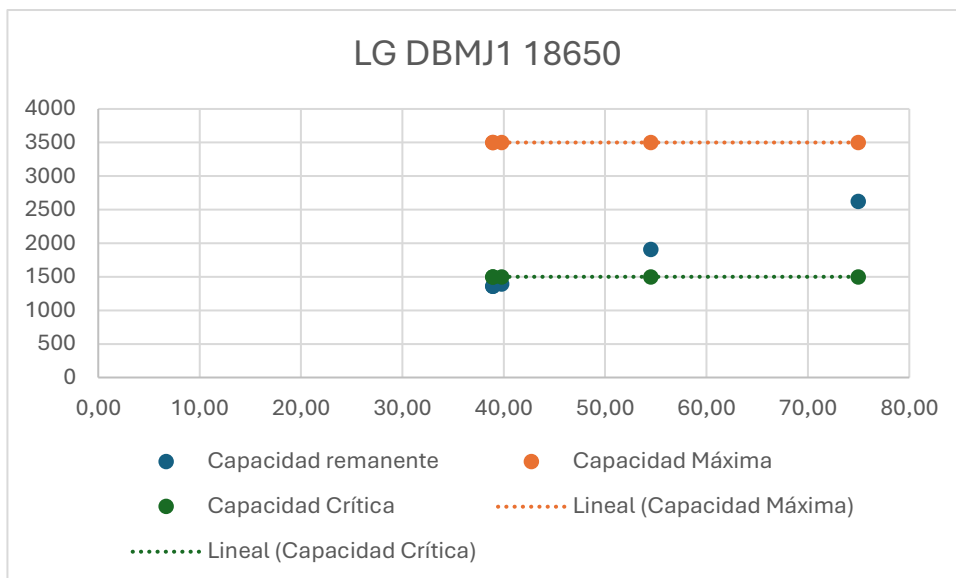


Ilustración 41. Estado de salud de LG DBMJ1.

Fuente: E.P.

Se observa en la gráfica como solo dos puntos azules están dentro del rango, estando estos bastante separados, indicativo de que es un grupo poco apto para una segunda vida.

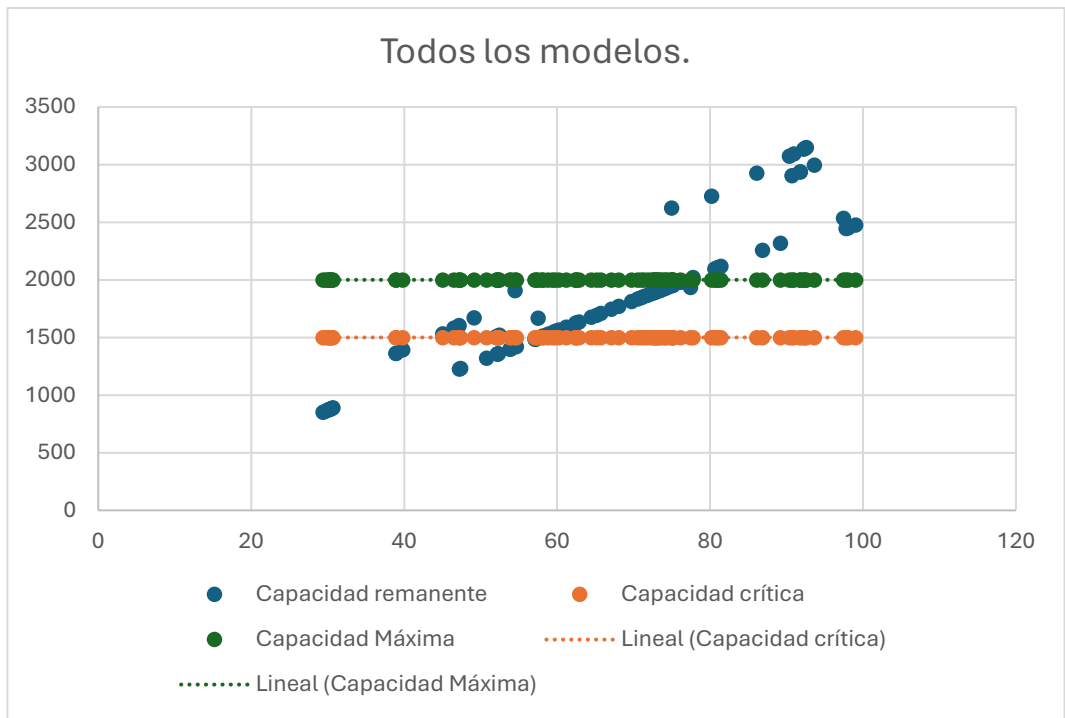


Ilustración 43. Estado de salud de todas las celdas 18650 evaluadas.

Fuente: E.P.

6.10. Resumen.

Se han evaluado más de 250 celdas. Las cuales mostramos en la figura [44]



Ilustración 44. Celdas objeto de evaluación.

Fuente: E.P.

Muchas han sido descartadas directamente por método visual, oxido, defectos mecánicos... Figura [45].



Ilustración 45. Celdas descartadas por aspecto.

Fuente: E.P.

Otras no han llegado a cargar por encontrarse con un nivel de tensión bajo. Figura [46]. Estas se pueden recuperar mediante una carga agresiva y corta a voltaje constante.

Para así elevar la tensión hasta un nivel que el cargador reconozca y ya ser cargada con suavidad a la carga recomendada por el fabricante. Este método es funcional pero no muy recomendable en celdas destinadas a uso doméstico, pues existe riesgo.



Ilustración 46. Celdas con voltaje por debajo de 2,2 V.

Fuente: E.P.

De las 91 celdas funcionales, vamos a tomar el rango de 2000 a 1500 mAh. Entendiendo que es un rango demasiado amplio, pero al ser un prototipo de estudio nos servirá. Lo más importante es que todas tengan un voltaje similar y esto es así pues todas van desde 4,2 a 2,7 V en sus voltajes máximos y mínimos, dando un voltaje medio de unos 3,2 V.

Lo ideal es utilizar capacidades similares y mismos modelos de celdas. Pues esto aseguraría una vida útil y un funcionamiento equiparable con las baterías nuevas.

Como se observa, para tener algo funcional el stock de baterías usadas debe ser bastante grande. Es por tanto que pensando en algo más realista, el primer paso sería una acumulación suficiente de celdas, lo cual es algo completamente necesario para solucionar un problema de residuos y es localizarlos todos en un solo sitio. Después ya el siguiente paso desmantelar y evaluar. Y ya por último reutilizar y como última instancia reciclar.

7.DISEÑO Y MONTAJE.

7.1. Batería 12V.

Como tenemos unas celdas de capacidades muy dispares, vamos a recurrir a un software web <https://www.repackr.com/> que ordena las celdas para que la energía fluya a través de estas de la manera más equilibrada posible.

Las celdas de entre 1500 y 2000 mAh que hemos aprovechado nos han resultado en una batería de las siguientes características:

- Voltaje nominal de 12.8V (4 series).
- Intensidad nominal de 17.917 Ah (10 paralelos).
- Potencia nominal de 230 Wh.

Distribuidas en 4 paquetes unidos en serie compuesto cada uno por 10 celdas en paralelo.

Paquete 0	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3
0,198	1,194	2,1955	2,1955
0,1951	1,1914	2,1929	2,1929
0,1927	1,1908	2,1902	2,1902
0,1887	1,1893	2,1869	2,1869
0,1882	1,1893	2,1813	2,1813
0,1834	1,1846	2,177	2,177
0,1694	1,1676	2,1709	2,1709
0,1623	1,1634	2,1671	2,1671
0,1581	1,1626	2,1668	2,1668
0,1566	1,1591	2,1635	2,1635

Ilustración 47. Posición de las celdas según capacidad en el paquete de batería.

Fuente: E.P.

Ya teniendo seleccionadas las celdas se procede a comprobar el estado del aislante de cada una de manera individual. Sustituyendo cuando fuese necesario. Pues el polo negativo de las celdas es el chasis entero de esta y el positivo es la parte saliente de esta [35].

Cuando están comprobadas se procede montar cada pack de manera individual. Con todos los polos positivos hacia un lado y los negativos hacia otro. Los unimos con unos soportes de plástico o también sería posible con silicona. Muy importante poner papel de cebada entre las series para aumentar la seguridad.



Ilustración 48. Paquete de celdas 18650. 6s5p.

Fuente: [57].

Las soldaduras deben hacerse con puntos y bandas de níquel de 0,15 mm, ya que un exceso de temperatura realizando una soldadura de estaño podría dañar la batería.

Cuando están soldadas las celdas de la manera propuesta, aseguramos los paquetes con cinta de fibra de vidrio.

Dos cables AWG 14 uno rojo y otro negro serán nuestros cables de potencia.

El siguiente paso sería colocar el BMS y sus cables de control de manera ordenada. Siguiendo el esquema del fabricante, en nuestro caso una 4S contara con 5 cables de control.

Como el montaje de esta batería requiere de bastantes materiales, se han intentado pedir por paginas económicas como alliexpres y estamos teniendo problemas con la recepción de estos, ya que algunos no llegan o no son de la calidad esperada.

En este apartado se narra de manera teórica/ideal la construcción del modelo. La realidad será lo más parecida posible, pero debido al tiempo y a los recursos no podemos garantizarlo y quizás varié.

7.1. Minipowerbank.

Surge la idea con la intención de aprovechar las celdas de mayor capacidad de manera individual, debido a todas las celdas de buena capacidad que tenemos, pero de distinta química o de capacidad demasiado dispares para unirlos.

Buscamos sustituir a las powerbanks potentes y pesadas, ya que la verdadera función de estas es proporcionar una carga auxiliar y suficiente en un momento determinado, no el servir como cargar de varios terminales o durante demasiado tiempo.

Se propone como alternativa a ellas una powerbank de 3000 mAh, lo que nos proporciona energía suficiente como para una carga completa de un dispositivo móvil estándar. Por ejemplo, del iPhone 11.

O un altavoz compacto JBL, proporcionando hasta 10 horas mas de funcionamiento.

Como vemos la capacidad de 3000 mAh es una cifra bastante extendida en los aparatos electrónicos de bolsillo.

Y sin ser mucho más grande que un mechero. Figura [49]

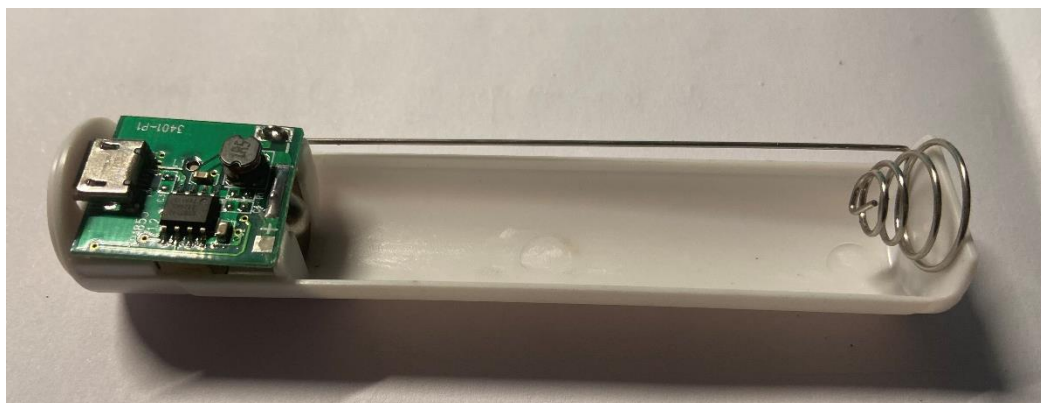


Ilustración 49. Minipowerbank 3000mAh.

Fuente: E. P.

8. CONCEPTO DE RIG 18650.

Inicialmente, se plantea el diseño de una plataforma que facilite las conexiones de las celdas, de manera similar a la inserción de pilas en dispositivos electrónicos de uso común, como un control remoto. El objetivo es implementar un sistema que permita la integración eficiente y sencilla de las celdas en una batería de mayor tamaño, optimizando así su ensamblaje y mantenimiento y favoreciendo un escalado del sistema.

Al madurar la idea se han visto bastantes dificultades tanto en el diseño como en la funcionalidad. En primer lugar, el mal conexionado de las celdas puede provocar un cortocircuito con los consiguientes riesgos que esto conllevaría ya que el conexionado de las celdas debe realizarse con seguridad y criterio y no cualquiera debe poder hacerlo. Ya que requiere atención y un mínimo de conocimientos.

Con todo y con esos inconvenientes el beneficio que supondría para el proceso de la reutilización sería algo muy beneficioso. Es por lo que vamos a plasmar la idea inicial en este apartado. Los ficheros CAD son de elaboración propia y se añadirán a los anexos.

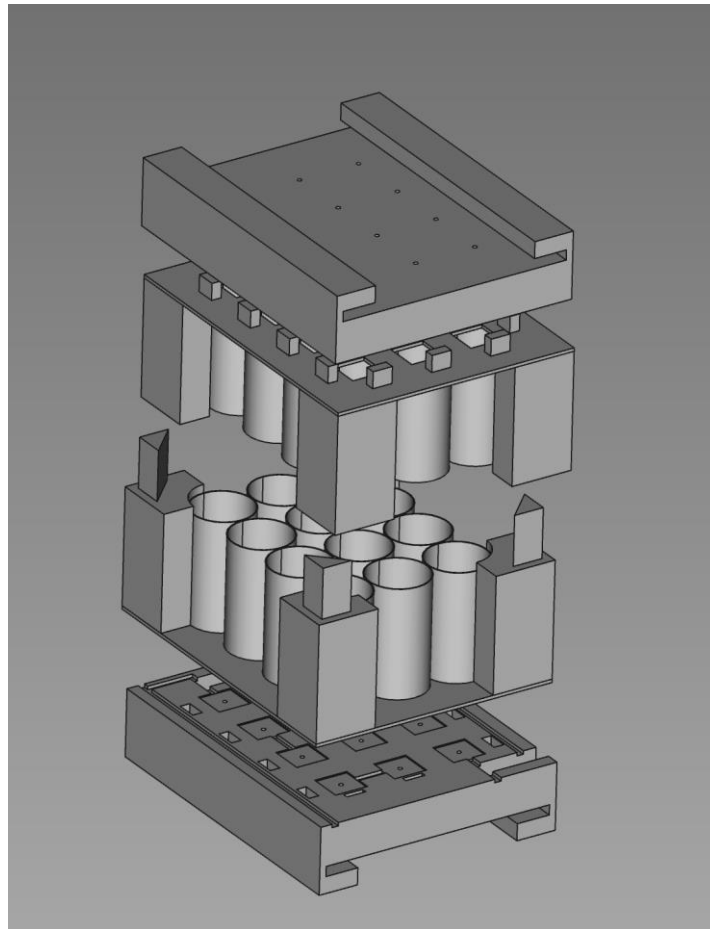


Ilustración 50. Primer diseño de RIG 18650.

Fuente: E.P.

Como se observa, la intención es hacer algo modurable y de fácil mantenimiento. Que puedas cambiar cualquier celda que este dañada o en mal estado. Pero después de indagar más en el estado de evolución de las baterías actualmente, parece algo que dentro de uso años carecerá de sentido hacer con las 18650 pues otras tecnologías estarán mucho más metidas en el mercado. Como por ejemplo las baterías de Fósforo de Hierro Litio (LiFePO₄). Una tecnología mucho más fácil de instalar y mantener.



Ilustración 51. Celdas prismáticas LiFePO₄.

Fuente: [55].

9.CONCLUSIONES.

Como epígrafe final vamos a concluir haciendo un repaso general dando opiniones basadas en toda la información recopilada y procesada a lo largo de este trabajo.

Existen muchas baterías 18650 que están en circulación y no cierran el ciclo de vida del producto ya que de ser útil pasa a ser directamente chatarra y esto se debe principalmente a una falta de evaluación cuando la batería deja de cumplir su función ya que el usuario de esta la ve como un todo y no como celdas individuales.

Esta visión simplista de los aparatos es algo que no va a cambiar e incluso fomentado por el consumismo y la obsolescencia programada continuara en aumento.

Somos nosotros quienes como personas técnicas y preparadas debemos buscar una solución a esta problemática del producto, entrando en esa etapa de la vida del producto cuando es desechada y darle una segunda vida o en caso contrario hacerla apta para el reciclaje.

Para ello debemos acudir a los focos: desguaces, talleres, usuarios... para luego procesar, acumular, evaluar, reciclar y da una segunda vida al producto.

En España hay ya hoy en día volumen de este producto como para que sea una preocupación de ciertas empresas del mercado. También advertimos que las 18650 están siendo desplazadas por otras tecnologías. Esto puede verse como un inconveniente, pero también como una oportunidad, ya que esto hará que muchas baterías de 18650 sean declaradas chatarra mucho antes de llegar al final de su vida útil.

Con respecto al reciclaje directo del producto, en mi opinión si se tiene la oportunidad de almacenar las celdas que no son aptas de manera segura y estanca hasta tener un volumen considerable sería lo ideal hacerlo pues parece que la escasez del metal y la demanda de este ambas crecientes en los últimos años va a seguir siéndolo, además de estar acumulando otros materiales como acero, níquel, cadmio... Todos ellos muy preciados en la industria. Y en tiempos de incertidumbre económica como los que se esperan según los expertos en los próximos años no parece mala idea acumular, para mas tarde procesar y convertir.

El proceso de evaluación de las celdas se ha visto que es bastante manual, aunque hay maneras de intentar industrializar el proceso en cierta forma y que tampoco requiere de una inversión desproporcionada. Como por ejemplo un evaluador de celdas industrial.

A la hora de diseñar una batería lo principal es tener claro el destino de esta pues se iniciará el diseño sabiendo que capacidad es la que queremos obtener uniendo tantas celdas como sea preciso en paralelo, para mas tarde unir estas en serie obteniendo así la tensión de trabajo.

A nivel de seguridad es recomendable poner fusibles de protección, así como diferenciales y térmicos que protejan el circuito y a las personas, además no es recomendable superar los 48V de seguridad, ni tampoco se debería de superar las 100 celdas por paquete. Y cada paquete debe ir dominado por un BMS de calidad, ya sea de propia fabricación o comercial. Lo cual parece ser la opción más sensata pues hasta el momento la marca Daly funciona bastante bien a un precio muy competitivo.

Todo el proceso de ensamblaje debe ser muy metódico y comprobando en cada momento la correcta conexión de cada elemento.

Como ya se ha reflejado en apartados anteriores el procedimiento correcto para el ensamblaje será el hacerlo con celdas de una misma química (modelo) y parecida capacidad.

