Humanidades, Tecnología y Ciencia, del Instituto Politécnico Nacional
Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título: 04-2010-0326124-14000-203 ISSN: 2007-1957

PROCESO DE RECICLAJE DE BATERÍAS UTILIZADAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Alexis Jacobo Pérez
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez
japalx94@gmail.com

Domingo Rafael Castañeda Olvera
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez
jdomingo.castaneda@utfv.edu.mx

Abstract

Este estudio se enfoca en el análisis de los procesos de reciclaje de baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos, con el fin de identificar las prácticas más eficientes en la actualidad, considerando las tecnologías aplicadas. El reciclaje de baterías comprende principalmente dos técnicas: la primera a través de un proceso hidrometalúrgico, y la segunda a través de en proceso pirometalúrgico. Buscamos, con este trabajo, contribuir a la reflexión que, en la era del Antropoceno, se viene realizando sobre la huella ecológica de las nuevas tecnologías y su rol en el logro de una sociedad sostenible y tecnológicamente responsable, haciendo énfasis en el estudio de las baterías de litio.

Palabras clave: baterías, litio, reciclaje, sistemas fotovoltaicos, energías renovables.

El reciclaje de componentes eléctricos representa una vía concreta hacia la sostenibilidad energética. Alcanzar dicho objetivo implica establecer un equilibrio urgente entre la generación de dispositivos electrónicos y la adecuada gestión de sus residuos. Este estudio se enfoca en el análisis de los procesos de reciclaje de baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos, con el fin de identificar las prácticas más eficientes en la actualidad, considerando las tecnologías aplicadas.

El estudio se enmarca en el contexto de la era del Antropoceno, una denominación geológica que alude al período actual, caracterizado por la profunda huella que las actividades humanas han dejado sobre los sistemas planetarios. Este término fue propuesto y popularizado por el químico neerlandés Paul Crutzen —galardonado con el Premio Nobel de Química en 1995— y fue reconocido por la Real Academia Española en el año 2021.

Entre los efectos más notorios del Antropoceno se destacan las alteraciones en el ciclo hidrológico, la pérdida de biodiversidad y el desequilibrio de ecosistemas, la intensificación de fenómenos meteorológicos extremos, así como la acidificación de los océanos. Muchos de estos fenómenos están estrechamente vinculados al modelo de desarrollo industrial y tecnológico actual. Por tanto, es

fundamental repensar el papel de la tecnología, no solo como causa de estas problemáticas como los desechos electrónicos, sino también como herramienta clave para mitigarlas.

El trabajo se inicia con una contextualización general sobre las plantas de reciclaje de baterías, entendidas como instalaciones industriales destinadas al tratamiento de residuos peligrosos y la recuperación de materiales valiosos.

El reciclaje de baterías comprende principalmente dos técnicas: la primera a través de un proceso hidrometalúrgico, y la segunda a través de en proceso pirometalúrgico. Ambos procesos comprenden diversos subprocesos, cuya aplicación y eficiencia dependen en gran medida de los avances tecnológicos implementados en el proceso.

Para analizar este tema, hemos dividido el estudio en tres apartados. En el primero abordamos la problemática central, analizando los desafíos y oportunidades actuales, considerando cómo la energía solar fotovoltaica puede representar una solución viable frente a la crisis ambiental. En un segundo apartado nos centraremos en las especificaciones técnicas de las baterías de litio de ciclo profundo, detallando su composición estructural, su funcionamiento y sus parámetros operativos. En un tercer apartado elaboramos una propuesta integral de reciclaje de baterías de litio, orientada a romper con los esquemas lineales de consumo-descarte que predominan actualmente.

Esta propuesta se estructura en torno a un enfoque de economía circular, buscando extender el ciclo de vida de los materiales a través de su recuperación, reutilización y reintegración en procesos industriales

Buscamos, con este trabajo, contribuir a la reflexión que, en la era del Antropoceno, se viene realizando sobre la huella ecológica de las nuevas tecnologías y su rol en el logro de una sociedad sostenible y tecnológicamente responsable, haciendo énfasis en el estudio de las baterías de litio.