Se entiende que la problemática actual de las baterías de litio y su ciclo de vida representa un desafío que puede convertirse en una oportunidad valiosa.

Con la correcta gestión, evaluación y reutilización de estas celdas, no solo podemos mitigar el impacto ambiental, sino también aprovechar los beneficios económicos derivados de la escasez de metales y la creciente demanda.

Recae en nuestra profesión la responsabilidad de desarrollar e implementar soluciones sostenibles y eficientes, asegurando un futuro limpio y sostenible.

10.REFERENCIAS.

1. BOE-A-2021-796. (2021). Reciclaje de Litio en España.
2. La Vanguardia. (2023). ¿Cuántos coches electrificados hay en España y dónde? <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20231108/9362040/coches-electrificados-hay-espana-donde-concentran.html>
3. CdeComunicacion.es. Baterías de iones de litio, ¿cómo son? Material Eléctrico.
4. RACE. (2023). Tipos de patinetes eléctricos. Recuperado de <https://www.race.es/tipo-patinete-electrico>
5. Luipermom. (2017). Review del patinete eléctrico Xiaomi Mijia M365. Recuperado de <https://luipermom.wordpress.com/2017/11/17/review-patinete-electrico-xiaomi-mijia-m365>
6. El País. (2023). ¿Cuántas motos eléctricas hay en España? Recuperado de <https://motor.elpais.com/motos/cuantas-motos-electricas-hay-en-espana/>
7. Next Electric Motors. Batería para moto eléctrica. Recuperado de <https://nextelectricmotors.com/bateria-moto-electrica/>
8. Mercedes-Benz Bus. (2023). Segunda vida de las baterías de autobuses. Recuperado de https://www.mercedes-benz-bus.com/es_ES/brand/omnibus-magazin/e-bus-battery-second-life.html
9. Superdeporte. (2024). Siniestros de coches. Recuperado de <https://www.superdeporte.es/fuera-de-juego/2024/03/11/marca-sufre-accidentes-coches-seguridad-99353259.html>
10. Híbridos y Eléctricos. (2023). La larga vida reciclada de las baterías de coches eléctricos. Recuperado de https://www.hibridosyelectricos.com/coches/larga-reciclada-vida-baterias-coches-electricos-ii_68421_102.html
11. ITP 02-2022. (2022). Reciclado de baterías de iones de litio de vehículos eléctricos.

12. Parlamento Europeo. (2022). Nuevas medidas europeas para que las baterías sean más sostenibles y éticas. Recuperado de <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20220228STO24218/nuevas-medidas-europeas-para-que-las-baterias-sean-mas-sostenibles-y-eticas>
13. Leggett, D. (2022). Posco completes EV battery recycling plant in Poland. Just Auto. Recuperado de <https://www.just-auto.com/news/posco-completes-ev-batteryrecycling-plant-in-poland/>
14. Avicienne. (2022). The Rechargeable Battery Market: Value Chain and Main Trends 2021-2031. AABC Europe conference 2022.
15. YouTube. (2023). Planta de reciclaje en León. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=iounidiBwIE>
16. Beeplanet. (2023). Recuperado de <https://beeplanetfactory.com/>
17. Movilidad Eléctrica. (2023). Endesa prepara en León la que será la primera planta de reciclaje de baterías de España. Recuperado de <https://movilidadelectrica.com/endesa-prepara-en-leon-la-que-sera-la-primera-planta-de-reciclaje-de-baterias-de-espana/>
18. BOE. (2002). Reglamento electrotécnico para baja tensión. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-18099-consolidado.pdf>
19. Doose, S., & M. J. (2021). Challenges in Ecofriendly Battery Recycling and Closed Material Cycles: A Perspective on Future Lithium Battery Generations. *Metals*, 11, 291.
20. Tian, G. (2022). Recycling of spent Lithium-ion Batteries: A comprehensive review for identification of main challenges and future research trends. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 102447.
21. Bae, H., & K. Y. (2021). Technologies of lithium recycling from waste lithium-ion batteries: a review. *Materials Advanced*, 2, 3234.
22. Duan, X. (2022). Recycling of Lithium Batteries - A Review. *Energies*, 15, 1611. doi: <https://doi.org/10.3390/en15051611>
23. Tian, G. (2022). Recycling of spent Lithium-ion Batteries: A comprehensive review for identification of main challenges and future research trends. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 102447.

24. Thompson, D. L., & M. J. (2020). The importance of design in lithium-ion battery recycling – a critical review. *Green Chemistry*, 7585-7603.
25. Unión Europea.
26. ACS Publications. (2022). Lithium-Ion Battery Recycling - Overview of Techniques and Trends. *ACS Energy Letters*, 712-719. doi: <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.1c02602>
27. CarE Service Project. (2021). Recuperado de <https://www.careserviceproject.eu/>
28. YouTube. (2021). CarE Service final exploitation event 25th November 2021. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=IW3ydgYFzuQ&t=3s>
29. ReLib. (2023). Recuperado de <https://relib.org.uk/>
30. Fraunhofer IWKS. (2022). Recuperado de <https://www.iwks.fraunhofer.de/en/competencies/Separation-and-Sorting-Technologies/Physical-Separation-and-Sorting-Technologies/Electrohydraulic-Fragmentation-EHF.html>
31. Bae, H., & K. Y. (2021). Technologies of lithium recycling from waste lithium-ion batteries: a review. *Materials Advanced*, 2, 3234.
32. Gao, H., & T. D. (2022). Seeking direct cathode regeneration for more efficient lithium-ion battery recycling. *Current Opinion in Electrochemistry*, 31, 100875.
33. ReCell Center. Reconstrucción de baterías.
34. Sojka, R. (2020). Comparative study of Li-ion battery recycling processes. Accurec Recycling GmbH.
35. Battery Management Systems for large Lithium-ion Battery Packs.
36. Diseño de un Sistema de Gestión de Baterías (BMS) Li-Ion, reconfigurable.
37. Valdivia, C. (2018). Memoria TFM.
38. Rodríguez, A., Ortiz, M., & Thoma, J. Baterías de ion litio: presente y futuro.
39. Litio Argentina. Línea de tiempo: ¿Cómo avanzó la ciencia hasta descubrir la batería de litio? Recuperado de <https://litioargentina.com/que-es-el-litio/linea-de-tiempo-como-avanzo-la-ciencia-hasta-descubrir-la-bateria-de-litio/>
40. Yang, D. TFM.

41. Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., ... & Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575, 75-86.
42. Väyrynen, A., & Salminen, J. (2012). Lithium ion battery production. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 46, 80-85.
43. Yang, Y., Meng, X., Cao, H., Lin, X., Liu, C., Sun, Y., & Sun, Z. (2018). Selective recovery of lithium from spent lithium iron phosphate batteries: a sustainable process. *Green Chemistry*, 20, 3121-3133.
44. YouTube. (2023). GOTION. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=IW3ydgYFzuQ&t=3s>
45. Kim, J., Kim, K., Cho, W., Shin, W. H., Kanno, R., & Choi, J. W. (2012). A truncated manganese spinel cathode for excellent power and lifetime in lithium-ion batteries. *Nano Letters*, 12, 6358-6365.
46. Thackeray, M. M., David, W. I. F., Bruce, P. G., & Goodenough, J. B. (1983). Lithium insertion into manganese spinels. *Materials Research Bulletin*, 18(4), 461-472.
47. Yang, Y., Meng, X., Cao, H., Lin, X., Liu, C., Sun, Y., & Sun, Z. (2018). Selective recovery of lithium from spent lithium iron phosphate batteries: a sustainable process. *Green Chemistry*, 20, 3121-3133.
48. Zeng, X., Li, J., & Singh, N. (2014). Recycling of spent lithium-ion battery: A critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(10).
49. Renault. (2023). Densidad energética de la batería. Recuperado de <https://www.renault.es/blog/actualidad/densidad-energetica-bateria.html>
50. Rekoser. (2023). ¿Cómo medir la capacidad de las baterías? Recuperado de <https://rekoser.com/es/blog/como-medir-la-capacidad-de-las-baterias/>
51. Iberdrola. (2023). ¿Qué es el voltaje eléctrico y cómo medirlo? Recuperado de <https://www.iberdrola.es/blog/luz/que-es-voltaje-electrico-como-medirlo/>
52. Repsol. (2023). Consumo energético. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/consumo-energetico/index.cshtml>
53. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2023). Informe sobre el consumo y usos residenciales. Recuperado de <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.php>

54. Tritec Intervento. (2023). ¿Qué es el ritmo de descarga de una batería? Recuperado de <https://tritec-intervento.cl/que-es-el-ritmo-de-descarga-de-una-bateria/>

55. Battery Second Life. (2023). Lote Samsung 18650 25R 2.5Ah 20.5kWh. Recuperado de <https://batterysecondlife.com/lote-samsung-18650-25r-25ah-20-5kwh.html>

56. DisMóvil. (2023). Batería para scooter eléctrico 25 Ah AGM. Recuperado de <https://www.dismovil.net/es/tienda/online/baterias-agm-sillas-electricas-scooters-movilidad/bateria-scooter-electrico-25-ah-agm>

57. Todo Baterías. (2024). Todo Baterías: Aprende tú mismo. Todo Baterías. <https://www.todobaterias.es/>

ANEXOS.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

SPECIFICATION OF PRODUCT

for Lithium-ion rechargeable cell

Model name : INR18650-35E

July, 9th, 2015

Samsung SDI Co., Ltd.

Cell Business Division



Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

Revision history

Revision No.	Date(^yr-m-d)	Page	Item	Description	Changes / Author
Ver. 1.0	'15-03-10	19		Ver. 1.0	Yunwoong Kim
Ver. 1.1	'15-07-09	19		Cycle life condition change	Yunwoong Kim

Tentative

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

1. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell ('cell') to be supplied to the customer by Samsung SDI Co., Ltd.

2. Description and Model

2.1 Description	Cell (lithium-ion rechargeable cell)
2.2 Model	INR18650-35E
2.3 Site	Manufactured in Korea

3. Nominal Specifications

Item	Specification
3.1 Standard discharge Capacity	Min 3,350mAh - Charge : 0.5C(1,700mA), 4.2V, 0.02C(68mA) cut-off @RT - Discharge : 0.2C(680mA), 2.65V cut-off @RT *1C=3,400mA
3.2 Charging Voltage	4.2V
3.3 Nominal Voltage	3.60V
3.4 Charging Method	CC-CV (constant voltage with limited current)
3.5 Charging Current	Standard charge: 1,700mA For cycle life : 1,020mA
3.6 Charging Time	Standard charge: 4hours
3.7 Max. Charge Current	2,000mA (not for cycle life)
3.8 Max. Discharge Current	8,000mA (for continuous discharge) 13,000mA (not for continuous discharge)
3.9 Discharge Cut-off Voltage	2.65V
3.10 Cell Weight	50 g max
3.11 Cell Dimension	Height : Max. 65.25 mm Diameter: Max. Φ 18.55 mm
3.12 Operating Temperature (Cell Surface Temperature)	Charge : 0 to 45°C Discharge : -10 to 60°C
3.13 Storage Temperature	1 year : -20~25°C (1*) 3 months : -20~45°C (1*) 1 month : -20~60°C (1*)

Note (1): If the cell is kept as ex-factory status (30% of charge),
The capacity recovery rate is more than 80%.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

4. Outline Dimensions

See the Fig. 1

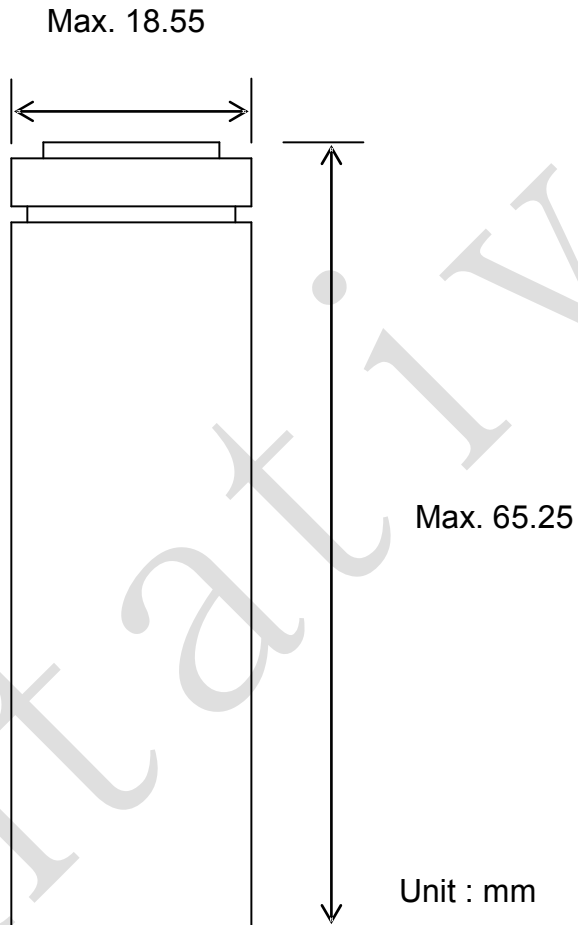


Fig. 1 Outline Dimensions of INR18650-35E

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

5. Appearance

There shall be no such defects as scratch, rust, discoloration, leakage which may adversely affect commercial value of the cell.

6. Standard Test Conditions

6.1 Environmental Conditions

Unless otherwise specified, all tests stated in this specification are conducted at temperature $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ and humidity 65%.

6.2 Measuring Equipment

(1) Amp-meter and Volt-meter

The amp-meter and volt-meter should have an accuracy of the grade 0.5mA and mV or higher.

(2) Slide caliper

The slide caliper should have 0.01 mm scale.

(3) Impedance meter

The impedance meter with AC 1kHz should be used.

7. Characteristics

7.1 Standard Charge

This "Standard Charge" means charging the cell with charge current of 1,700mA and constant voltage 4.2V at 23°C , 0.02C(68mA) cut-off.

7.2 Standard Discharge Capacity

The standard discharge capacity is the initial discharge capacity of the cell, which is measured with discharge current of 0.2C(680mA) with 2.65V cut-off at 23°C within 1 hour after the Standard charge.

$$\text{Standard Discharge Capacity} \geq 3,350\text{mAh}$$

7.3 Rated Discharge Capacity

The rated discharge capacity is the initial discharge capacity of the cell, which is measured with discharge current of 1C(3,400mA) with 2.65V cut-off at 23°C within 1 hour after the Standard charge.

$$\text{Rated Discharge Capacity} \geq 3,250\text{mAh (97\% of 3,350mAh)}$$

7.4 Initial internal impedance

Initial internal impedance measured at AC 1kHz after Standard charge.

$$\text{Initial internal impedance} \leq 35\text{m}\Omega$$

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

7.5 Temperature Dependence of Discharge Capacity

Discharge capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 3,400mA and 2.65V cut-off with follow temperature after the Standard charging at 23°C.

Charge Temperature	Discharge temperature		
	-10°C	23°C	40°C
23°C			
Relative Capacity	40%	97%	97%

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.

Percentage as an index of the Standard discharge capacity (=3,350mAh) is 100%.

7.6 Temperature Dependence of Charge Capacity

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 680mA and 2.65V cut-off at 23°C after the Standard charge is as follow temperature.

	Charge temperature			Discharge temperature
	0°C	23°C	45°C	
				23°C
Relative Capacity	60%	100%	100%	

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.

Percentage as an index of the Standard discharge capacity (=3,350mAh) is 100%.

7.7 Charge Rate Capabilities

Discharge capacity is measured with constant current 680mA and 2.65V cut-off after the cell is charged with 4.2V at 23°C as follows.

	Charge Condition	
	0.5C (1,700mA)	1.0C (3,400mA)
Current		
Cut-off	3h or 0.02C	2.5h or 0.02C
Relative Capacity	100%	97%

Note: Percentage as an index of the Standard discharge capacity (=3,350mAh) is 100%.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

7.8 Discharge Rate Capabilities

Discharge capacity is measured with the various currents in under table and 2.65V cut-off after the Standard charge at 23°C.

Current	Discharge Condition			
	0.2C (680mA)	1C (3,400mA)	2C (6,800mA)	8000mA
Relative Capacity	100%	97%	95%	92%

Note: Percentage as an index of the Standard discharge capacity (=3,350mAh) is 100%.

7.9 Cycle Life

Each cycle is an interval between the charge (charge current **1,020mA**) with 100mA cut-off and the discharge (discharge current **3,400mA**) with 2.65V cut-off. Capacity after 500cycles.

Capacity \geq 2,010mAh (60% of Standard Capacity)

7.10 Storage Characteristics

Capacity after storage for 20days at 60°C after the Standard charged at 23°C, measured with discharge current 680mA with 2.65V cut-off at 23°C.

Capacity recovery(after the storage) \geq 3,183mAh (95% of Standard Discharge Capacity)

7.11 Status of the cell as of ex-factory

The cell should be shipped in 3.49V ~ 3.69V Charging voltage range.

8. Mechanical Characteristics

8.1 Drop Test

Test method: Each fully charged cell or battery is dropped three times from a height of 1.0 m onto a concrete floor. The cells or batteries are dropped so as to obtain impacts in random orientations. After the test, the sample shall be put on rest for a minimum of one hour and then a visual inspection shall be performed.

Criteria: No fire, no explosion

(Test shall be performed with the following criteria IEC 62133)

8.2 Vibration Test

Test method: As to the UN transportation regulation(UN38.3), for each axis (X and Y axis with cylindrical cells) 7Hz→200Hz→7Hz for 15min, repetition 12 times totally 3hours, the acceleration 1g during 7 to 18Hz and 8g (amplitude 1.6mm) up to 200Hz.

Criteria: No leakage, with less than 10mV of OCV drop

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

9. Safety

9.1 Overcharge Test

Test method: To charge the standard charged cell with 12V and 3C(10.2A) at 23°C for 7 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

Overcharge test shall be performed with the UL1642 standard

9.2 External Short-circuit Test

Test method: To short-circuit the standard charged cell by connecting positive and negative terminal by less than 8020mΩ wire for 3 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

9.3 Reverse Charge Test

Test method: To charge reversely the standard discharged cell with charge current 3,400mA for 1.5 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

9.4 Heating Test

Test method: To heat the standard charged cell at heating rate of 5°C per minute up to 130°C and keep the cell in oven for 10 minutes.

Criteria: No fire, and no explosion.

10. Warranty

Samsung SDI will be responsible for replacing the cell against defects or poor workmanship for 15month from the date of shipping. Any other problems caused by malfunction of the equipment or unsuitable use of the cell are not under this warranty.

The warranty set forth in proper use, handling conditions described above, and excludes in the case of a defect which is not related to manufacturing of the cell.

11. Others

11.1 Storage for a long time

If the cell is kept for a long time (3months or more), It is strongly recommended that the cell is preserved at dry and low-temperature.

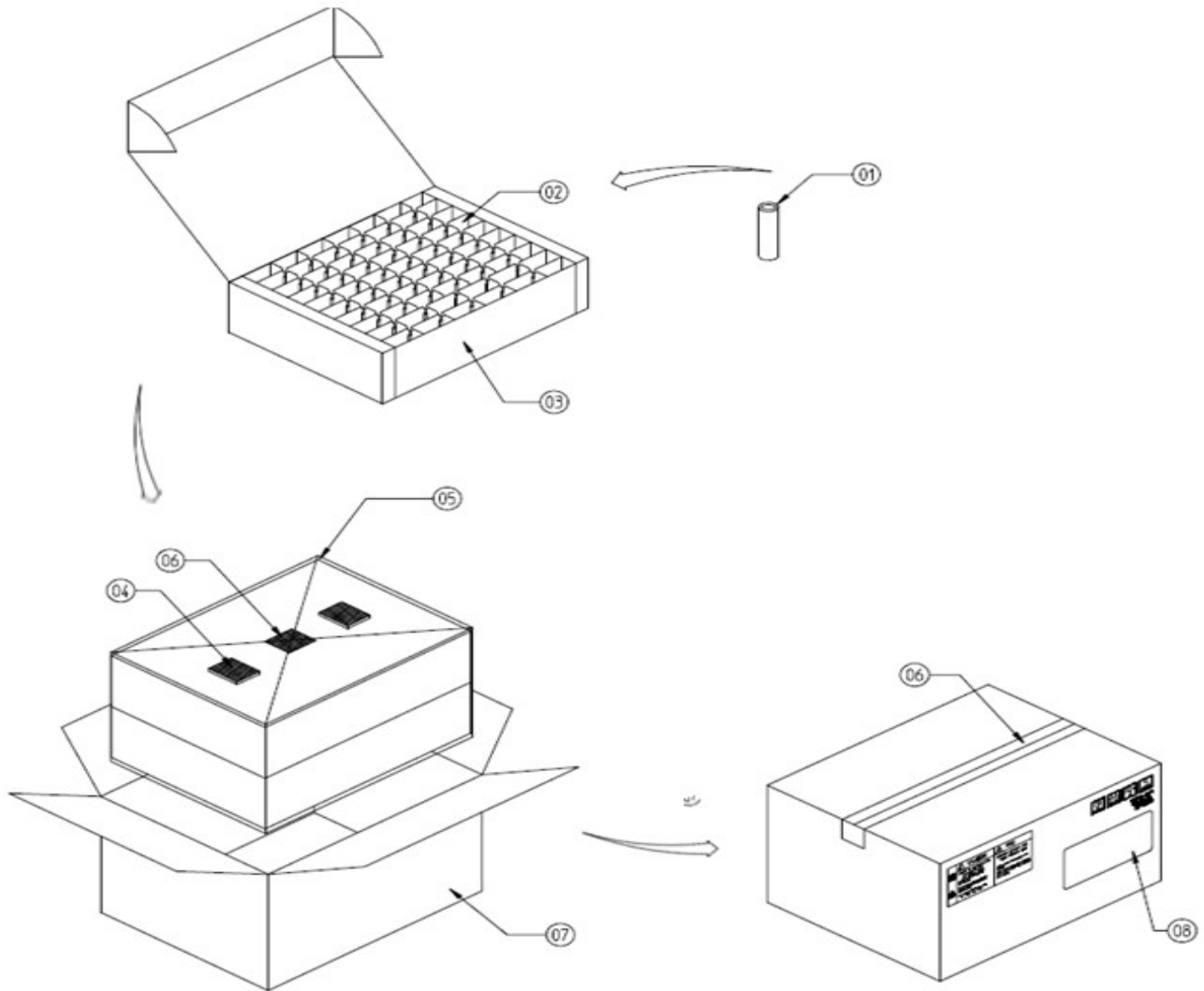
11.2 Other

Any matters that specifications does not have, should be conferred with between the both parties.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

12. Packaging

See Fig.2, Package Drawing



NO	PART NAME	MATERIAL	MATERIAL DIM	Q'TY	TREATMENT
01	INR18650(Ref. Model List)	BARE CELL	#18, H65	200	NONE
02	PACKING GUIDE	MANILA	L192×W191×H67	200	NONE
03	PACKING CASE IN	SW-1(B FLUTE)	L192×W192×H68	2	NONE
04	SILICAGEL	SI	L50×W50.3G	2	NONE
05	PE BAG(LARGE)	PE	L500×W450×T0.028	1	NONE
06	TAPE	PE(OPP)	W50×T0.05	1	NONE
07	PACKING CASE OUT	DW-1(BA FLUTE)	L225×W214×H164	1	NONE
08	LABEL	ART PAPER	L52×W100	1	NONE

Fig 2. Package Drawing

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

Proper Use and Handling of Lithium Ion Cells

See before using lithium-ion cell

Supplied by

Samsung SDI Co., Ltd.

1. General

This document has been prepared to describe the appropriate cautions and prohibitions, which the customer should take or employ when the customer uses and handles the lithium ion cell to be manufactured and supplied by Samsung SDI Co., Ltd., in order to obtain optimum performance and safety.

2. Charging

2.1. Charging current

Charging current should be less than maximum charge current specified in the product specification.

2.2. Charging voltage

Charging should be done by voltage less than that specified in the product specification.

2.3. Charging time

Continuous charging under appropriate voltage does not cause any loss of characteristics. However, the charge timer is recommended to be installed from a safety consideration, which shuts off further charging at time specified in the product specification.

2.4. Charging temperature

The cell should be charged within a range of specified temperatures in the product specification.

2.5. Reverse charging

The cell should be connected, confirming that its poles are correctly aligned. Inverse charging should be strictly prohibited. If the cell is connected improperly, it may be damaged.

3. Discharging

3.1. Discharging

3.1.1. The cell should be discharged at less than maximum discharge current specified in the product specification.

3.2. Discharging temperature

3.2.1. The cell should be discharged within a range of temperatures specified in the product specification.

3.2.2. Otherwise, it may cause loss of characteristics.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

3.3. Over-discharging

- 3.3.1. The system should be equipped with a device to prevent further discharging exceeding discharging cut-off voltage specified in the product specification.(over-discharging)
- 3.3.2. Over-discharging may cause loss of performance, characteristics, of battery function.
- 3.3.3. Over-discharging may occur by self-discharge if the battery is left for a very long time without any use.
- 3.3.4. The charger should be equipped with a device to detect cell voltage and to determine recharging procedures.

4. Storage

4.1. Storage conditions

- 4.1.1. The cell should be stored within a range of temperatures specified in the product specification.
- 4.1.2. Otherwise, it may cause loss of characteristics, leakage and/or rust.

4.2. Long-term storage

- 4.2.1. The cell should be used within a short period after charging because long-term storage may cause loss of capacity by self-discharging.
- 4.2.2. If long-term storage is necessary, the cell should be stored at lower voltage within a range specified in the product specification, because storage at higher voltage may cause loss of characteristics.

5. Cycle life

5.1. Cycle life performance

- 5.1.1. The cell can be charged/discharged repeatedly up to times specified in the produce specification with a certain level of capacity also specified in the product specification.
- 5.1.2. Cycle life may be determined by conditions of charging, discharging, operating temperature and/or storage.

6. Design of System

6.1. Connection between the cell and the battery

- 6.1.1. The cell should not be soldered directly with leads. Namely, the cell should be welded with leads on its terminal and then be soldered with wire or leads to soldered lead.
- 6.1.2. Otherwise, it may cause damage of component, such as separator and insulator, by heat generation.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

6.2 Positioning the battery in the System

6.2.1. The battery should be positioned as possible as far from heat sources and high temperature components.

6.2.2. Otherwise, it may cause loss of characteristics.

6.3. Mechanical shock protection of the battery

6.3.1. The battery should be equipped with appropriate shock absorbers in order to minimize shock.

6.3.2. Otherwise, it may cause shape distortion, leakage, heat generation and/or rupture.

6.4. Short-circuit protection of the cell

6.4.1. The cell is equipped with an insulating sleeve to protect short-circuit which may occur during transportation, battery assembly and /or system operation.

6.4.2. If the cell sleeve is damaged by some causes such as outside impact, it may cause short-circuit with some wiring inside the battery.

6.5. Connection between the battery and charger/system

6.5.1. The battery should be designed to be connected only to the specified charger and system.

6.5.2. A reverse connection of the battery, even in the specified system, should be avoided by employing special battery design such as a special terminals.

7. Battery Pack Assembly

7.1. Prohibition of usage of damaged cell

7.1.1. The cell should be inspected visually before battery assembly.

7.1.2. The cell should not be used if sleeve-damage, can-distortion and/or electrolyte-smell is detected.

7.2. Transportation

7.2.1. If the cell is necessary to transport to order place, such as the battery manufacturer, careful precautions should be taken to avoid damage of cell.

8. Others

8.1. Disassembly

8.1.1. The cell should not be dismantled from the battery pack.

8.1.2. Internal short-circuit caused by disassembly may lead to heat generation and/or venting.

8.1.3. When the electrolyte is coming in contact with the skin or eyes, wash immediately with fresh water and seek medical advice.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

8.2. Short-circuiting

8.2.1. Short-circuit results in very high current which leads to heat generation.

8.2.2. An appropriate circuitry should be employed to protect accidental short-circuiting.

8.3. Incineration

8.3.1 Incinerating and disposing of the cell in fire are strictly prohibited, because it may cause rupture.

8.4. Immersion

8.4.1 Soaking the cell in water is strictly prohibited, because it may cause melt of components to damaged to functions.

8.5. Mixing use

8.5.1. Different types of cell, or same types but different manufacturer's cell may lead to cell rupture or damage to system due to the different characteristics of cell.

8.6. Battery disposal

8.6.1. Although the cell contains no environmentally hazardous component, such as lead or cadmium. the battery should be disposed according to the local regulations when it is disposed.

8.6.2. The cell should be disposed with a discharged state to avoid heat generation by an inadvertent short-circuit.

8.7. Caution - The Battery used in this device may present a risk of fire or chemical burn if mistreated. Do not disassemble, heat above 100°C or incinerate. Replace battery with Samsung SDI battery only. Use of another battery may present a risk of fire or explosion. Dispose of used battery promptly. Keep away from children. Do not disassemble and do not dispose of in fire.

8.8. Warning – Attached

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

▣ Pack Design Guideline (For electrical design)

Item		Portable IT	Power-Tool	Medical	E-Bike	E-Scooter	EV/LEV	ESS/UPS
<input type="checkbox"/>	Standard charging voltage (4.20V cell)	4.20V	4.20V	4.10V	4.10V	4.10V	4.10V	4.00V (4.05V)
<input type="checkbox"/>	Standard charging voltage (4.35V cell)	4.35V	4.35V	4.20V	4.20V	4.20V	4.20V	4.00V (4.05V)
<input type="checkbox"/>	Charging method	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV
<input type="checkbox"/>	Full-charging cut-off current*	0.05C	0.05C	0.025C	0.025C	0.025C	0.025C	0.025C (Continuous)
<input type="checkbox"/>	Voltage of Re-charging (4.20V cell)	4.10V	4.10V	4.05V	4.05V	4.05V	4.05V	4.00V (4.05V)
<input type="checkbox"/>	Voltage of Re-charging (4.35V cell)	4.25V	4.25V	4.10V	4.10V	4.10V	4.10V	4.00V (4.05V)
LCO	<input type="checkbox"/> Min. voltage of terminate discharging	3.00V	2.50V	3.00V	3.00V	3.00V	3.00V	3.00V
LMO	<input type="checkbox"/> Min. voltage of over-discharging protection	2.50V	2.00V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V
NCA	<input type="checkbox"/> Min. voltage of terminate discharging	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V
NCM	<input type="checkbox"/> Min. voltage of over-discharging protection	2.30V	2.00V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V
<input type="checkbox"/>	BMS Shut Down Voltage**	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V
<input type="checkbox"/>	Max. consumption current of BMS after shut down	10 [□] /Cell	10 [□] /Cell	10 [□] /Cell	10 [□] /Cell	10 [□] /Cell	10 [□] /Cell	10 [□] /Cell
<input type="checkbox"/>	Do not charge***	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V
<input type="checkbox"/>	Pre-charging voltage range****	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V
<input type="checkbox"/>	Current range of Pre-charging	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C

Remark:

* Current of cell which full-charging shall be terminated.

** Voltage condition of BMS which shall be shut down.

*** Under 1.0V voltage, do not charge the cell.

**** Voltage range of cell which shall be charged by Pre-charging.

If a customer's battery pack cannot meet the requirements above, SDI cannot take responsibility for a quality issue about a battery cell.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

☐ Pack Design Guideline (For mechanical design)

Item	Portable IT	Power-Tool	Medical	E-Bike	E-Scooter	EV/LEV	ESS/UPS
<input type="checkbox"/> Need partitions(separator) between BMS and a Cell	○	○	○	○	○	□	□
<input type="checkbox"/> Need to check if the pack is designed to be able to avoid thermal runaway (1KWh†)					○	□	□
<input type="checkbox"/> Need to analyze the battery pack's thermal distribution and its effect on the pack's life cycle					○	□	□
<input type="checkbox"/> Need to use a non-flammable (VO level) case	○	○	○	○	○	○	○
<input type="checkbox"/> Need to apply improved material (Steel) to the case						□	□
<input type="checkbox"/> Need to analyze the battery pack's structure, system, installation status and use environment						□	□

If a customer's battery pack cannot meet the requirements above, SDI cannot take responsibility for a quality issue about a battery cell.

Tentative

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

Handling precaution and prohibitions of lithium ion rechargeable cells and batteries

Inaccurate handling of lithium ion and lithium ion polymer rechargeable battery may cause leakage, heat, smoke, an explosion, or fire.

This could cause deterioration of performance or failure. Please be sure to follow instructions carefully.

1.1. Storage

Store the battery at low temperature (below 20°C is recommended), low humidity, no dust and no corrosive gas atmosphere.

1.2. Safety precaution and prohibitions

To assure product safety, describe the following precautions in the instruction manual of the application.

[Danger!]

■ Electrical misuse

Use dedicated charger.

Use or charge the battery only in the dedicated application.

Don't charge the battery by an electric outlet directly or a cigarette lighter charger.

Don't charge the battery reversely.

■ Environmental misuse

Don't leave the battery near the fire or a heated source.

Don't throw the battery into the fire.

Don't leave, charge or use the battery in a car or similar place where inside of temperature may be over 60°C.

Don't immerse, throw, wet the battery in water / seawater.

■ others

Don't fold the battery cased with laminated film such as pouch and Polymer.

Don't store the battery in a pocket or a bag together with metallic objects such as keys, necklaces, hairpins, coins, or screws.

Don't short circuit (+) and (-) terminals with metallic object intentionally.

Don't pierce the battery with a sharp object such as a needle, screw drivers.

Don't heat partial area of the battery with heated objects such as soldering iron.

Don't hit with heavy objects such as a hammer, weight.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

Don't step on the battery and throw or drop the battery on the hard floor to avoid mechanical shock.

Don't disassemble the battery or modify the battery design including electric circuit.

Don't solder on the battery directly.

Don't use seriously scared or deformed battery.

Don't put the battery into a microwave oven, dryer ,or high-pressure container.

Don't use or assemble the battery with other makers' batteries, different types and/or models of batteries such as dry batteries, nickel-metal hydride batteries, or nickel-cadmium batteries.

Don't use or assemble old and new batteries together.

[Warning!]

Stop charging the battery if charging isn't completed within the specified time.

Stop using the battery if the battery becomes abnormally hot, order, discoloration, deformation, or abnormal conditions is detected during use, charge, or storage.

Keep away from fire immediately when leakage or foul odors are detected. If liquid leaks onto your skin or cloths, wash well with fresh water immediately.

If liquid leaking from the battery gets into your eyes, don't rub your eyes and wash them with clean water and go to see a doctor immediately.

If the terminals of the battery become dirty, wipe with a dry cloth before using the battery.

The battery can be used within the following temperature ranges. Don't exceed these ranges.

Charge temperature ranges : 0°C ~ 45°C

Discharge Temperature ranges : -10°C ~ 60°C

Store the battery at temperature below 60°C

Cover terminals with proper insulating tape before disposal.

[Caution!]

■ Electrical misusage

Battery must be charge with constant current-constant voltage (CC/CV).

Charge current must be controlled by specified value in Cell specification.

Cut-off Voltage of charging must be 4.20V

Charger must stop charging battery by detecting either charging time or current specified in Cell's specification.

Discharge current must be controlled by specified value in Cell's specification.

Cut-off Voltage of discharging must be over **2.65V**.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

■ others

Keep the battery away from babies and children to avoid any accidents such as swallow.

If younger children use the battery, their guardians should explain the proper handling method and precaution before using.

Before using the battery, be sure to read the user's manual and precaution of it's handling.

Before using charger, be sure to read the user's manual of the charger.

Before installing and removing the battery from application, be sure to read user's manual of the application.

Replace the battery when using time of battery becomes much shorter than usual.

Cover terminals with insulating tape before proper disposal.

If the battery is needed to be stored for an long period, battery should be removed from the application and stored in a place where humidity and temperature are low.

While the battery is charged, used and stored, keep it away from object materials with static electric chargers.

Safety handling procedure for the transporter

■ Quarantine

Packages that are crushed, punctured or torn open to reveal contents should not be transported.

Such packages should be isolated until the shipper has been consulted, provided instructions and, if appropriate, arranged to have the product inspected and repacked.

■ Spilled Product

In the event that damage to packaging results in the release of cells or batteries, the spilled products should be promptly collected and segregated and the shipper should be contacted for instructions.

Design of positioning the battery pack in application and charger

To prevent the deterioration of the battery performance caused by heat, battery shall be positioned away from the area where heat is generated in the application and the charger.

Spec. No.	INR18650-35E	Version No.	Ver. 1.1
-----------	--------------	-------------	----------

Design of the battery pack

Be sure adopting proper safe device such as PTC specified type or model in Cell Specification. If you intend to adopt different safety device which is not specified in Cell Specification, please contact Samsung SDI to investigate any potential safety problem.