Problemática actual

La transición energética hacia fuentes renovables como la solar no solo busca sustituir a los combustibles fósiles, sino también optimizar los procesos tecnológicos involucrados en su implementación. Entre las soluciones que la energía solar propone frente a la problemática de los residuos de baterías se encuentran:

- La reducción de la dependencia de almacenamiento mediante sistemas híbridos con conexión a red;
- El desarrollo de tecnologías de almacenamiento más sostenibles, como baterías de flujo o de estado sólido;
- El fomento del reciclaje desde la industria solar, incorporando criterios de ciclo de vida desde el diseño;
- Y, por último, la conciencia y la educación ambiental como pilares para un uso responsable y una correcta disposición de residuos.

Si bien los sistemas fotovoltaicos representan una alternativa viable frente a los combustibles fósiles, es necesario reconocer que estos sistemas no están exentos de generar impactos negativos, especialmente en lo que respecta a la gestión de residuos derivados de baterías. La disposición inadecuada de baterías —como su abandono en vertederos o su incineración— libera compuestos tóxicos que afectan tanto a la salud humana como al equilibrio ambiental, lo que ha generado una preocupación entre los sectores ambientalistas quienes han criticado el efecto boomerang de estas tecnologías; es decir, el beneficio ambiental de, por ejemplo, las baterías de litio frente a baterías de cromo o mercurio, se ve disminuido por su huella ecológica al final de su ciclo de vida.

Aunque la industria ha respondido con acciones como el rediseño de baterías, la sustitución de materiales tóxicos y la extensión de la vida útil, el reciclaje de baterías de litio se presenta como la solución más efectiva y sostenible (Battery Depot, 2023). La recuperación industrial de estos dispositivos permite extraer metales estratégicos y disminuir la presión sobre los ecosistemas causada por la extracción primaria.

En este sentido, en el contexto de la transición energética hacia fuentes más limpias y sostenibles, los sistemas fotovoltaicos desempeñan un papel fundamental. Al aprovechar la energía solar, una fuente inagotable y no contaminante, estos sistemas permiten reducir significativamente la dependencia de los combustibles fósiles y, por ende, las emisiones de gases de efecto invernadero. Su implementación contribuye al desarrollo de comunidades más resilientes y a la mitigación del cambio climático, posicionándose como una herramienta clave en la construcción de un modelo energético sustentable.

Reciclaje de baterías de litio

El reciclaje de baterías de litio constituye una medida urgente para afrontar los retos ambientales del presente. Al recuperar elementos como el cobalto, el litio y el níquel, se reduce la necesidad de explotar recursos naturales no renovables y se disminuyen las emisiones contaminantes. Además, un reciclaje adecuado evita que compuestos tóxicos contaminen suelos, aguas y aire, protegiendo así la salud pública (Battery Depot, 2023).

Este trabajo surge como respuesta a la creciente generación de residuos electrónicos y a la limitada cultura de reciclaje en el país. El desarrollo de tecnologías limpias en el sector automotriz y energético, ha aumentado significativamente el volumen de baterías desechadas. Este fenómeno plantea tanto un desafío ambiental como una oportunidad para el desarrollo de nuevas industrias verdes.

Contexto nacional

En México, el avance en energía solar ha sido considerable en la última década, pero la infraestructura para el manejo y reciclaje de baterías aún se encuentra en una etapa incipiente. En este sentido, es importante asomarse a las normativas existentes.

Tanto la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como la NOM-052, establecen los lineamientos generales para el manejo de los residuos peligrosos en nuestro país, elementos fundamentales para comprender la gestión del destino final de las baterías al terminar su ciclo de vida; pese a que estas leyes enmarcan las normatividades generales, en realidad no existe una regulación específica para el reciclaje de baterías fotovoltaicas (Cuaya, 2024), por lo que se requiere mayor investigación en esta esfera.