Be sure designing 2nd protective devices such as PTC & PCM at the same time to protect Cell just in case one protective device is fault.

Please contact following offices when you need any help including safety concerns.

Samsung SDI emergency contact information

- **Samsung SDI Headquarter.**
428-5, Gongsae-dong, Kiheung-gu, Yongin, Kyunggi-do, Korea
Tel: +82-31-8006-3100, Fax : +82-31-210-7887
- **Samsung SDI Cheonan Factory.**
508, Sungsung-Dong, Cheonan, Chungchongnam-Do, Korea
Tel: +82-41-560-3114, Fax : +82-41-550-3399
- **Samsung SDI America Subsidiary**
3655 North First St. San Jose CA 95134
Tel: +1-408-544-4541, Fax : +1-949-260-2221
- **Samsung SDI Taiwan Office.**
9F-1,399 Ruey Kuang Road, Neihu, Taipei Taiwan
Tel: +886-2-2656-8300, Fax : +886-2-2656-8329
- **Samsung SDI Malaysia factory.**
Lot 635 & 660, Kawasan Perindustrian, Tuanku Jaafar, 71450
Sungai Gadut, Negeri Sembilan Darul Khusus, Malaysia
Tel: (+60)6-677-6160, 6153

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

SPECIFICATION OF PRODUCT

Lithium-ion rechargeable cell for power tools

Model name : INR18650-30Q

Feb, 2015

Samsung SDI Co., Ltd.

Energy Business Division

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Revision history

Revision No.	Date('yr-m-d)	Page	Item	Description	Changes / Author
v1.0	'15-02-02			First Edition	Wan-Mook Lim

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

1.0. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell ('cell') to be supplied to the customer by Samsung SDI Co., Ltd.

2.0. Description and model

- 2.1 Description lithium-ion rechargeable cell
- 2.2 Model name INR18650-30Q

3.0. Nominal specifications

Item	Specification
3.1 Minimum discharge capacity	2,950mAh Charge: 1.50A, 4.20V, CCCV 150mA cut-off, Discharge: 0.2C, 2.5V discharge cut-off
3.2 Nominal voltage	3.6V
3.3 Standard charge	CCCV, 1.50A, 4.20 ± 0.05 V, 150mA cut-off
3.4 Rated charge	CCCV, 4A, 4.20 ± 0.05 V, 100mA cut-off
3.6 Charging time	Standard charge : 180min / 150mA cut-off Rated charge: 70min (at 25°C) / 100mA cut-off
3.7 Max. continuous discharge (Continuous)	15A(at 25°C), 60% at 250 cycle
3.8 Discharge cut-off voltage End of discharge	2.5V
3.9 Cell weight	48.0g max
3.10 Cell dimension	Height : Max 65.0mm Diameter : Max 18.4mm
3.11 Operating temperature (surface temperature)	Charge : 0 to 50°C (recommended recharge release < 45°C) Discharge: -20 to 75°C (recommended re-discharge release < 60°C)
3.12 Storage temperature (Recovery 90% after storage)	1.5 year -30~25°C (1*) 3 months -30~45°C (1*) 1 month -30~60°C (1*)

Note (1): If the cell is kept as ex-factory status (40±5% SOC, 25°C),
the capacity recovery rate is more than 90% of 10A discharge capacity
100% is 2,900mAh at 23°C with SOC 100% after formation.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

4.0 Outline dimensions

See the attachment (Fig. 1)

5.0. Appearance

There shall be no such defects as scratch, rust, discoloration, leakage which may adversely affect commercial value of the cell.

6.0. Standard test conditions

6.1 Environmental conditions

Unless otherwise specified, all tests stated in this specification are conducted at temperature $23\pm 3^{\circ}$ and humidity under 65%.

6.2 Measuring equipment

(1) Amp-meter and volt-meter

The amp-meter and volt-meter should have an accuracy of the grade 0.5mA and mV or higher.

(2) Slide caliper

The slide caliper should have 0.01 mm scale.

(3) Impedance meter

The impedance meter with AC 1kHz should be used.

7.0. Characteristics

7.1 Standard charge

This "Standard charge" means charging the cell CCCV with charge current 0.5CmA (1,500mA), constant voltage 4.2V and 150mA cut-off in CV mode at 23°C for capacity.

7.2 Rated charge

Rated charge means charging the cell CCCV with charge current 4A and 100mA cut-off at 23°C

7.3 Standard discharge capacity

The standard discharge capacity is the initial discharge capacity of the cell, which is measured with discharge current of 600mA(0.2C) with 2.5V cut-off at 23°C within 1hour after the standard charge.

Nominal discharge capacity $\geq 2,950\text{mAh}$

Which complying to the minimum capacity of IEC61960 standard.

7.4 Rated discharge capacity

The rated discharge is the discharge capacity of the cell, which is measured with discharge current of 10A with 2.5V cut-off at 23°C within 1hour after the rated charge.

Standard rated discharge capacity $\geq 2,900\text{mAh}$

7.5 Initial internal impedance

Initial internal impedance measured at AC 1kHz after standard charge

Initial internal impedance $\leq 26\text{m}\Omega$

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

7.6 Temperature dependence of discharge capacity

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 10A and 2.5V cut-off after the rated charge is as follows.

Discharge temperature				
-20℃	-10℃	0℃	23℃	60℃
60%	75%	80%	100%	95%

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.
 Percentage index of the discharge at 23℃ at 10A (=2,900mAh) is 100%.

7.7 Temperature dependence of charge capacity

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 10A and 2.5V cut-off after the rated charge is as follows.

	Charge temperature					Discharge temperature
	0℃	5℃	23℃	45℃	50℃	
Relative capacity	80%	90%	100%	95%	95%	23℃

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.
 Percentage index of the discharge at 23℃ at 10A (=2,900mAh) is 100%.

7.8 Charge rate capabilities

Discharge capacity is measured with constant current 10A and 2.5V cut-off after the cell is charged with 4.2V as follows.

	Charge condition	
Current	Standard 1.5A	Maximum rapid charge 4A
Cut-off	150mA	100mA
Relative Capacity	100%	100%

Note: Percentage index of the discharge at 23℃ at 10A (=2,900mAh) is 100%.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

7.9 Discharge rate capabilities

Discharge capacity is measured with the various currents in under table and 2.5V cut-off after the rated charge.

	Discharge condition				
Current	0.6A	5A	10A	15A	20A
Relative Capacity	100%	97%	100%	97%	95%

Percentage index of the discharge at 25 °C at 10A (=2,900mAh) is 100%.

7.10 Cycle life

With standard charge and maximum continuous discharge.

Capacity after 250cycles,

Capacity ≥ 1,800mAh (60% of the nominal capacity at 23 °C)

7.11 Storage characteristics

Standard rated discharge capacity after storage for 1 month at 60 °C from the standard charged state is ≥ 90% of the initial 10A discharge capacity at 23 °C

7.12 Status of the cell as of ex-factory

The cell should be shipped in 3.620V to 3.690V charging voltage range.

8.0. Mechanical Characteristics

8.1 Drop test

Test method: Each fully charged cell or battery is dropped three times from a height of 1.0 m onto a concrete floor. The cells or batteries are dropped so as to obtain impacts in random orientations. After the test, the sample shall be put on rest for a minimum of one hour and then a visual inspection shall be performed.

Criteria: No fire, no explosion.

Drop test shall be performed with the IEC62133 standard

8.2 Vibration test

Test method: As to the UN transportation regulation(UN38.3), for each axis (X and Y axis with cylindrical cells) 7Hz→200Hz→7Hz for 15min, repetition 12 times totally 3hours, the acceleration 1g during 7 to 18Hz and 8g (amplitude 1.6mm) up to 200Hz.

Criteria: No leakage, with less than 10% of OCV drop

Vibration test shall be performed with the UN38.3 standard

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

9.0. Safety

9.1 Overcharge test

Test method: Cell is to be discharged at a constant current of 0.6A to 2.5V. The cell is then to be charged with a 20V and 20A. Charging duration is to be 7 h.

Criteria: No fire, and no explosion.

Overcharge test shall be performed with the UL1642 standard

9.2 External short-circuit test

Test method: Fully rated charged cell is to be short-circuited by connecting the positive and negative terminals of the battery with a circuit load having a resistance load of $80 \pm 20 \text{ m}\Omega$. The battery is to discharge until a fire or explosion is obtained, or until it has reached a completely discharged state of less than 0.2 V and the battery case temperature has returned to $\pm 10^\circ\text{C}$ of ambient temperature. The return to near ambient of the battery (cell) casing in an indication of ultimate results.

Tests are to be conducted at $20 \pm 5^\circ\text{C}$ and at $55 \pm 5^\circ\text{C}$.

Criteria: No fire, and no explosion

External short-circuit test shall be performed with the UL1642 standard

9.3 Forced discharge test

Test method: A discharged cell is subjected to a reverse charge at 1.0C (3.0A) for 90 min.

Criteria: No fire, and no explosion.

Forced discharge test shall be performed with the IEC62133 standard

9.4 Heating test

Test method: To heat up the standard charged cell at heating rate 5°C per minute up to 130°C and keep the cell in oven for 1hr.

Criteria: No fire, and no explosion.

10.0. Warranty

Samsung SDI will be responsible for replacing the cell against defects or poor workmanship for 15months from the date of shipping. Any other problem caused by malfunction of the equipment or mix-use of the cell is not under this warranty.

The warranty set forth in proper using and handling conditions described above and excludes in the case of a defect which is not related to manufacturing of the cell.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

11.0. Others

11.1 Storage for a long time

If the cell is kept for a long time (3 months or more), It is strongly recommended that the cell is preserved at dry and low-temperature.

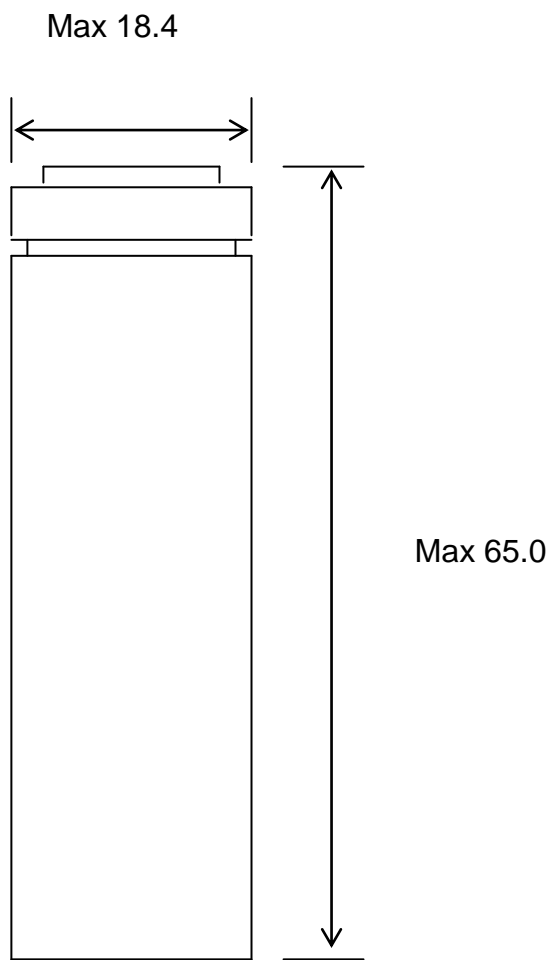
11.2 Others

Any matters that specifications do not have, should be conferred with between the both parties.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

12.0. Packing

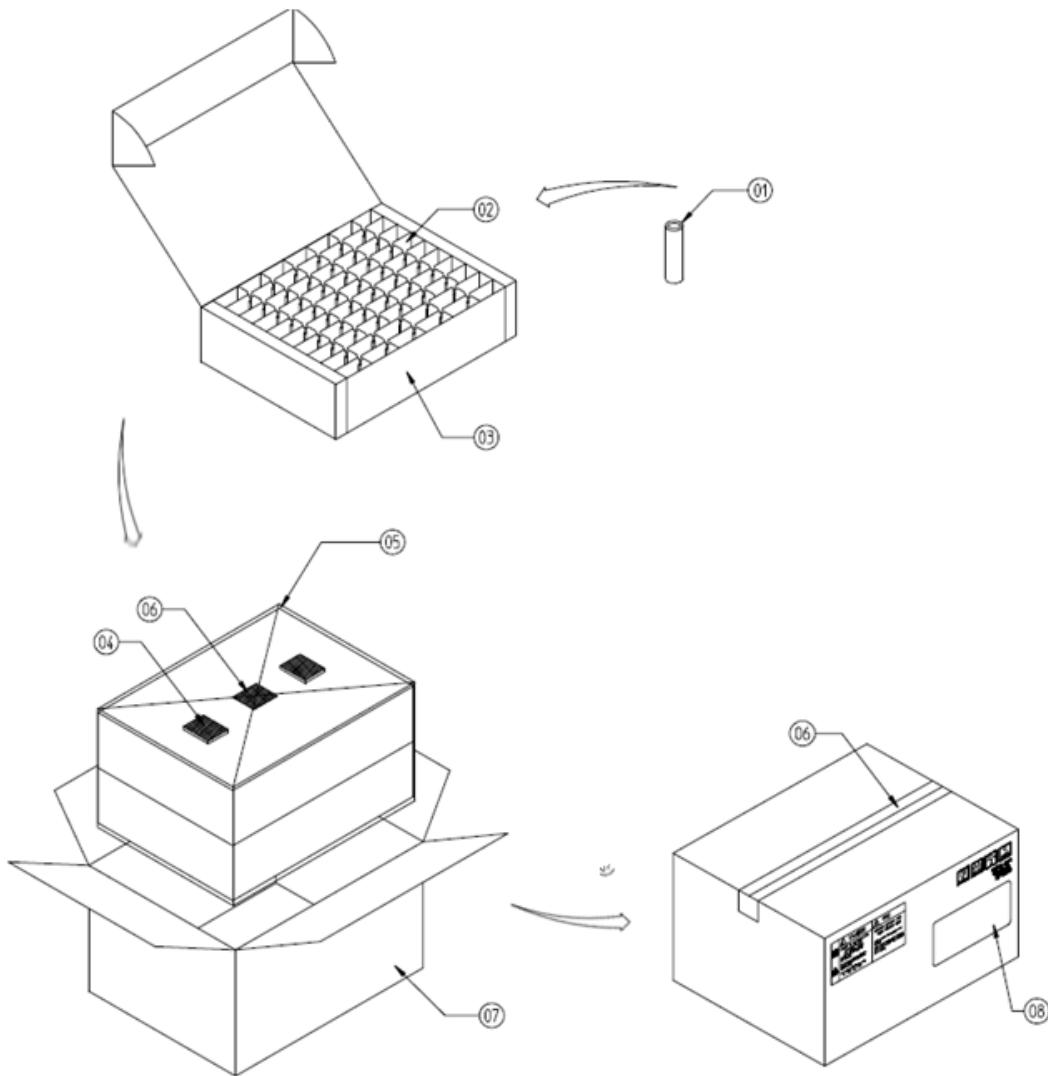
See Fig.2,
Package Drawing



Unit : mm
With tube

Fig.1. Outline dimensions of INR18650-30Q

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------



NO	PART NAME	MATERIAL	MATERIAL DIM	Q'TY	TREATMENT
01	INR18650(Ref. Model List)	BARE CELL	#18, H65	200	NONE
02	PACKING GUIDE	MANILA	L192×W191×H67	200	NONE
03	PACKING CASE IN	SW-1(B FLUTE)	L192×W192×H68	2	NONE
04	SILICAGEL	SI	L50×W50,3G	2	NONE
05	PE BAG(LARGE)	PE	L500×W450×T0.028	1	NONE
06	TAPE	PE(OPP)	W50×T0.05	1	NONE
07	PACKING CASE OUT	DW-1(BA FLUTE)	L225×W214×H164	1	NONE
08	LABEL	ART PAPER	L52×W100	1	NONE

Fig.2. Package drawing

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Proper use and handling of lithium ion cells

See before using lithium-ion cell

Supplied by

Samsung SDI Co., Ltd.

1.0. General

This document has been prepared to describe the appropriate cautions and prohibitions, which the customer should take or employ when the customer uses and handles the lithium ion cell to be manufactured and supplied by Samsung SDI Co., Ltd., in order to obtain optimal performance and safety.

2.0. Charging

2.1 Charging current

Charging current shall be less than maximum charge current specified in the product specification.

2.2 Charging voltage

Charging shall be done by voltage less than that specified in the product specification.

2.3 Charging time

Continuous charging under specified voltage does not cause any loss of performance characteristics. However, the charge timer is recommended to be installed from a safety consideration, which shuts off further charging at time specified in the product specification.

2.4 Charging temperature

The cell shall be charged within a range of specified temperatures in the specification.

2.5 Reverse charging

The cell shall be connected, confirming that its poles are correctly aligned.

Inverse charging shall be strictly prohibited. If the cell is connected improperly, it may be damaged.

3.0. Discharging

3.1 Discharging

3.1.1 The cell shall be discharged continuously at less than maximum discharge current specified in the product specification. In case of the higher discharge current should be set, it shall be discussed together with SDI.

3.2 Discharging temperature

3.2.1 The cell shall be discharged within a range of temperatures specified in the product specification.

3.2.2 Otherwise, it may cause loss of performance characteristics.

3.3 Over-discharging

3.3.1 The system should equip with a device to prevent further discharging exceeding discharging cut-off voltage specified in the product specification.

3.3.2 Over-discharging may cause loss of performance characteristics of battery.

3.3.3 Over-discharging may occur by self-discharge if the battery is left for a very long time without any use.

3.3.4 The charger should equip with a device to detect voltage of cell block and to determine recharging procedures.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

4.0. Storage

4.1 Storage conditions

4.1.1 The cell should be stored within a range of temperatures specified in the product specification.

4.1.2 Otherwise, it may cause loss of performance characteristics, leakage and/or rust.

4.2 Long-term storage

4.2.1 The cell should be used within a short period after charging because long-term storage may cause loss of capacity by self-discharging.

4.2.2. If long-term storage is necessary, the cell should be stored at lower voltage within a range specified in the product specification, because storage with higher voltage may cause more loss of performance characteristics.

5.0. Cycle life

5.1 Cycle life performance

5.1.1 The cell can be charged/discharged repeatedly up to times specified in the product specification with a certain level of capacity specified in the product specification.

5.1.2 Cycle life may be determined by conditions of charging, discharging, operating temperature and/or storage.

6.0. Design of system

6.1 Connection between the cell and the battery

6.1.1 The cell should not be soldered directly with other cells. Namely, the cell should be welded with leads on its terminal and then be soldered with wire or leads to solder.

6.1.2 Otherwise, it may cause damage of component, such as separator and insulator, by heat generation.

6.2 Positioning the battery in the system

6.2.1 The battery should be positioned as possible as far from heat sources and high temperature components.

6.2.2 Otherwise, it may cause loss of characteristics.

6.2.3 The recommended spacing between the cells is more than 1mm.

6.3 Mechanical shock protection of the battery

6.3.1 The battery should be equipped with appropriate shock absorbers in the pack in order to minimize shock, which can damage the cells.

6.3.2 Otherwise, it may cause shape distortion, leakage, heat generation and/or rupture and/or open circuit.

6.4 Short-circuit protection of the cell

6.4.1 The cell equips with an insulating sleeve to protect short-circuit which may occur during transportation, battery assembly and /or system operation.

6.4.2 If the cell sleeve is damaged by some cause such as outside impact, it may cause short-circuit with some wiring inside the battery.

6.5 Connection between the battery and charger/system

6.5.1 The battery should be designed to be connected only to the specified charger and system.

6.5.2 A reverse connection of the battery, even in the specified system, should be avoided by employing special battery design such as a special terminals.

6.6 Pack design

6.6.1 The current consumption of the battery pack should be under 10uA at sleep mode.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

6.6.2 Cell voltage monitoring system.

The system (charger or pack) should be equipped with a device to monitor each voltage of cell block to avoid cell imbalance which can cause damage to the cells.

6.6.4 The battery pack or system should have warning system such as over temperature, over voltage, over current, and so on.

7.0. Battery pack assembly

7.1 Prohibition of usage of damaged cell

7.1.1 The cell should be inspected visually before battery assembly.

7.1.2 The cell should not be used if sleeve-damage, can-distorsion and/or electrolyte-smell is detected.

7.2 Terminals handling

7.2.1 Excessive force on the negative terminal should be avoided when external strip terminal is welded.

7.3 Transportation

7.3.1 If the cell is necessary to be transported to such as the battery manufacturer, careful precautions should be taken to avoid damage of cell.

8.0. Others

8.1 Disassembly

8.1.1 The cell should not be dismantled from the battery pack.

8.1.2 Internal short-circuit caused by disassembly may lead to heat generation and/or venting.

8.1.3 When the electrolyte is coming in contact with the skin or eyes, flush immediately with fresh water and seek medical advice.

8.2 Short-circuiting

8.2.1 Short-circuit results in very high current which leads to heat generation.

8.2.3 An appropriate circuitry should be employed to protect accidental short-circuiting.

8.3 Incineration

8.3.1 Incinerating and disposing of the cell in fire are strictly prohibited, because it may cause rupture and explosion.

8.4 Immersion

8.4.1 Soaking the cell in water is strictly prohibited, because it may cause corrosion and leakage of components to be damaged to functions

8.5 Mixing use

8.5.1 Different types of cell, or same types but different cell manufacturer's shall not be used, which may lead to cell imbalance, cell rupture or damage to system due to the different characteristics of cell.

8.6 Battery exchange

8.6.1 Although the cell contains no environmentally hazardous component, such as lead or cadmium, the battery shall be disposed according to the local regulations when it is disposed.

8.6.2 The cell should be disposed with a discharged state to avoid heat generation by an inadvertent short-circuit.

8.7 Caution

The Battery used in this device may present a risk of fire or chemical burn if mistreated.

Do not disassemble, expose to heat above 100°C or incinerate it.

Replace battery with those of Samsung SDI only.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Use of another battery may cause a risk of fire or explosion.
Dispose of used battery promptly.
Keep battery away from children.
Do not disassemble and do not dispose of battery in fire.

8.8 Warning – Attached

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

▣ Pack Design Guideline (For electrical design)

Item		Portable IT	Power-Tool	Medical	E-Bike	E-Scooter	EV/LEV	ESS/UPS
<input type="checkbox"/>	Standard charging voltage (4.20V cell)	4.20V	4.20V	4.10V	4.10V	4.10V	4.10V	4.00V (4.05V)
<input type="checkbox"/>	Standard charging voltage (4.35V cell)	4.35V	4.35V	4.20V	4.20V	4.20V	4.20V	4.00V (4.05V)
<input type="checkbox"/>	Charging method	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV	CC-CV
<input type="checkbox"/>	Full-charging cut-off current*	0.05C	0.05C	0.025C	0.025C	0.025C	0.025C	0.025C (Continuous)
<input type="checkbox"/>	Voltage of Re-charging (4.20V cell)	4.10V	4.10V	4.05V	4.05V	4.05V	4.05V	4.00V (4.05V)
<input type="checkbox"/>	Voltage of Re-charging (4.35V cell)	4.25V	4.25V	4.10V	4.10V	4.10V	4.10V	4.00V (4.05V)
LCO LMO	<input type="checkbox"/> Min. voltage of terminate discharging	3.00V	2.50V	3.00V	3.00V	3.00V	3.00V	3.00V
	<input type="checkbox"/> Min. voltage of over-discharging protection	2.50V	2.00V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V
NCA NCM	<input type="checkbox"/> Min. voltage of terminate discharging	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V
	<input type="checkbox"/> Min. voltage of over-discharging protection	2.30V	2.00V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V	2.50V
<input type="checkbox"/>	BMS Shut Down Voltage**	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V	2.00V
<input type="checkbox"/>	Max. consumption current of BMS after shut down	10μA/Cell	10μA/Cell	10μA/Cell	10μA/Cell	10μA/Cell	10μA/Cell	10μA/Cell
<input type="checkbox"/>	Do not charge***	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V	↓ 1.00V
<input type="checkbox"/>	Pre-charging voltage range****	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V	1.0V ~ 3.0V
<input type="checkbox"/>	Current range of Pre-charging	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C	0.1C ~ 0.5C

Remark:

* Current of cell which full-charging shall be terminated.

** Voltage condition of BMS which shall be shut down.

*** Under 1.0V voltage, do not charge the cell.

**** Voltage range of cell which shall be charged by Pre-charging.

If a customer's battery pack cannot meet the requirements above, SDI cannot take responsibility for a quality issue about a battery cell.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

▣ Pack Design Guideline (For mechanical design)

Item	Portable IT	Power-Tool	Medical	E-Bike	E-Scooter	EV/LEV	ESS/UPS
<input type="checkbox"/> Need partitions(separator) between BMS and a Cell	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
<input type="checkbox"/> Need to check if the pack is designed to be able to avoid thermal runaway (1KWh ↑)					◎	◎	◎
<input type="checkbox"/> Need to analyze the battery pack's thermal distribution and its effect on the pack's life cycle					◎	◎	◎
<input type="checkbox"/> Need to use a non-flammable (VO level) case	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
<input type="checkbox"/> Need to apply improved material (Steel) to the case						◎	◎
<input type="checkbox"/> Need to analyze the battery pack's structure, system, installation status and use environment						◎	◎

If a customer's battery pack cannot meet the requirements above, SDI cannot take responsibility for a quality issue about a battery cell.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Handling precaution and prohibitions of lithium ion rechargeable cells and batteries

Inaccurate handling of lithium ion and lithium ion polymer rechargeable battery may cause leakage, heat, smoke, an explosion, or fire.

This could cause deterioration of performance or failure. Please be sure to follow instructions carefully.

1.1 Storage

Store the battery at low temperature (below 25 °C is recommended), low humidity, no dust and no corrosive gas atmosphere.

1.2 Safety precaution and prohibitions

To assure product safety, describe the following precautions in the instruction manual of the application.

[Danger!]

■ Electrical misusage

Use stipulated charger.

Use or charge the battery only in the stipulated application.

Don't charge the battery by an electric outlet directly or a cigarette lighter charger.

Don't charge the battery reversely.

■ Environmental misusage

Don't leave the battery near the fire or a heated source.

Don't throw the battery into the fire.

Don't leave, charge or use the battery in a car or similar place where inside of temperature may be over 60 °C.

Don't immerse, throw, wet the battery in water / sea water.

■ others

Don't fold the battery cased with laminated film such as pouch and polymer.

Don't store the battery in a pocket or a bag together with metallic objects such as keys, necklaces, hairpins, coins, or screws.

Don't short circuit (+) and (-) terminals with metallic object intentionally.

Don't pierce the battery with a sharp object such as a needle, screw drivers.

Don't heat partial area of the battery with heated objects such as soldering iron.

Don't hit with heavy objects such as a hammer, weight.

Don't step on the battery and throw or drop the battery on the hard floor to avoid mechanical shock.

Don't disassemble the battery or modify the battery design including electric circuit.

Don't solder on the battery directly.

Don't use seriously scared or deformed battery.

Don't put the battery into a microwave oven, dryer or high-pressure container.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Don't use or assemble the battery with other makers' batteries, different types and/or models of batteries such as dry batteries, nickel-metal hydride batteries, or nickel-cadmium batteries.

Don't use or assemble old and new batteries together.

[Warning!]

Stop charging the battery if charging isn't completed within the specified time.

Stop using the battery if the battery becomes abnormally hot, order, discoloration, deformation, or abnormal conditions is detected during use, charge, or storage.

Keep away from fire immediately when leakage or foul odors are detected. If liquid leaks onto your skin or cloths, wash well with fresh water immediately.

If liquid leaking from the battery gets into your eyes, don't rub your eyes and wash them with clean water and go to see a doctor immediately.

If the terminals of the battery become dirty, wipe with a dry cloth before using the battery.

The battery can be used within the following temperature ranges. Don't exceed these ranges.

The operating temperature is based on the cell surface temperature in hottest position in pack.

Charge temperature ranges : 0 °C ~ 50 °C

Discharge Temperature ranges : -20 °C ~ 75 °C

Store the battery at temperature below 60 °C

Cover terminals with proper insulating tape before disposal.

[Caution!]

■ Electrical misuseage

Battery must be charged with constant current-constant voltage (CC/CV).

Charge current must be controlled by specified value in cell specification.

Cut-off voltage of charging must be less than 4.2 + 0.05V

Charger must stop charging battery by detecting either charging time or current specified in cell's specification.

Discharge current must be controlled by specified value in cell's specification.

Cut-off voltage of full discharging and recharging must be over 2.5V.

■ others

Keep the battery away from babies and children to avoid any accidents such as swallow.

If younger children use the battery, their guardians should explain the proper handling method and precaution before using.

Before using the battery, be sure to read the user's manual and precaution of it's handling.

Before using charger, be sure to read the user's manual of the charger.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Before installing and removing the battery from application, be sure to read user's manual of the application.

Replace the battery when using time of battery becomes much shorter than usual.

Cover terminals with insulating tape before proper disposal.

If the battery is needed to be stored for an long period, battery should be removed from the application and stored in a place where humidity and temperature are low.

While the battery is charged, used and stored, keep it away from object materials with static electric chargers.

Safety handling procedure for the transporter

■ Quarantine

Packages that are crushed, punctured or torn open to reveal contents should not be transported. Such packages should be isolated until the shipper has been consulted, provided instructions and, if appropriate, arranged to have the product inspected and repacked.

■ Spilled product

In the event that damage to packaging results in the release of cells or batteries, the spilled products should be promptly collected and segregated and the shipper should contact for instructions.

Design of positioning the battery pack in application and charger

To prevent the deterioration of the battery performance caused by heat, battery shall be positioned away from the area where heat is generated in the application and the charger.

Design of the battery pack

Be sure adopting proper safe device such as PTC specified type or model in Cell Specification. If you intend to adopt different safety device which is not specified in Cell Specification, please contact Samsung SDI to investigate any potential safety problem.

Be sure designing 2nd protective devices such as PCM at the same time to protect cell just in case one protective device is fault.

Please contact following offices when you need any help including safety concerns.

Spec. No.	INR18650-30Q	Version No.	1.0	Wanmook, Lim
-----------	--------------	-------------	-----	--------------

Samsung SDI emergency contact information

■ **Samsung SDI Headquarters.**

150-20, Gongse-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do
Tel:(+82) 31-8006-3100 Fax:(+82) 31-210-7887

■ **Samsung SDI Cheonan factory CS group.**

508, Sungsung-dong, Cheonan-si, Chungnam, Korea
Tel:(+82)70-7125-1860 Fax:(+82)41-560-3695

■ **Samsung SDI Germany office.**

Oskar messter strasse 29 85737 Ismaning Germany
Tel:(+49) 8992-9277-9971 Fax: (+ 49)8992-9277-9999

■ **Samsung SDI America office.**

601 McCarthy Blvd Milpitas CA 95034
Tel:(+1) 408-544-4528 Fax:(+1) 408-544-4961

Spec. No.	ICR18650-26H	Version No.	1.0
-----------	--------------	-------------	-----

1. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell ('cell') to be supplied to the customer by Samsung SDI Co., Ltd.

2. Description and Model

2.1 Description Cell (lithium-ion rechargeable cell)

2.2 Model ICR18650-26H

3. Nominal Specifications

Item	Specification
3.1 Nominal Capacity	2600mAh (0.2C, 2.75V discharge)
3.2 Minimum Capacity	2550mAh(0.2C, 2.75V discharge)
3.3 Charging Voltage	4.2 ± 0.05 V
3.4 Nominal Voltage	3.63V
3.5 Charging Method	CC-CV (constant voltage with limited current)
3.6 Charging Current	Standard charge: 1300mA Rapid charge : 2600mA
3.7 Charging Time	Standard charge : 3hours Rapid charge : 2.5hours
3.8 Max. Charge Current	2600mA(ambient temperature 25℃)
3.9 Max. Discharge Current	5200mA(ambient temperature 25℃)
3.10 Discharge Cut-off Voltage	2.75V
3.11 Cell Weight	47.0g max
3.12 Cell Dimension	Height : 65.00mm max Diameter : 18.40mm max
3.13 Operating Temperature	Charge : 0 to 45℃ Discharge: -20 to 60℃
3.14 Storage Temperature	1 year : -20~25℃ (1*) 3 months : -20~45℃ (1*) 1 month : -20~60℃ (1*)

Note (1): If the cell is kept as ex-factory status (50% of charge),
the capacity recovery rate is more than 80%.

Spec. No.	ICR18650-26H	Version No.	1.0
-----------	--------------	-------------	-----

4. Outline Dimensions

See the attachment (Fig. 1)

5. Appearance

There shall be no such defects as scratch, rust, discoloration, leakage which may adversely affect commercial value of the cell.

6. Standard Test Conditions

6.1 Environmental Conditions

Unless otherwise specified, all tests stated in this specification are conducted at temperature $25\pm5^{\circ}\text{C}$ and humidity $65\pm20\%$.

6.2 Measuring Equipment

(1) Ammeter and Voltmeter

The ammeter and voltmeter should have an accuracy of the grade 0.5 or higher.

(2) Slide caliper

The slide caliper should have 0.01 mm scale.

(3) Impedance meter

The impedance meter with AC 1kHz should be used.

7. Characteristics

7.1 Standard Charge

This "Standard Charge" means charging the cell with charge current 1300mA and constant voltage 4.2V at 25°C for 3hours.

7.2 Standard Discharge Capacity

The standard discharge capacity is the initial discharge capacity of the cell, which is measured with discharge current of 520mA with 2.75V cut-off at 25°C within 1hour after the standard charge.

$$\text{Standard Discharge Capacity} \geq 2550\text{mAh}$$

7.3 Initial internal impedance

Initial internal impedance measured at AC 1kHz after rated charge.

$$\text{Initial internal impedance} \leq 100\text{m}\Omega$$

7.4 Temperature Dependence of Discharge Capacity

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 520mA and 2.75V cut-off after the standard charge is as follows.

Charge Temperature	Discharge temperature			
	-10°C	0°C	25°C	40°C
Relative Capacity	50%	80%	100%	80%

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same,

Spec. No.	ICR18650-26H	Version No.	1.0
-----------	--------------	-------------	-----

the interval for temperature change is 3 hours.

Percentage as an index of the capacity at 25 °C(=2550mAh) is 100%.

7.5 Temperature Dependence of Charge Capacity

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 520mA and 2.75V cut-off after the standard charge is as follows.

	Charge temperature			Discharge temperature 25 °C
	0 °C	25 °C	45 °C	
Relative Capacity	80%	100%	80%	

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.

Percentage as an index of the capacity at 25 °C(=2550mAh) is 100%.

7.6 Charge Rate Capabilities

Discharge capacity is measured with constant current 520mA and 2.75V cut-off after the cell is charged with 4.2V as follows.

	Charge Condition			
	0.2C (520mA)	0.5C (1300mA)	1.0C (2600mA)	2.0C (5200mA)
Cut-off	7h or 0.05C	2.5h or 0.05C	2.5h or 0.05C	2.5h or 0.05C
Relative Capacity	100%	95%	90%	80%

Note: Percentage as an index of the capacity at 25 °C(=2550mAh) is 100%.

7.7 Discharge Rate Capabilities

Discharge capacity is measured with the various currents in under table and 2.75V cut-off after the standard charge.

	Discharge Condition			
	0.2C (520mA)	0.5C (1300mA)	1.0C (2600mA)	2.0C (5200mA)
Relative Capacity	100%	95%	90%	80%

Note: Percentage as an index of the capacity at 25 °C(=2550mAh) is 100%.

7.8 Cycle Life

Each cycle is an interval between the charge (charge current 1300mA) with 2.5h or

Spec. No.	ICR18650-26H	Version No.	1.0
-----------	--------------	-------------	-----

0.05C cut-off and the discharge (discharge current 1300mA) with 2.75V cut-off.
Capacity after 299cycles and plus 1 day, measured under the same condition
in 7.2

Capacity \geq 1785mAh(70% of the capacity at 25°C)

7.9 Storage Characteristics

Capacity after storage for 30days at 25°C from the standard charge,
measured with discharge current 1300mA with 2.75V cut-off at 25°C.

Capacity retention(after the storage) \geq 2040mAh (80% of the capacity at 25°C)

7.10 Status of the cell as of ex-factory

The cell should be shipped in 50% charged state. In this case, OCV is from 3.65V to 3.85V.

8. Mechanical Characteristics

8.1 Drop Test

Test method: Cell(as of shipment or full charged) drop onto the oak-board
(thickness: \geq 30mm) from 1.5m height at a random direction 6 times.

Criteria: No leakage

8.2 Vibration Test

Test method: Cell(as of shipment) is vibrated along 2 mutually
perpendicular axes with total excursion of 1.6mm and with
frequency cycling between 10Hz and 55Hz by 1Hz/min.