Antecedentes del reciclaje de baterías en México

Actualmente, en México existen esfuerzos limitados pero relevantes en cuanto al reciclaje de baterías. Estos esfuerzos se centran en la gestión de estos residuos a través de centros de recolección en puntos específicos, tiendas de autoservicio y establecimientos especializados. Asimismo, se han estudiado aquellos procesos técnicos de recuperación de metales como plomo y litio mediante técnicas hidrometalúrgicas (Castro y Díaz, 2004)

Pese a que estas experiencias y estos estudios constituyen una base valiosa, la Investigación y Desarrollo (IyD) sobre el tema es escasa, por lo que consideramos que el estudio de las técnicas de

recuperación de estos materiales, así como la inserción de una lógica de economía circular en los materiales que la componen, son fundamentales para proponer alternativas adecuadas en comparación al modelo existente, el cual se basa en una economía lineal de consumo-descarte.

Baterías de litio de ciclo profundo en el contexto de la sostenibilidad energética

Las baterías de litio de ciclo profundo representan una solución avanzada para el almacenamiento energético en contextos donde se requiere una descarga y recarga frecuente y profunda. A diferencia de las baterías convencionales, estas pueden descargarse hasta niveles bajos de carga sin comprometer significativamente su integridad estructural ni funcional, lo que las convierte en una tecnología clave en el avance hacia sistemas energéticos más resilientes y sostenibles (RedPower, 2023).

Estas baterías están especialmente diseñadas para aplicaciones que demandan un uso continuo e intensivo de energía (Battery Depot, 2023). Entre sus principales usos se destacan:

- Sistemas de energía renovable: Su integración en instalaciones solares o eólicas permite almacenar energía para su uso posterior, reduciendo la dependencia de fuentes fósiles y aumentando la autonomía energética.
- Vehículos eléctricos: Proporcionan un rendimiento sostenido y prolongado, siendo fundamentales en la transición hacia una movilidad eléctrica de baja emisión.
- Almacenamiento a gran escala: Son utilizadas en sistemas de respaldo energético y en infraestructuras críticas, asegurando el suministro incluso en contextos de inestabilidad.
- Aplicaciones marinas y recreativas: Se emplean en embarcaciones y casas rodantes, donde la intermitencia energética requiere soluciones robustas y confiables.

Desde una perspectiva ambiental, estas baterías ofrecen ventajas significativas en comparación con tecnologías más obsoletas, como las de plomo-ácido. Su mayor densidad energética, menor peso, mayor durabilidad y eficiencia las posicionan como una opción preferente en la transición energética.

Composición estructural y funcionamiento electroquímico

La arquitectura interna de las baterías de litio de ciclo profundo incorpora una combinación de materiales y sistemas de gestión que garantizan su funcionamiento seguro y prolongado (Imagen 1). Sus componentes principales incluyen:

- Celdas de iones de litio, las cuales constituyen el núcleo de la batería. Están compuestas por materiales como óxidos metálicos (por ejemplo, óxido de litio con cobalto, manganeso o níquel), que actúan como electrodos activos.
- Electrolito, el cual funge como medio conductor que facilita el transporte de iones de litio entre el ánodo y el cátodo durante los procesos de carga y descarga. Puede presentarse en forma líquida o, en versiones más modernas, como electrolito sólido.
- Separadores, los cuales son membranas porosas que evitan el contacto directo entre ánodo y cátodo, previniendo cortocircuitos sin obstaculizar el paso de los iones.
- La carcasa: estructura externa que resguarda los componentes internos de la batería, aportando integridad mecánica y protección ante condiciones externas.
- Y el sistema de gestión de baterías (BMS): dispositivo electrónico esencial que monitorea parámetros clave como temperatura, voltaje y estado de carga, optimizando el rendimiento y previniendo riesgos como la sobrecarga o el sobrecalentamiento.

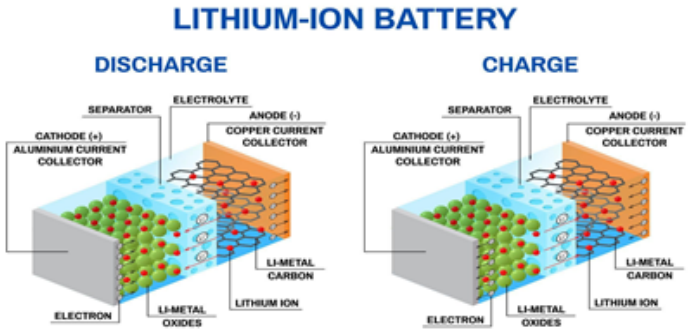

Imagen 1. Composición de baterías de litio

Estos elementos trabajan de forma sinérgica para garantizar un alto desempeño energético, así como seguridad operativa y un ciclo de vida prolongado, elementos esenciales para aplicaciones en sectores críticos y en contextos de sostenibilidad energética.

Esta serie de características han colocado a estas baterías como un elemento primordial para el tránsito de una matriz energética fósil a otra con nuevos materiales, en esencia más sostenibles. Sin embargo, se requiere conocer su composición química y la clasificación a la que se le asocia. Esta clasificación es fundamental, ya que, como veremos más adelante, es la que guía su posible reutilización y/o su reciclaje, ya que esto determina su ciclo de vida.

Clasificación de las baterías de litio según su composición química

La diversidad de aplicaciones y requerimientos técnicos ha dado lugar a distintas variantes de baterías de litio. A continuación, se describen las más relevantes, junto con sus características y principales usos:

• Litio-cobalto ($LiCoO_2$): Comúnmente utilizadas en dispositivos electrónicos portátiles como teléfonos móviles y laptops. Ofrecen una alta densidad energética, pero su estabilidad térmica es limitada, aunado a que el cobalto es un recurso crítico, riesgoso en su manejo, y con alto costo ambiental y social.

• Polímero de litio (LiPo): Su diseño flexible y ligero las hace apropiadas para drones, modelos a escala y ciertos aparatos electrónicos. Aunque son más seguras que las de litio-cobalto, su densidad energética es ligeramente inferior.

• Litio-ferrofosfato ($LiFePO_4$): Caracterizadas por su alta estabilidad térmica, mayor seguridad y durabilidad. Son ampliamente utilizadas en motocicletas eléctricas, sistemas solares y, cada vez más, en automóviles eléctricos.

• Óxido de litio-manganeso ($LiMn_2O_4$): Presentan buena estabilidad a altas temperaturas y bajo riesgo de inflamabilidad. Se emplean en equipos médicos, herramientas eléctricas y bicicletas eléctricas.

• Titaniato de litio ($Li_4Ti_5O_{12}$): Incorporan nanotecnología, permitiendo cargas ultrarrápidas y una vida útil extensa. Su menor densidad energética limita su uso, aunque destacan en sectores como el militar, aeroespacial y el transporte público eléctrico.

Cada tipo de batería trae consigo distintas implicaciones ambientales y potenciales de reciclaje, aspectos que deben ser considerados al evaluar su idoneidad en contextos específicos de transición energética, así como su dinámica electroquímica (Cuaya, 2024).

Dinámica electroquímica: procesos de carga y descarga

El principio de funcionamiento de las baterías de litio se basa en reacciones *redox* que permiten el intercambio reversible de iones de litio entre los electrodos, mediado por el electrolito. Durante este proceso, los átomos de litio presentes en el ánodo (generalmente grafito) se ionizan, liberando electrones.

Estos electrones viajan a través del circuito externo, generando corriente eléctrica, mientras que los iones de litio se desplazan internamente hacia el cátodo, donde son recibidos por compuestos metálicos fuertemente ionizados que actúan como receptores.

Los iones de metales de transición, a diferencia de los iones de litio, no son móviles, y permiten la captación de electrones en el cátodo (ProfiShop Jungheinrich, 2022). En sentido inverso, durante la carga, los iones de litio retornan al ánodo atravesando el separador y se intercalan nuevamente en la estructura de grafito. Este proceso requiere la aplicación de energía externa, lo que eleva su huella ecológica de manera considerable.

La mayoría de las baterías modernas cuentan con circuitos electrónicos que controlan el voltaje y protegen contra sobrecargas, lo cual es esencial para evitar accidentes y preservar la vida útil. Cuando se alcanza la tensión de fin de carga, ésta se mantiene mientras la corriente de carga disminuye (ProfiShop Jungheinrich, 2022).