Criteria: No leakage

9. Safety

9.1 Overcharge Test

Test method: To charge the standard charged cell with 12V and 2.6A at 25°C
for 2.5 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

9.2 External Short-circuit Test

Test method: To short-circuit the standard charged cell by connecting positive and
negative terminal by less than 50m Ω wire for 3hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

9.3 Reverse Charge Test

Test method: To charge the standard charged cell with charge current 2.6A
By -12V for 2.5 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

9.4 Heating Test

Spec. No.	ICR18650-26H	Version No.	1.0
-----------	--------------	-------------	-----

Test method: To heat up the standard charged cell at heating rate 5 °C per minute up to 130 °C and keep the cell in oven for 60 minutes.

Criteria: No fire, and no explosion.

10. Warranty

Samsung SDI will be responsible for replacing the cell against defects or poor workmanship for 15 months from the date of shipping. Any other problem caused by malfunction of the equipment or mix-use of the cell is not under this warranty.

The warranty set forth in proper using and handling conditions described above and excludes in the case of a defect which is not related to manufacturing of the cell.

11. Others

11.1 Storage for a long time

If the cell is kept for a long time (3 months or more), it is strongly recommended that the cell is preserved at dry and low-temperature.

11.2 Other

Any matters that specifications does not have, should be conferred with between the both parties.

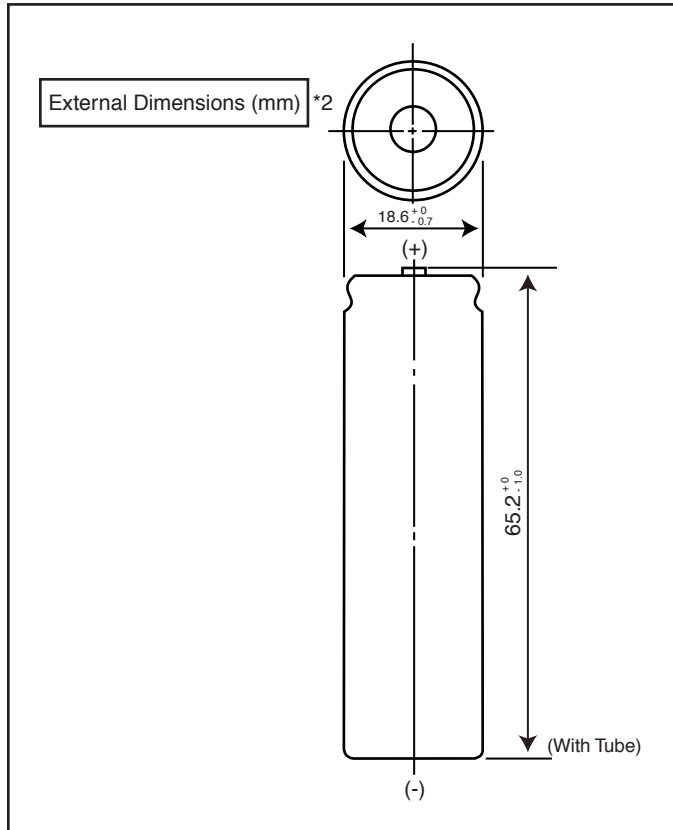
11.3 PTC Specification

	PTC Specification (in the Cell)			
Item	Hold Current	Resistance	Power Dissipation	Resistance After Trip
Spec.	2.9A	7~16m Ω	Max. 2.5W	Max. 28m Ω

12. Packing

See Fig.2,
Package Drawing

CGR18650CG: Cylindrical Model



To ensure safety, the referenced Li-ion cell is not sold as a bare cell. Li-ion cells must be integrated with the appropriate safety circuitry via an authorized Panasonic Li-ion pack assembler.

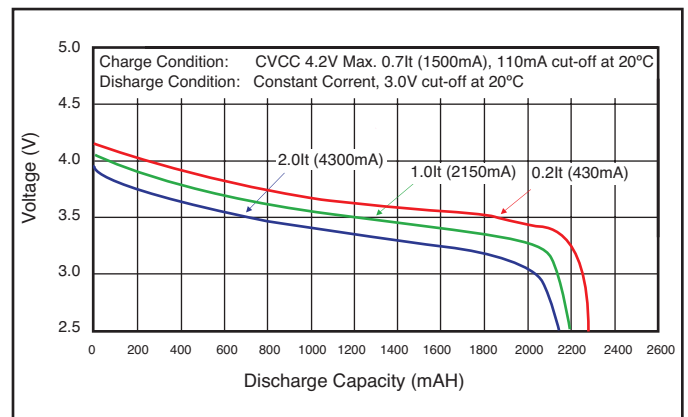
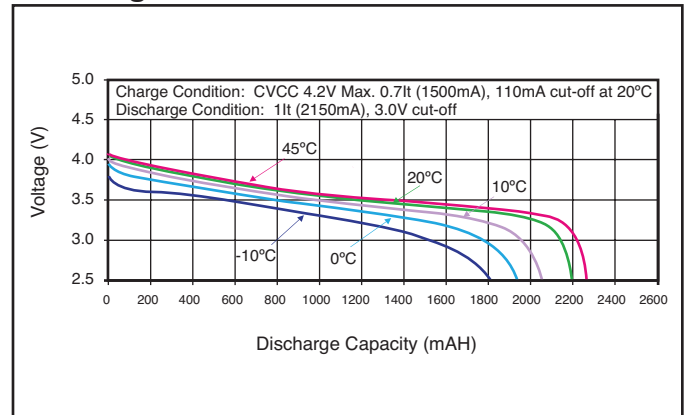
Specifications

Nominal Voltage		3.6 V
Standard Capacity*1		2250mAh
Dimensions*2	Diameter	18.6 + 0/-0.7mm
	Height	65.2 + 0/-1.0mm
	Weight	Approx. 45g

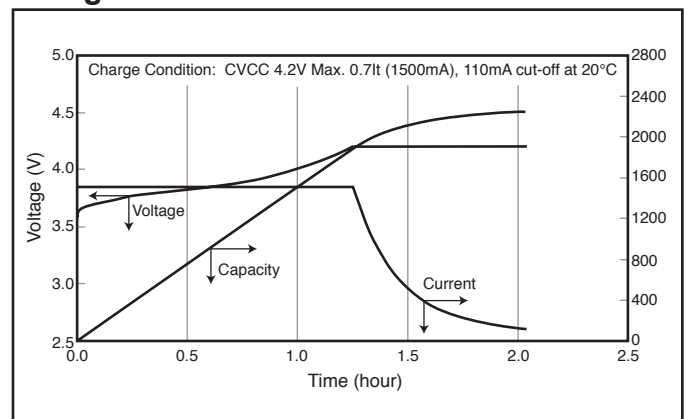
*1 After a fresh battery has been charged at constant voltage/constant current (4.2 V, 1500mA (max), 2 hours, 20°C), the average of the capacity (ending voltage of 3 V at 20°C) that is discharged at a standard current (430mA).

*2 Dimensions of a fresh battery

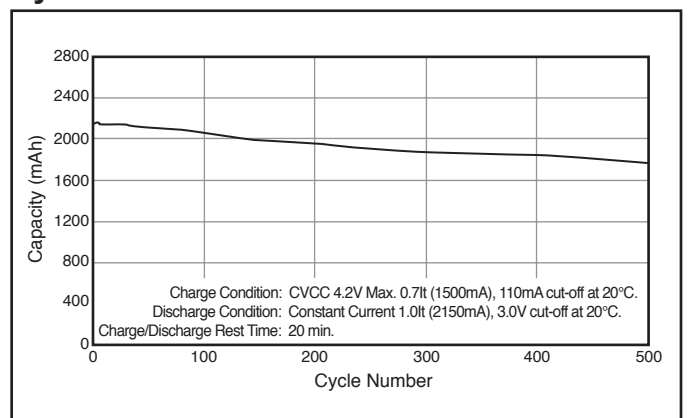
Discharge Characteristics



Charge Characteristics



Cycle Life Characteristics



PRODUCT SPECIFICATION

Rechargeable Lithium Ion Battery

Model : INR18650 MH1 3200mAh

Prepared	Reviewed	Approved
Lee, Yong Seok	Ryu, Duk hyun	Kim, Dong Myung
Date : '14. 01. 17	Date : '14. 01. 17	Date : '14. 01. 17

Contents	3
1. General Information	4
1.1 Scope	
1.2 Application	
1.3 Product Classification	
1.4 Model Name	
2. Nominal Specification	5
2.1 Capacity	
2.2 Nominal Voltage	
2.3 Standard Charge	
2.4 Max. Charge Current	
2.5 Standard Discharge	
2.6 Max. Discharge Current	
2.7 Weight	
2.8 Operating Temperature	
2.9 Storage Temperature (for shipping state)	
3. Appearance and Dimension	6
3.1 Appearance	
3.2 Dimension	
4. Performance Specification	7
4.1 Standard Test Condition	
4.2 Electrical Specification	
4.3 Environmental Specification	
4.4 Mechanical Specification	
4.5 Safety Specification	
5. Cautions and Prohibitions in Handling	8

1. General Information

1.1 Scope

This product specification defines the requirements of the rechargeable lithium ion battery to be supplied to the Customer by LG Chem.

1.2 Product classification: Cylindrical rechargeable lithium ion battery

1.3 Model name: INR18650 MH1

2. Nominal Specification

Item	Condition / Note	Specification
2.1 Energy (Power)	Std. charge / discharge	Nominal 3200 mAh Minimum 3100 mAh
2.2 Nominal Voltage	Average	3.63V
2.3 Standard Charge (Refer to 4.1.1)	Constant current Constant voltage End current(Cut off)	0.5C (1550mA) 4.2V 50mA
2.4 Max. Charge Voltage		4.2 ± 0.05V
2.5 Max. Charge Current		1.0 C (3100mA)
2.6 Standard Discharge (Refer to 4.1.2)	Constant current End voltage(Cut off)	0.2C (620mA) 2.5V
2.7 Max. Discharge Current		10A
2.8 Weight	Approx.	Max. 49.0 g
2.9 Operating Temperature	Charge Discharge	0 ~ 45℃ -20 ~ 60℃
2.10 Storage Temperature (for shipping state)	1 month 3 month 1 year	-20 ~ 60℃ -20 ~ 45℃ -20 ~ 20℃

3. Appearance and Dimension

3.1 Appearance

There shall be no such defects as deep scratch, crack, rust, discoloration or leakage, which may adversely affect the commercial value of the cell.

3.2 Dimension

Diameter : 18.39 ± 0.11 mm

Diameter is defined as the largest data value measured on the "A" area of a cylindrical cell

Height : ≤ 65.15 mm

4. Performance Specification

4.1 Standard test condition

4.1.1 Standard Charge

Unless otherwise specified, "Standard Charge" shall consist of charging at constant current of 0.5C. The cell shall then be charged at constant voltage of 4.20V while tapering the charge current. Charging shall be terminated when the charging current has tapered to 50mA. For test purposes, charging shall be performed at 23°C ± 2°C.

4.1.2 Standard Discharge

"Standard Discharge" shall consist of discharging at a constant current of 0.2C to 2.50V. Discharging is to be performed at 23 °C ± 2 °C unless otherwise noted (such as capacity versus temperature).

4.1.3 Fast Charge / discharge condition

Cells shall be charged at constant current of 0.5C to 4.20V with end current of 50mA. Cells shall be discharged at constant current of 0.5C to 2.50V. Cells are to rest 10 minutes after charge and 20 minutes after discharge.

4.2 Electrical Specification

Item	Condition	Specification
4.2.1 Initial AC Impedance	Cell shall be measured at 1kHz after charge per 4.1.1.	≤ 40 mΩ, without PTC
4.2.2 Initial Power	Cells shall be charged per 4.1.1 and discharged per 4.1.2 within 1h after full charge.	≥ 3100 mAh
4.2.3 Cycle Life	Cells shall be charged and discharged per 4.1.3 500 cycles. A cycle is defined as one charge and one discharge. 301st discharge power shall be measured per 4.1.1 and 4.1.2	≥ 70%

4.3 Environmental specification.

Item	Condition	Specification
4.3.1 Storage Characteristics	Cells shall be charged per 4.1.1 and stored in a temperature-controlled environment at 23°C ± 2°C for 30 days. After storage, cells shall be discharged per 4.1.2 to obtain the remaining power*.	Power remaining rate ≥ 90% (P _{min} in 2.1)
4.3.2 High Temperature Storage Test	Cells shall be charged per 4.1.1 and stored in a temperature-controlled environment at 60°C for 1 week. After storage, cells shall be discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovered power**.	No leakage, Power recovery rate ≥ 80%
4.3.3 High Temperature and High Humidity Test	Cells are charged per 4.1.1 and stored at 60°C (95% RH) for 168 hours. After test, cells are discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovered power.	No leakage, No rust Power recovery rate ≥ 80%
4.3.4 Thermal Shock Test	65°C (8h) ← 3hrs → -20°C (8h) for 8 cycles with cells charged per 4.1.1 After test, cells are discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovered power.	No leakage Power recovery rate ≥ 80%
4.3.5 Temperature Dependency of Capacity	Cells shall be charged per 4.1.1 at 23°C ± 2°C and discharged per 4.1.2 at the following temperatures.	
	Charge	Discharge
	23°C	-10°C 0°C 23°C 60°C
		Capacity 70% of P _{ini} 80% of P _{ini} 100% of P _{ini} 95% of P _{ini}

4.4 Mechanical Specification

Item	Condition	Specification
------	-----------	---------------

* Remaining Capacity : After storage, cells shall be discharged with Std. condition(4.1.2) to measure the remaining capacity.

** Recovery Capacity : After storage, cells shall be discharged with fast discharge condition(4.1.3), and then cells shall be charged with std. charge condition(4.1.1), and then discharged with Std. condition(4.1.2). This charge / discharge cycle shall be repeated three times to measure the recovery capacity.

4.4.1 Drop Test	Cells charged per 4.1.1 are dropped onto an wooden floor from 1.0 meter height for 1 cycle, 2 drops from each cell terminal and 1drop from the side of cell can (Total number of drops = 3).	No leakage No temperature rising
4.4.2 Vibration Test	Cells charged per 4.1.1 are vibrated for 90 minutes per each of the three mutually perpendicular axis (x, y, z) with total excursion of 0.8mm, frequency of 10Hz to 55Hz and sweep of 1Hz change per minute	No leakage

4.5 Safety Specification

Item	Condition	Specification
4.5.1 Overcharge Test	Cells are discharged per 4.1.2, then charged at constant current of 3 times the max. charge condition and constant voltage of 4.2V while tapering the charge current. Charging is continued for 7 hours (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.2 External Short - Circuiting Test	Cells are charged per 4.1.1, and the positive and negative terminal is connected by a 100m Ω -wire for 1 hour (Per UL1642).	: No explode, No fire
4,5.3 Overdischarge Test	Cells are discharged at constant current of 0.2C to 250% of the minimum capacity.	: No explode, No fire
4.5.4 Heating Test	Cells are charged per 4.1.1 and heated in a circulating air oven at a rate of 5°C per minute to 130°C. At 130°C, oven is to remain for 10 minutes before test is discontinued (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.5 Impact Test	Cells charged per 4.1.1 are impacted with their longitudinal axis parallel to the flat surface and perpendicular to the longitudinal axis of the 15.8mm diameter bar (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.6 Crush Test	Cells charged per 4.1.1 are crushed with their longitudinal axis parallel to the flat surface of the crushing apparatus (Per UL1642).	: No explode, No fire

5. Caution and Prohibition in Handling

Warning for using the lithium ion rechargeable battery. Mishandling of the battery may cause heat, fire and deterioration in performance. Be sure to observe the following.

Caution

- When using the application equipped with the battery, refer to the user's manual before usage.
- Please read the specific charger manual before charging.
- Charge time should not be longer than specified in the manual.
- When the cell is not charged after long exposure to the charger, discontinue charging.
- Battery must be charged at operating temperature range 0 ~ 45 °C.
- Battery must be discharged at operating temperature range -20 ~ 60 °C.
- Please check the positive(+) and negative(-) direction before packing.
- When a lead plate or wire is connected to the cell for packing, check out insulation not to short-circuit.
- Battery must be stored separately.
- Battery must be stored in a dry area with low temperature for long-term storage.
- Do not place the battery in direct sunlight or heat.
- Do not use the battery in high static energy environment where the protection device can be damaged.
- When rust or smell is detected on first use, please return the product to the seller immediately.
- The battery must be away from children or pets
- When cell life span shortens after long usage, please exchange to new cells.

Prohibitions

- Do not use different charger. Do not use cigarette jacks (in cars) for charging.
- Do not charge with constant current more than maximum charge current.
- Do not disassemble or reconstruct the battery.
- Do not throw or cause impact.
- Do not pierce a hole in the battery with sharp things. (such as nail, knife, pencil, drill)
- Do not use with other batteries or cells.
- Do not solder on battery directly.
- Do not press the battery with overload in manufacturing process, especially ultrasonic welding.
- Do not use old and new cells together for packing.
- Do not expose the battery to high heat. (such as fire)
- Do not put the battery into a microwave or high pressure container.
- Do not use the battery reversed.
- Do not connect positive(+) and negative(-) with conductive materials (such as metal, wire)

Description

Lithium Ion INR18650 MH1 3200mAh

Date

2014-01-17

Rev0

- Do not allow the battery to be immersed in or wetted with water or sea-water.



Prepared

LGC MBD / MBDC

Lee, Kwan Hee

Approved

LGC MBD / MBDC

Kim, Dong Myung

PRODUCT SPECIFICATION

CONFIDENTIAL

Document No.

LRB-PS-CY2600-M26

Date

2015-04-28

Rev

0

Description

Lithium Ion INR18650 M26

PRODUCT SPECIFICATION

Rechargeable Lithium Ion Battery

Model : INR18650 M26



20 YOIDO-DONG YOUNGDUNGPO-GU,

SEOUL 150-721, KOREA

<http://www.lgchem.com>

Contents

Revision History	2
Contents	3
1. General Information	4
1.1 Scope	
1.2 Application	
1.3 Product Classification	
1.4 Model Name	
2. Nominal Specification	4
2.1 Capacity	
2.2 Nominal Voltage	
2.3 Standard Charge	
2.4 Max. Charge Voltage	
2.5 Max. Charge Current	
2.6 Standard Discharge	
2.7 Max. Discharge Current	
2.8 Max. Temperature Limit	
2.9 Weight	
2.10 Operating Temperature	
2.11 Storage Temperature (for shipping state)	
3. Appearance and Dimension	5
3.1 Appearance	
3.2 Dimension	
4. Performance Specification	5
4.1 Standard Test Condition	
4.2 Electrical Specification	
4.3 Environmental Specification	
4.4 Mechanical Specification	
4.5 Safety Specification	
5. Caution and Prohibition in Handling	8
5.1 Cautions for Use and Handling	
5.2 Prohibitions	
5.3 Caution for the battery and the pack	
6. Exclusion of Liability	10

1. General Information

1.1 Scope

This product specification defines the requirements of the rechargeable lithium ion battery to be supplied to the customer by LG Chem.