El conocimiento detallado sobre el funcionamiento, tipos y composición de las baterías de litio de ciclo profundo es crucial no solo para su correcta aplicación en sistemas energéticos renovables, sino también para diseñar estrategias de reciclaje eficientes y responsables.

A medida que estas tecnologías se integran en mayor escala a la vida cotidiana y a la infraestructura energética, se hace imperativo articular soluciones que combinen innovación tecnológica con principios de justicia ambiental, economía circular y reducción del impacto ecológico.

Métodos de reciclaje de baterías de iones de litio: consideraciones técnicas y ambientales

El manejo adecuado de baterías de iones de litio es fundamental en un contexto de transición energética y sostenibilidad ambiental (Radar Energético, 2022). Estas baterías, ampliamente utilizadas en dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos y sistemas fotovoltaicos, contienen materiales altamente reactivos que representan un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan correctamente al final de su vida útil (Battery Depot, 2023).

A raíz de una mayor oferta de dispositivos electrónicos, de sistemas fotovoltaicos y de la electromovilidad, la demanda de estos materiales se ha incrementado exponencialmente, lo que ha supuesto un reto para los gobiernos derivados de la gestión adecuada de estos recursos, así como de las industrias que extraen estos materiales, en una época donde los modelos extractivos están siendo altamente criticados por su huella ecológica y las repercusiones profundas en las comunidades que habitan los territorios de extracción.

Riesgos asociados a la disposición inadecuada

Las baterías de litio nunca deben ser desechadas junto con los residuos domésticos, debido a la naturaleza química del litio, altamente reactivo, especialmente en presencia de agua o en condiciones

de alta temperatura. La ruptura de una batería o una fuga térmica puede generar incendios difíciles de controlar, conocidos como incendios por litio, los cuales no pueden extinguirse con agua convencional.

Además, durante este tipo de incidentes, se pueden liberar gases tóxicos derivados de compuestos de flúor y fósforo presentes en los electrolitos, afectando tanto a personas como a ecosistemas cercanos (ProfiShop Jungheinrich, 2022). Malos manejos de estos materiales pueden, sin embargo, generar grandes incendios, como los ocurridos en Missouri (Verzoni, 2024) y en Corea del Sur (CTIF, 2024), el año pasado, lo que nos habla del rol fundamental del conocimiento sobre estos materiales y sus riesgos asociados.

Uno de estos riesgos se encuentra en su manejo y transportación.

Manejo y transporte de baterías de litio

El transporte de baterías de litio se regula de acuerdo con su capacidad nominal en vatios-hora (Wh), ya que esta determina su nivel de peligrosidad:

Baterías de baja capacidad (<100 Wh): Utilizadas en teléfonos móviles y pequeños dispositivos electrónicos. No se consideran mercancía peligrosa para el transporte terrestre. Antes de su disposición final, se recomienda proteger los polos con cinta adhesiva, almacenarlas en bolsas plásticas individuales y entregarlas en centros de acopio autorizados, distribuidores o fabricantes que gestionen su reciclaje responsable (ProfiShop Jungheinrich, 2022).

Baterías de alta capacidad (>100 Wh): Comunes en sistemas fotovoltaicos y vehículos eléctricos. Estas sí son clasificadas como residuos peligrosos y requieren contenedores específicos, señalización adecuada y cumplimiento de los convenios internacionales sobre el transporte de mercancías peligrosas (ProfiShop Jungheinrich, 2022).

Procesos tecnológicos de reciclaje

Existen diversas técnicas para el reciclaje de baterías de litio, cada una con distintos impactos ambientales, niveles de eficiencia y requerimientos tecnológicos. A continuación, se describen los principales métodos aplicados actualmente:

1. Técnica hidrometalúrgica

Este proceso se basa en el uso de soluciones acuosas para extraer metales valiosos contenidos en las baterías. Inicialmente, las baterías se descargan completamente y se desmontan, separando materiales sólidos como aluminio, cobre y plásticos, de los componentes activos como el litio, cobalto, manganeso o níquel (Cambio Energético, 2023).

Los materiales se trituran para formar gránulos, los cuales se clasifican por tamaño y composición. Los elementos metálicos se tratan con ácidos específicos, dando lugar a un subproducto conocido como "masa negra", rica en compuestos metálicos. Este proceso permite recuperar materiales con alta pureza, reutilizables en la fabricación de nuevas baterías. No obstante, también genera residuos peligrosos como aguas residuales con metales pesados, lodos con plata y plomo, y gases contaminantes que requieren tratamiento adecuado (Radar Energético, 2022).

2. Técnica pirometalúrgica

Este método implica el tratamiento térmico de los materiales mediante la incineración controlada de la masa negra en hornos de alta temperatura. Las fases del proceso incluyen: calcinación, fusión, soplado y refinación pirometalúrgica (Cambio Energético, 2023). Aunque permite la recuperación de

ciertos metales, presenta desventajas significativas como el elevado consumo energético, la emisión de gases tóxicos y la limitada recuperación de metales como el litio o el manganeso, lo que reduce su viabilidad ambiental y económica.

3. Proceso mecanoquímico del Instituto de Tecnología de Karlsruhe (KIT)

Esta innovadora técnica desarrollada por el Instituto de Tecnología de Karlsruhe (KIT) combina procesos mecánicos con reacciones químicas de bajo impacto ambiental. A través del uso de aluminio como agente reductor, es posible recuperar hasta el 70 % del litio presente en las baterías usadas, sin necesidad de utilizar reactivos corrosivos ni aplicar temperaturas elevadas (Cambio Energético, 2023).

El proceso consiste en triturar los residuos de batería, inducir reacciones químicas que transforman el litio en compuestos solubles en agua, y posteriormente recuperarlo por evaporación controlada. Esta metodología representa un avance sustancial hacia procesos de reciclaje más seguros, eficientes y compatibles con los principios de la economía circular.

4. Método integral de la empresa ERDWICH

La empresa ERDWICH propone un enfoque integral y automatizado que incluye descarga eléctrica, trituración mecánica, secado, condensación de gases y procesos de separación física. En la primera fase, se reduce la energía electroquímica residual para evitar reacciones térmicas indeseadas (Erdwich, s.f.).

Posteriormente, los materiales son separados mediante técnicas como el cribado por aire, trituración adicional y tamizado. Los productos obtenidos del proceso incluyen aluminio, plásticos, cobre y masa negra, esta última compuesta por los materiales activos de los electrodos, los cuales pueden reincorporarse a la cadena de producción de nuevas baterías (Imagen 2) (Erdwich, s.f.).

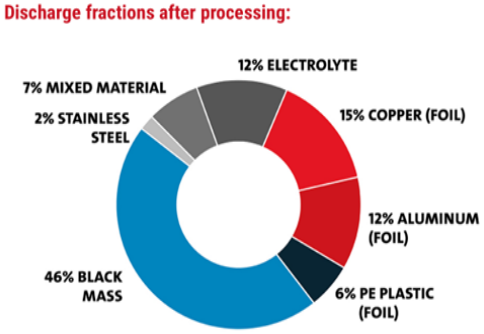

Imagen 2. Porcentajes de materiales recuperados

Conclusiones

La expansión de las energías renovables ha permitido dar pasos significativos hacia un modelo energético más limpio y justo. No obstante, como ha quedado demostrado en este trabajo, la sostenibilidad de dichas tecnologías depende en gran medida de la forma en que se gestionan los residuos que generan, especialmente en lo que respecta al almacenamiento energético. Las baterías de litio, pese a su eficiencia, representan un reto ambiental considerable si no se establecen sistemas adecuados de recuperación, reciclaje y disposición final.

Los métodos de reciclaje analizados muestran que existe un abanico de alternativas tecnológicas viables, cada una con diferentes niveles de complejidad, impacto ambiental y eficiencia. Mientras que la técnica hidrometalúrgica permite una recuperación precisa de metales estratégicos, la pirometalurgia resulta más contaminante y costosa.