1.2 Application: Light Electric Vehicle

1.3 Product classification: Cylindrical rechargeable lithium ion battery

1.4 Model name: INR18650 M26

2. Nominal Specification

Item	Condition / Note	Specification
2.1 Capacity	Std. charge / discharge (Refer to 4.1.1./ 4.1.2)	Nominal 2,600 mAh (C_{nom})
		Minimum 2,500 mAh (C_{min})
2.2 Nominal Voltage	Average for Std. discharge	3.65V
2.3 Standard Charge (Refer to 4.1.1)	Constant current	0.5C (1,250mA)
	Constant voltage	4.2V
	End condition(Cut off)	50mA
2.4 Max. Charge Voltage		4.2V
2.5 Max. Charge Current		1.0C(2,500mA)
2.6 Standard Discharge (Refer to 4.1.2)	Constant current	0.2C (500mA)
	End voltage(Cut off)	2.75V
2.7 Max. Discharge Current		10A
2.8 Max. Temperature Limit	Max. discharge current at RT	75 °C
2.9 Weight	Approx.	44.0 g
2.10 Operating Temperature	Charge	0 ~ 45 °C
	Discharge	-20 ~ 60 °C
2.11 Storage Temperature (for shipping state)	1 month	-20 ~ 60 °C
	3 month	-20 ~ 45 °C
	1 year	-20 ~ 20 °C

3. Appearance and Dimension

3.1 Appearance

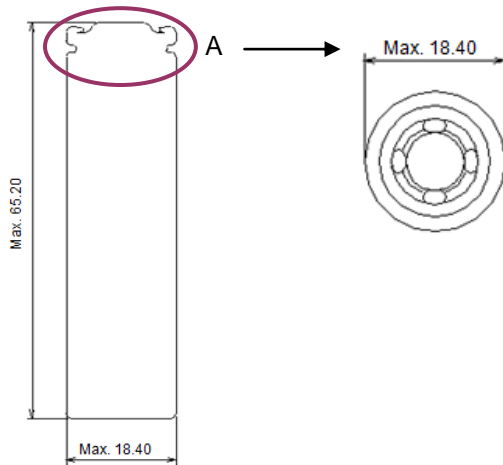
There shall be no such defects as deep scratch, crack, rust, discoloration or leakage, which may adversely affect the commercial value of the cell.

3.2 Dimension

Diameter : Max. 18.4 mm

Diameter is defined as the largest data value measured on the "A" area of a cylindrical cell.

Height : 65.0 ± 0.2 mm (Max. 65.2 mm)



4. Performance Specification

4.1 Standard test condition

4.1.1 Standard Charge

Unless otherwise specified, "Standard Charge" shall consist of charging at constant current of 1,250mA. The cell shall then be charged at constant voltage of 4.2V while tapering the charge current. Charging shall be terminated when the charging current has tapered to 50mA. For test purposes, charging shall be performed at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.1.2 Standard Discharge

"Standard Discharge" shall consist of discharging at a constant current of 500mA to 2.75V. Discharging is to be performed at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted (such as capacity versus temperature).

4.1.3 Fast Charge / discharge condition

Cells shall be charged at constant current of 1,250mA to 4.2V with end current of 125mA. Cells shall be discharged at constant current of 2,500mA to 3.0V. Cells are to rest 30 minutes after charge and 30 minutes after discharge.

4.2 Electrical Specification

Item	Condition	Specification
4.2.1 Initial AC Impedance	Cell shall be measured at 1kHz after charge per 4.1.1.	$\leq 60 \text{ m}\Omega$
4.2.2 Initial Capacity	Cells shall be charged per 4.1.1 and discharged per 4.1.2 within 1h after full charge.	$C_{\text{ini}} \geq 2,500 \text{ mAh (} C_{\text{min}} \text{)}$
4.2.3 Cycle Life	Cells shall be charged and discharged per 4.1.3, 500 cycles. A cycle is defined as one charge and one discharge. 501st discharge capacity shall be measured per 4.1.1 and 4.1.2	$\geq 70 \% \text{ (of } C_{\text{min}} \text{ in 2.1)}$

4.3 Environmental specification.

Item	Condition	Specification
4.3.1 Storage Characteristics	Cells shall be charged per 4.1.1 and stored in a temperature-controlled environment at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ for 30 days. After storage, cells shall be discharged per 4.1.2 to obtain the remaining capacity.*	Capacity remaining rate $\geq 90\% \text{ of } C_{\text{min}} \text{ in 2.1}$
4.3.2 High Temperature Storage Test	Cells shall be charged per 4.1.1 and stored in a temperature-controlled environment at 60°C for 1 week. After storage, cells shall be discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovery capacity*.	No leakage, Capacity recovery rate $\geq 80\% \text{ of } C_{\text{min}} \text{ in 2.1}$
4.3.3 Thermal Shock Test	$65^{\circ}\text{C (8h)} \leftarrow 3\text{hrs} \rightarrow -20^{\circ}\text{C (8h)}$ for 8 cycles with cells charged per 4.1.1 After test, cells are discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovery capacity.	No leakage Capacity recovery rate $\geq 80\% \text{ of } C_{\text{min}} \text{ in 2.1}$
4.3.4 Temperature Dependency of	Cells shall be charged per 4.1.1 at $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and discharged per 4.1.2 at the following temperatures.	

* Remaining Capacity : After storage, cells shall be discharged with Std. condition(4.1.2) to measure the remaining capacity.

** Recovery Capacity : After storage, cells shall be discharged with fast discharge condition(4.1.3), and then cells shall be charged with std. charge condition(4.1.1), and then discharged with Std. condition(4.1.2). This charge / discharge cycle shall be repeated three times to measure the recovery capacity.

Capacity	Charge	Discharge	Capacity
	25°C	-10°C	70% of C _{min}
		0°C	80% of C _{min}
		25°C	100% of C _{min}
		60°C	95% of C _{min}

4.4 Mechanical Specification

Item	Condition	Specification
4.4.1 Drop Test	Cells charged per 4.1.1 are dropped onto an oak board from 1 meter height for 1 cycle, 2 drops from each cell terminal and 1 drop from side of cell. (Total number of drops =3).	No leakage No temperature rising
4.4.2 Vibration Test	Cells charged per 4.1.1 are vibrated for 90 minutes per each of the three mutually perpendicular axes (x, y, z) with total excursion of 0.8mm, frequency of 10Hz to 55Hz and sweep of 1Hz change per minute.	No leakage

4.5 Safety Specification

Item	Condition	Specification
4.5.1 Overcharge Test	Cells are discharged per 4.1.2, then charged at constant current of 3 times the max. charge condition and constant voltage of 4.2V while tapering the charge current. Charging is continued for 7 hours (Per UL1642).	No explode, No fire
4.5.2 External Short - Circuiting Test	Cells are charged per 4.1.1, and the positive and negative terminal is connected by a 100mΩ-wire for 1 hour (Per UL1642).	No explode, No fire
4.5.3 Overdischarge Test	Cells are discharged at constant current of 0.2C to 250% of the minimum capacity.	No explode, No fire
4.5.4 Heating Test	Cells are charged per 4.1.1 and heated in a circulating air oven at a rate of 5°C per minute to 130°C. At 130°C, oven is to remain for 10 minutes before test is discontinued (Per UL1642).	No explode, No fire

4.5.5 Impact Test	Cells charged per 4.1.1 are impacted with their longitudinal axis parallel to the flat surface and perpendicular to the longitudinal axis of the 15.8mm diameter bar (Per UL1642).	No explode, No fire
4.5.6 Crush Test	Cells charged per 4.1.1 are crushed with their longitudinal axis parallel to the flat surface of the crushing apparatus (Per UL1642).	No explode, No fire

5. Caution and Prohibition in Handling

Warning for using the lithium ion rechargeable battery. Mishandling of the battery may cause heat, fire and deterioration in performance. Be sure to observe the following.

5.1 Cautions for Use and Handling

- When using the application equipped with the battery, refer to the user's manual before usage.
- Please read the specific charger manual before charging.
- Charge time should not be longer than specified in the manual.
- When the cell is not charged after long exposure to the charger, discontinue charging.
- Battery must be charged at operating temperature range 0 ~ 45°C.
- Battery must be discharged at operating temperature range -20 ~ 60°C.
- Please check the positive(+) and negative(-) direction before packing.
- When a lead plate or wire is connected to the cell for packing, check out insulation not to short-circuit.
- Battery must be stored separately.
- Battery must be stored in a dry area with low temperature for long-term storage.
- Do not place the battery in direct sunlight or heat.
- Do not use the battery in high static energy environment where the protection device can be damaged.
- When rust or smell is detected on first use, please return the product to the seller immediately.
- The battery must be away from children or pets
- When cell life span shortens after long usage, please exchange to new cells.

5.2 Prohibitions

- Do not use different charger. Do not use cigarette jacks (in cars) for charging.
- Do not charge with constant current more than maximum charge current.
- Do not disassemble or reconstruct the battery.
- Do not throw or cause impact.
- Do not pierce a hole in the battery with sharp things. (such as nail, knife, pencil, drill)
- Do not use with other batteries or cells.
- Do not solder on battery directly.

- Do not press the battery with overload in manufacturing process, especially ultrasonic welding.
- Do not use old and new cells together for packing.
- Do not expose the battery to high heat. (such as fire)
- Do not put the battery into a microwave or high pressure container.
- Do not use the battery reversed.
- Do not connect positive(+) and negative(-) with conductive materials (such as metal, wire)
- Do not allow the battery to be immersed in or wetted with water or sea-water.

5.3 Caution for the battery and the pack

Pack shall meet under condition to maintain battery safety and last long performance of the lithium rechargeable cells.

5.3.1 Installing the battery into the pack

- The cell should be inspected visually before battery assembly into the pack.
- Damaged cell should not be used. (damaged surface, can-distortion, electrolyte-smell)
- Different Lot Number cells should not be packaged into the same pack.
- Different types of cells, or same types but different cell maker's should not be used together.

5.3.2 Design of battery pack

- The battery pack should not be connected easily to any charger other than the dedicated charger.
- The battery pack has function not to cause external short cut easily.
- The design of battery pack and structure should be reviewed physically, mechanically and electrically not to cause cell imbalance.
- The battery pack for multiple cells should be designed to monitor the voltage of each bank

5.3.3 Charge

- Charging method is Constant Current-Constant Voltage (CC/CV).
- Charging should be operating under maximum charge voltage and current which is specified in the product specification. (Article. 2.4, 2.5)
- The battery should be charged under operating temperature specified in the product specification. (Article. 2.9)

5.3.4 Discharge

- Discharging method is Constant Current (CC).
(In case of using the battery for mobile equipment, discharging mode could be Constant Power.)
- Discharging should be operating under maximum discharge current which is specified in the product specification. (Article. 2.7)
- Discharging should be done by cut off voltage which is specified in the product specification. (Article. 2.6)

- The battery should be discharged under operating temperature specified in the product specification.
(Article. 2.9)

5.3.5 Protection Circuit

- The protection circuit should be installed in the battery pack, charger.
- Charger or pack should have voltage sensing system to control over charge or discharge in order to maintain the battery's normal operating mode and protect cell imbalance.
- Charger or pack should have warning system for over temperature, over voltage and over current.

6. Exclusion of Liability

The warranty shall no cover defects caused by normal wear and tear, inadequate maintenance, handling, storage faulty repair, modification to the battery or pack by a third party other than LGC ore LGC's agent approved by LGC, failure to observe the product specification provided herein or improper use or installation, include but not limited to the following :

- Damage during transport or storage
- Incorrect installation of battery into pack or maintenance
- Use of battery or pack in inappropriate environment
- Improper, inadequate, or incorrect charge, discharge or production circuit
Other than stipulated herein
- Incorrect use or inappropriate use
- Insufficient ventilation
- Ignoring applicable safety warning and instructions
- Altering or attempted repairs by unauthorized personnel
- In case of force majeure (Ex. Lightning, storm, flood, fire, earthquake, etc)

There are no warranties-IMPLIED or express-other than those stipulated herein LG Chem. Shall not be liable for any consequential or indirect damage arising or in connection with the product specification, battery or pack.

PRODUCT SPECIFICATION

Rechargeable Lithium Ion Battery

Model : INR18650 MJ1 3500mAh

Contents

Contents	3
1. General Information	4
1.1 Scope	
1.2 Application	
1.3 Product Classification	
1.4 Model Name	
2. Nominal Specification	5
2.1 Capacity	
2.2 Nominal Voltage	
2.3 Standard Charge	
2.4 Max. Charge Current	
2.5 Standard Discharge	
2.6 Max. Discharge Current	
2.7 Weight	
2.8 Operating Temperature	
2.9 Storage Temperature (for shipping state)	
3. Appearance and Dimension	6
3.1 Appearance	
3.2 Dimension	
4. Performance Specification	7
4.1 Standard Test Condition	
4.2 Electrical Specification	
4.3 Environmental Specification	
4.4 Mechanical Specification	
4.5 Safety Specification	
5. Cautions and Prohibitions in Handling	8

1. General Information

1.1 Scope

This product specification defines the requirements of the rechargeable lithium ion battery of LG Chem.

1.2 Product classification

Cylindrical rechargeable lithium ion battery

1.3 Model name

INR18650 MJ1

2. Nominal Specification

Item	Condition / Note	Specification
2.1 Energy	Std. charge / discharge	Nominal 3500 mAh Minimum 3400 mAh
2.2 Nominal Voltage	Average	3.635V
2.3 Standard Charge (Refer to 4.1.1)	Constant current Constant voltage End current(Cut off)	0.5C (1700mA) 4.2V 50mA
2.4 Max. Charge Voltage		4.2 ± 0.05V
2.5 Max. Charge Current		1.0 C (3400mA)
2.6 Standard Discharge (Refer to 4.1.2)	Constant current End voltage(Cut off)	0.2C (680mA) 2.5V
2.7 Max. Discharge Current		10A
2.8 Weight	Approx.	Max. 49.0 g
2.9 Operating Temperature	Charge Discharge	0 ~ 45 °C -20 ~ 60 °C
2.10 Storage Temperature (for shipping state)	1 month 3 month 1 year	-20 ~ 60 °C -20 ~ 45 °C -20 ~ 20 °C

3. Appearance and Dimension

3.1 Appearance

There shall be no such defects as deep scratch, crack, rust, discoloration or leakage, which may adversely affect the commercial value of the cell.

3.2 Dimension

Diameter: 18.4 +0.1 / -0.3 mm (Max. 18.5mm)

Height: 65.0 ±0.2mm (Max. 65.2mm)

4. Performance Specification

4.1 Standard test condition

4.1.1 Standard Charge

Unless otherwise specified, "Standard Charge" shall consist of charging at constant current of 0.5C. The cell shall then be charged at constant voltage of 4.20V while tapering the charge current. Charging shall be terminated when the charging current has tapered to 50mA. For test purposes, charging shall be performed at 23°C ± 2°C.

4.1.2 Standard Discharge

"Standard Discharge" shall consist of discharging at a constant current of 0.2C to 2.50V. Discharging is to be performed at 23 °C ± 2 °C unless otherwise noted (such as capacity versus temperature).

4.1.3 High Drain rate Charge/discharge condition

Cells shall be charged at constant current of 1,500mA to 4.20V with end current of 100mA. Cells shall be discharged at constant current of 4,000mA to 2.50V. Cells are to rest 10 minutes after charge and 20 minutes after discharge.

4.2 Electrical Specification

Item	Condition	Specification
4.2.1 Initial AC Impedance	Cell shall be measured at 1kHz after charge per 4.1.1.	≤ 40 mΩ, without PTC
4.2.2 Initial Capacity	Cells shall be charged per 4.1.1 and discharged per 4.1.2 within 1h after full charge.	≥ 3400 mAh
4.2.3 Cycle Life	Cells shall be charged and discharged per 4.1.3 400 cycles. A cycle is defined as one charge and one discharge. 401st discharge power shall be measured per 4.1.1 and 4.1.2	≥ 80 % (of C _{min} in 2.1)

4.3 Environmental specification.

Item	Condition		Specification
4.3.1 Storage Characteristics	Cells shall be charged per 4.1.1 and stored in a temperature-controlled environment at 23°C ± 2°C for 30 days. After storage, cells shall be discharged per 4.1.2 to obtain the remaining power*.		Power remaining rate ≥ 90% (P _{min} in 2.1)
4.3.2 High Temperature Storage Test	Cells shall be charged per 4.1.1 and stored in a temperature-controlled environment at 60°C for 1 week. After storage, cells shall be discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovered power**.		No leakage, Power recovery rate ≥ 80%
4.3.3 High Temperature and High Humidity Test	Cells are charged per 4.1.1 and stored at 60°C (95% RH) for 168 hours. After test, cells are discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovered power.		No leakage, No rust Power recovery rate ≥ 80%
4.3.4 Thermal Shock Test	65°C (8h) ← 3hrs → -20°C (8h) for 8 cycles with cells charged per 4.1.1 After test, cells are discharged per 4.1.2 and cycled per 4.1.3 for 3 cycles to obtain recovered power.		No leakage Power recovery rate ≥ 80%
4.3.5 Temperature Dependency of Capacity	Cells shall be charged per 4.1.1 at 23°C ± 2°C and discharged per 4.1.2 at the following temperatures.		
	Charge	Discharge	Capacity
	23°C		-10°C
		0°C	80% of P _{ini}
		23°C	100% of P _{ini}
		60°C	95% of P _{ini}

* Remaining Capacity: After storage, cells shall be discharged with Std. condition (4.1.2) to measure the remaining capacity.

** Recovery Capacity: After storage, cells shall be discharged with fast discharge condition (4.1.3), and then cells shall be charged with std. charge condition (4.1.1), and then discharged with Std. condition (4.1.2). This charge / discharge cycle shall be repeated three times to measure the recovery capacity.

4.4 Mechanical Specification

Item	Condition	Specification
4.4.1 Drop Test	Cells charged per 4.1.1 are dropped onto an wooden floor from 1.0 meter height for 1 cycle, 2 drops from each cell terminal and 1drop from the side of cell can (Total number of drops = 3).	No leakage No temperature rising
4.4.2 Vibration Test	Cells charged per 4.1.1 are vibrated for 90 minutes per each of the three mutually perpendicular axis (x, y, z) with total excursion of 0.8mm, frequency of 10Hz to 55Hz and sweep of 1Hz change per minute	No leakage

4.5 Safety Specification

Item	Condition	Specification
4.5.1 Overcharge Test	Cells are discharged per 4.1.2, and then charged at constant current of 3 times the max. charge condition and constant voltage of 4.2V while tapering the charge current. Charging is continued for 7 hours (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.2 External Short - Circuiting Test	Cells are charged per 4.1.1, and the positive and negative terminal is connected by a 100m Ω -wire for 1 hour (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.3 Overdischarge Test	Cells are discharged at constant current of 0.2C to 250% of the minimum capacity.	: No explode, No fire
4.5.4 Heating Test	Cells are charged per 4.1.1 and heated in a circulating air oven at a rate of 5°C per minute to 130°C. At 130°C, oven is to remain for 10 minutes before test is discontinued (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.5 Impact Test	Cells charged per 4.1.1 are impacted with their longitudinal axis parallel to the flat surface and perpendicular to the longitudinal axis of the 15.8mm diameter bar (Per UL1642).	: No explode, No fire
4.5.6 Crush Test	Cells charged per 4.1.1 are crushed with their longitudinal axis parallel to the flat surface of the crushing apparatus (Per UL1642).	: No explode, No fire

5. Caution

Warning: Using the lithium ion rechargeable battery, mishandling of the battery may cause heat, fire and deterioration in performance. Be sure to observe the following.

5.1 Cautions for Using and Handling

- When using the application equipped with the battery, refer to the user's manual before usage.
- Please read the specific charger manual before charging.
- Charge time should not be longer than specified in the manual.
- When the cell is not charged after long exposure to the charger, discontinue charging.
- Battery must be charged at operating temperature range 0 ~ 45 °C.
- Battery must be discharged at operating temperature range -20 ~ 60 °C.
- Please check the positive(+) and negative(-) direction before packing.
- When a lead plate or wire is connected to the cell for packing, check out insulation not to short-circuit.
- Battery must be stored separately.
- Battery must be stored in a dry area with low temperature for long-term storage.
- Do not place the battery in direct sunlight or heat.
- Do not use the battery in high static energy environment where the protection device can be damaged.
- When rust or smell is detected on first use, please return the product to the seller immediately.
- The battery must be away from children or pets
- When cell life span shortens after long usage, please exchange to new cells.

5.2 Prohibitions

- Do not use different charger. Do not use cigarette jacks (in cars) for charging.
- Do not charge with constant current more than maximum charge current.
- Do not disassemble or reconstruct the battery.
- Do not throw or cause impact.
- Do not pierce a hole in the battery with sharp things. (such as nail, knife, pencil, drill)
- Do not use with other batteries or cells.
- Do not solder on battery directly.
- Do not press the battery with overload in manufacturing process, especially ultrasonic welding.
- Do not use old and new cells together for packing.
- Do not expose the battery to high heat. (such as fire)
- Do not put the battery into a microwave or high pressure container.
- Do not use the battery reversed.
- Do not connect positive(+) and negative(-) with conductive materials (such as metal, wire)
- Do not allow the battery to be immersed in or wetted with water or sea-water.

5.3 Caution for the battery and the pack

Pack shall meet under condition to maintain battery safety and last long performance of the lithium rechargeable cells.

5.3.1 Installing the battery into the pack

- The cell should be inspected visually before battery assembly into the pack.
- Damaged cell should not be used. (Damaged surface, can-distortion, electrolyte-smell)
- Different Lot Number cells should not be packaged into the same pack.
- Different types of cells, or same types but different cell maker's should not be used together.

5.3.2 Design of battery pack

- The battery pack should not be connected easily to any charger other than the dedicated charger.
- The battery pack has function not to cause external short cut easily.

5.3.3 Charge

- Charging method is Constant Current-Constant Voltage (CC/CV).
- Charging should be operating under maximum charge voltage and current which is specified in the product specification. (Article. 2.4, 2.5)
- The battery should be charged under operating temperature specified in the product specification. (Article. 2.9)

5.3.4 Discharge

- Discharging method is Constant Current (CC).
(In case of using the battery for mobile equipment, discharging mode could be Constant Power.)
- Discharging should be operating under maximum discharge current which is specified in the product specification. (Article. 2.7)
- Discharging should be done by cut off voltage which is specified in the product specification. (Article. 2.6)
- The battery should be discharged under operating temperature specified in the product specification. (Article. 2.9)

5.3.5 Protection Circuit

- The protection circuit should be installed in the battery pack, charger.
- Charger or pack should have voltage sensing system to control over charge or discharge in order to maintain the battery's normal operating mode and protect cell imbalance.
- Charger or pack should have warning system for over temperature, over voltage and over current.

6. EXCLUSION OF LIABILITY

THE WARRANTY SHALL NOT COVER DEFECTS CAUSED BY NORMAL WEAR AND TEAR, INADEQUATE MAINTENANCE, HANDLING, STORAGE, FAULTY REPAIR, MODIFICATION TO THE BATTERY OR PACK BY A THIRD PARTY OTHER THAN LGC OR LGC'S AGENT APPROVED BY LGC, FAILURE TO OBSERVE THE PRODUCT SPECIFICATION PROVIDED HEREIN OR IMPROPER USE OR INSTALLATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, THE FOLLOWING:

- . DAMAGE DURING TRANSPORT OR STORAGE
- . INCORRECT INSTALLATION OF BATTERY INTO PACK OR MAINTENANCE
- . USE OF BATTERY OR PACK IN INAPPROPRIATE ENVIRONMENT
- . IMPROPER, INADEQUATE, OR INCORRECT CHARGE, DISCHARGE OR PRODUCTION CIRCUIT OTHER THAN STIPULATED HEREIN
- . INCORRECT USE OR INAPPROPRIATE USE
- . INSUFFICIENT VENTILATION
- . IGNORING APPLICABLE SAFETY WARNINGS AND INSTRUCTIONS
- . ALTERING OR ATTEMPTED REPAIRS BY UNAUTHORIZED PERSONNEL
- . IN CASE OF FORCE MAJEURE (LIGHTENING, STORM, FLOOD, FIRE, EARTHQUAKE, ETC.)

THERE ARE NO WARRANTIES – IMPLIED OR EXPRESS – OTHER THAN THOSE STIPULATED HEREIN. LG CHEM SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY CONSEQUENTIAL OR INDIRECT DAMAGES ARISING OR IN CONNECTION WITH THE PRODUCT SPECIFICATION, BATTERY OR PACK.

Lista de materiales.

Cautín para soldar estaño.



Ilustración 1.

https://es.aliexpress.com/item/1005005985613604.html?spm=a2g0o.productlist.main.1.53b376acaxJNOZ&algo_pvid=283204d6-844a-49d4-9cb5-418c10d039fa&algo_exp_id=283204d6-844a-49d4-9cb5-418c10d039fa-0&pdp_npi=4%40dis%21EUR%213.83%210.99%21%21%214.03%211.04%21%402103956b17180434707607471e2e08%2112000035299049170%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=WrodBJjdUKWT&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Estaño puro.

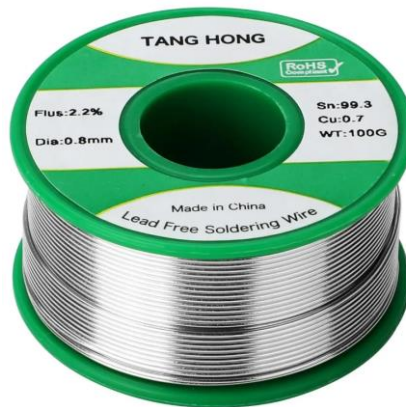


Ilustración 2.

https://es.aliexpress.com/item/1005006465179168.html?spm=a2g0o.productlist.seoads.5.1de075f4KH65XF&p4p_pvid=202406101152215900848701516360010545281_3&s=p

Cable AWG.



Ilustración 3.

<https://es.aliexpress.com/item/1005004073769621.html?spm=a2g0o.detail.0.0.3e93KrbIKrbl3c&mp=1&gatewayAdapt=glo2esp>

Pasta para soldar.



Ilustración 4.

https://es.aliexpress.com/item/1005005806764560.html?src=google&src=google&albch=s hopping&acnt=439-079-4345&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google 7 shopping&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&isSmbAutoCall=false&needSmbHouyi=false&src=google&albch=shopping&acnt=439-079-4345&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google 7 shopping&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&d s e adid=&ds e matchtype=&ds e device=c&ds e network=x&ds e product group id =&ds e product id=es1005005806764560&ds e product merchant id=771504447&ds e product country=ES&ds e product language=es&ds e product channel=online&ds e product store id=&ds url v=2&albcpl=18928172568&albag=&isSmbAutoCall=false&ne edSmbHouyi=false&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyJqzBhBaEiwAWDRJVIqQDkchJ4NuMZo_xhCRaWzC47Is4t8v5veOHRtREDnbfPZWxD3jaxoCu5gQAvD_BwE&aff_fcid=1f5186ed3cfa44848ed64331757cc8a2-1718045943577-07214-UneMJZVf&aff_fsk=UneMJZVf&aff_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff_trace_key=1f5186e d3cfa44848ed64331757cc8a2-1718045943577-07214-UneMJZVf&terminal_id=2e6e93a7c8fd4a48902a8b40f447de06&afSmartRedirect=y

BMS Daly 4s 20 A.



Ilustración 5.

https://es.aliexpress.com/item/1005006293501977.html?spm=a2g0o.productlist.main.1.6cdf1c10VtJsoi&algo_pvid=ee0481a4-b4e2-4ddd-b0e3-1f10c149a4ce&algo_exp_id=ee0481a4-b4e2-4ddd-b0e3-1f10c149a4ce-0&pdp_npi=4%40dis%21EUR%2125.23%217.90%21%21%2126.55%218.31%21%40211b6a7a17180429994526893e3347%2112000038387705303%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=QZ2Ptvzqshew&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Soldador de puntos.

Intelligent CNC spot welder

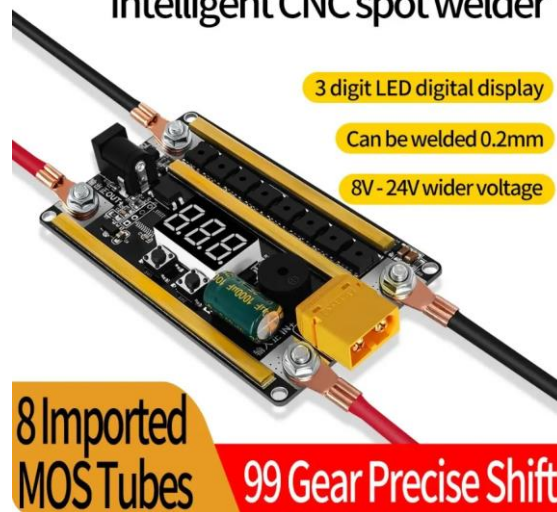


Ilustración 6.

https://es.aliexpress.com/item/1005006151285896.html?spm=a2g0o.productlist.main.35.10546976e4tdmN&algo_pvid=dfd9f321-428b-4dea-a131-475562912040&algo_exp_id=dfd9f321-428b-4dea-a131-475562912040-17&pdp_npi=4%40dis%21EUR%2126.44%213.71%21%21%2127.83%213.91%21%40211b612817180461361691497e8f8d%2112000035996644481%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=TdvQglcWFje&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Bandas de Níquel.

18650 battery pure nickel

Cell spacing **19mm**

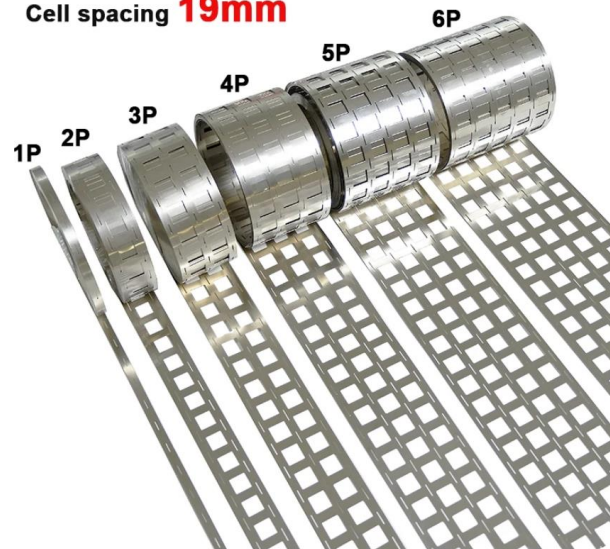


Ilustración 7.

<https://es.aliexpress.com/item/4000059946661.html?spm=a2g0o.detail.0.0.178dUoN9UoN9Fc&mp=1&gatewayAdapt=glo2esp>

Tijeras electricista.



Ilustración 8.

https://es.aliexpress.com/item/1005005594799356.html?spm=a2g0o.productlist.main.5.72e47897fECYMe&algo_pvid=593ffc90-c4ee-4699-9092-dd7e2ccb0402&algo_exp_id=593ffc90-c4ee-4699-9092-dd7e2ccb0402-2&pdp_npi=4%40dis%21EUR%2147.79%2117.26%21%21%2150.30%2118.16%21%402103956a17180464486524358e35d5%2112000033684060273%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUId=KK6V2coLYBYp&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Cinta fibra de vidrio.



Ilustración 9.

https://es.aliexpress.com/item/1005006186265879.html?spm=a2g0o.productlist.main.71.79fa36f4FXrBAu&algo_pvid=544a25ad-11bf-4e52-b0fb-9dcc4800a10c&algo_exp_id=544a25ad-11bf-4e52-b0fb-9dcc4800a10c-35&pdp_npi=4%40dis%21EUR%215.79%210.99%21%21%2144.30%217.57%21%40211b612817180465885445138e8f6b%2112000036183490019%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=ydwLFXqvGY1j&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Cinta de Cebada.

SIMI

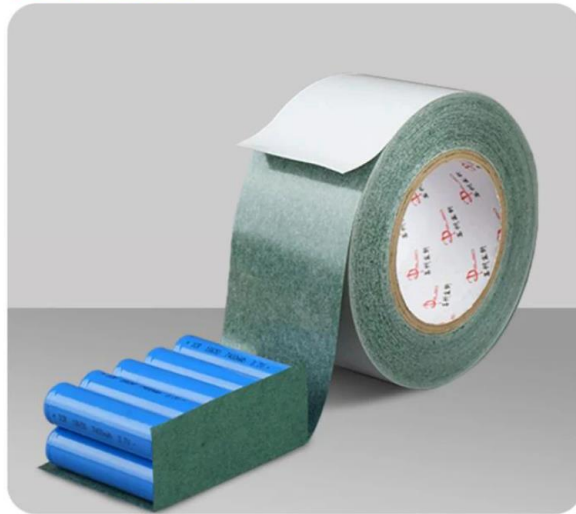


Ilustración 10.

<https://es.aliexpress.com/item/1005005963912938.html?spm=a2g0o.detail.0.0.7f3epNuE pNuE0G&mp=1&gatewayAdapt=glo2esp>

Termo retráctil.



Ilustración 11.

https://es.aliexpress.com/item/1005002041828497.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.7b28cdcfedjxxl&algo_pvid=47184f0b-ab74-4b8e-b0f9-02248dfc32ce&aem_p4p_detail=202406101214404271488508804190012862876&algo_exp_id=47184f0b-ab74-4b8e-b0f9-02248dfc32ce-3&pdp_npi=4%40dis%21EUR%213.77%210.99%21%21%213.97%211.04%21%402103919917180468808866349ea0d5%2112000030202699167%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=udpQbYp3XsDA&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A&search_p4p_id=202406101214404271488508804190012862876_1

Protectores polos.

18650 lithium battery insulation pad

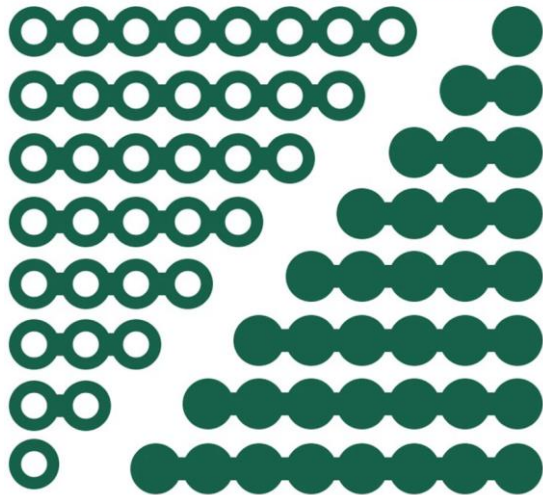


Ilustración 12.

https://es.aliexpress.com/item/1005005591467247.html?spm=a2g0o.productlist.main.1.605266a2aZS5FR&algo_pvid=1845e73c-8fc2-44ac-96ba-f426005da7f0&algo_exp_id=1845e73c-8fc2-44ac-96ba-f426005da7f0-0&pdp_npi=4%40dis%21EUR%212.95%210.99%21%21%213.10%211.04%21%40210391a017180469954368978e7720%2112000033670188331%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=GlhzYUp1bpmn&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Soportes.



Ilustración 13.

https://es.aliexpress.com/item/1005005873497709.html?spm=a2g0o.productlist.main.3.7f46675d1pkjbc&algo_pvid=c7400eb4-6cc2-47c9-95dd-b7656d69cb09&algo_exp_id=c7400eb4-6cc2-47c9-95dd-b7656d69cb09-1&pdp_npi=4%40dis%21EUR%218.44%210.99%21%21%2164.54%217.60%21%402103919917180471406895921ea0d6%2112000034657404719%21sea%21ES%21189533526%21AC&curPageLogUid=7mVKM2fbxMqx&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

Celdas 18650.



Ilustración 14.

<https://batterysecondlife.com/lote-lg-18650-mh1-32ah-5kwh.html>

Esta es la lista de materiales que es necesaria para fabricar una batería de litio funcional. No añadimos precios, ni hacemos un presupuesto pues la mayoría de los elementos contarían como coste fijo de la batería y los que son variables no sabemos la cantidad que se gasta en cada batería. Para un futuro convendría escandallar los elementos por celda. Así como ver la amortización de los costes fijos y un pequeño estudio de punto muerto.