Por otro lado, las soluciones emergentes, como el método mecanoquímico desarrollado por el Instituto de Tecnología de Karlsruhe, evidencian que es posible avanzar hacia procesos más sostenibles sin comprometer la eficacia. Asimismo, modelos industriales como los propuestos por ERDWICH demuestran que la automatización y el diseño inteligente de los procesos pueden reducir los riesgos asociados a estos residuos peligrosos.

Desde una perspectiva ambiental-educativa, se destaca la necesidad de fortalecer las políticas públicas, impulsar la investigación aplicada y fomentar la participación activa de la ciudadanía. El problema de las baterías de litio no se soluciona únicamente desde lo técnico, sino desde una comprensión integral de los impactos del consumo energético moderno. Es imperativo promover una cultura ambiental responsable, donde los usuarios sean conscientes de que el uso de tecnologías limpias conlleva también una responsabilidad en el manejo de sus residuos.

En definitiva, el reciclaje de baterías de litio debe ser comprendido no solo como una necesidad técnica, sino como una estrategia clave para el desarrollo sustentable. Educar en torno a este tema, invertir en innovación y legislar de manera clara y efectiva son pasos fundamentales para cerrar el ciclo de vida de estos materiales de manera coherente con los principios de la economía circular y la justicia ambiental.

Referencias

Battery Depot (21 de marzo de 2023). *La importancia de reciclar tus baterías de litio*. Battery Depot. https://batterydepot.com.mx/blog/importancia-reciclar-baterias-litio/

Cambio Energético (15 de agosto de 2023). *Reciclaje de baterías de litio: situación actual y principales retos*. Cambio Energético. https://www.cambioenergetico.com/blog/reciclaje-baterias-litio/

Castro, J. y Díaz, L. (2004). La contaminación por pilas y baterías en México. *Gaceta ecológica* 72. file:///C:/Users/rafae/Downloads/Dialnet-LaContaminacionPorPilasYBateriasEnMexico-2882 551%20(1).pdf

CTIF (27 de enero de 2024). *Inconsciente tras dos respiraciones. Las explosiones por baterías de litio en Corea del Sur causaron 22 muertos por inhalación de humo*. International Association of Fire and Rescue Services. https://ctif.org/es/news/inconsciente-tras-dos-respiraciones-las-explosiones-de-baterias-de-litio-en-corea-del-sur

Cuaya, M. (2 de febrero de 2024). *Empresa busca operar planta de reciclaje de baterías de plomo en Cuautlancingo.* El Sol De Puebla. https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/ empresabusca-operar-planta-de-reciclaje -de-baterias-de-plomoencuautlancingo-11384617.html

Energy Link (16 de junio de 2021). *4 Benefits of Lithium-Ion Batteries*. Energy Link. https://goenergylink.com/blog/4-benefits-of-lithium-ion-batteries/

Erdwich (s/f). *Trituradoras, destructoras y sistemas de reciclaje individuales*. Erdwich Shredding Unlimited. https://www.erdwich.com/es/

ProfiShop Jungheinrich (1 de julio de 2022). *Cómo funciona una batería de litio.* ProfiShop AG & Co. KG. https://www.jungheinrich-profishop.es/es/guia-profi/como-funciona-una-bateria-de-litio/?srsltid=AfmBOor4o_MFq2DJiUQ3Qtz3t8vORg79TOfko3KzYvHz91NydtW2vXl4

Radar Energético (20 de septiembre de 2022). *Las baterías de iones de litio con materiales reciclados son mejores que las nuevas*. Radar Energético. https://www.radarenergetico.com/estudio-las-baterias-de-iones-de-litio-con-materiales-reciclados-son-mejores-que-las-nuevas/

Redway PowerTM (14 de junio de 2024). *Recycling Lithium batteries: A step towards Eco-Friendliness*. Redway PowerTM. https://www.redwaypower.com/es/Reciclar-bater%C3%ADas-de-litio-es un-paso- hacia-el-respeto-al-medio-ambiente. /

Verzoni, A. (1 de noviembre de 2024). *Un incendio en Missouri pone de relieve los peligros únicos del reciclaje de baterías.* Nexo NFPA. https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2024/11/01/ missouri-battery-plant-fire