



Hoja informativa

Logística de recolección y transporte para el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos (VE)

¿Qué problemas logísticos plantea el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos?

El reciclaje de baterías usadas de vehículos eléctricos (VE) exige resolver no sólo los procesos técnicos y económicos de transformación de una batería usada en materiales aptos para su reutilización, sino también los numerosos problemas de recolección, logística y transporte de ese sistema de reciclaje.

La recolección y el transporte de las baterías de los vehículos eléctricos se refiere a cómo coordinar la red más eficiente para reciclar las baterías de los vehículos eléctricos con el fin de minimizar la cantidad de transporte necesario y las emisiones de carbono resultantes. Primero hay que recolectar las baterías de los propietarios de los vehículos y después transportarlas desde el lugar de recolección hasta una instalación donde se desmontan, procesan o ambas cosas. Desafortunadamente, en países como Estados Unidos no existen normas ni protocolos claros para el transporte y la manipulación de las baterías usadas, y mucho menos programas de recolección.

La manipulación de baterías de ion-litio (LIB) se ha vuelto tan exigente que los concesionarios envían en camión un vehículo entero averiado de 1.000 kg por todo EE.UU. para reparar o reciclar la batería de 1.000 kg que contiene.¹ Empresas como Spiers New Technology (SNT) realizan tanto el desmontaje como el reciclaje en las mismas instalaciones. La coordinación de redes eficientes de recolección de baterías es, por tanto, clave para garantizar que las baterías usadas de vehículos eléctricos acaben en una instalación de reciclaje por medios rentables que minimicen los daños al ambiente.

¹ Barber, Gregory and Aarian Marshall. 2021. "Cars Are Going Electric. What Happens to the Used Batteries?" Wired Magazine, November 2, 2021. <https://www.wired.com/story/cars-going-electric-what-happens-used-batteries/>.

¿Por qué son importantes la recolección, el transporte y la logística?

A menudo, los costos de recolección, transporte y logística pueden superar el valor de lo que puede recuperarse de una batería. Por ejemplo, con las baterías de plomo-ácido (LAB), el valor del plomo recuperado paga el transporte, la logística y el reciclaje de la batería. Pero en el caso de las LIB, no hay suficiente níquel, cobalto o litio en una LIB para cubrir esos costos.² Algunos estudios sugieren que los costos de transporte de las baterías usadas de los VE pueden representar alrededor del 40% del costo del reciclado.³ Cuando los costos totales del reciclaje de baterías, incluida su recolección y transporte, exceden el valor que se puede obtener, es posible que se desincentive el tratamiento y/o el reciclaje adecuado de las LIB y, por lo tanto, no llegar a desarrollarse los procesos de reciclaje y recuperación sin incentivos o apoyo gubernamentales adecuados.

La falta de una red coordinada de recolección y transporte puede tener graves implicaciones para la justicia ambiental, especialmente en muchos países del Sur global, donde las baterías de litio al final de su vida útil suelen procesarse en instalaciones de reciclaje no reguladas debido a los elevados costos asociados a un reciclaje y una eliminación adecuados. Este proceso de reciclaje no regulado e informal suele implicar la manipulación manual sin infraestructuras ni medidas de seguridad adecuadas, lo que supone riesgos tanto para la salud de los trabajadores como para el ambiente.⁴ Cuando se manipulan incorrectamente, estas baterías pueden liberar su contenido en el suelo, lo que provoca la contaminación de las aguas subterráneas a través de la infiltración de lixiviados y la escorrentía en aguas superficiales.⁵ El cobre, por ejemplo, plantea riesgos como la bioacumulación, la toxicidad y la transferencia trófica, pudiendo causar daños en el ADN.⁶

El níquel, otro componente de las baterías de ion-litio, se une fuertemente a pequeñas partículas sólidas y puede acumularse en el suelo cuando se libera al ambiente.⁷ Altas concentraciones de níquel pueden ser tóxicas para las plantas, inhibiendo el crecimiento, la fotosíntesis, la germinación de semillas, el transporte de azúcares y causando síntomas como clorosis, necrosis y marchitamiento.⁸ Entre los efectos sobre la salud de la exposición al níquel figuran la fibrosis pulmonar, las enfermedades renales y cardiovasculares y el cáncer de las vías respiratorias.⁹

² The Big Switch. 2024. "The Battery Recycling Dilemma." Center on Global Energy Policy, podcast audio, March 27, 2024, <https://www.energypolicy.columbia.edu/battery-recycling-dilemma>.

³ Slattery, Margaret, Jessica Dunn and Alissa Kendall. 2021. "Transportation of electric vehicle lithium-ion batteries at end-of-life: A literature review." Resources, Conservation and Recycling 174: 105755 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105755>

⁴ Ahirwar, Rajesh and Amit K. Tripathi. 2021. "E-Waste Management: A Review of Recycling Process, Environmental and Occupational Health Hazards, and Potential Solutions." Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 15: 100409. doi:10.1016/j.enmm.2020.100409. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215322020303925>

⁵ Beaudet, Alexandre, François Larouche, Kamyab Amouzegar, Patrick Bouchard, and Karim Zaghib. 2020. "Key Challenges and Opportunities for Recycling Electric Vehicle Battery Materials." Sustainability 12, no. 14: 5837. <https://doi.org/10.3390/su12145837>

⁶ Ameh, Thelma and Christie M. Sayes. 2019. "The Potential Exposure and Hazards of Copper Nanoparticles: A Review." Environmental Toxicology and Pharmacology 71: 103220. doi:10.1016/j.etap.2019.103220. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668919300912>

⁷ Mrozik, Wojciech, Mohammad Ali Rajaeifar, Oliver Heidrich, and Paul Christensen. 2021. "Environmental impacts, pollution sources and pathways of spent lithium-ion batteries." Energy & Environmental Science 14, no. 14: 6099-6121. doi: <https://doi.org/10.1039/DIEE00691F>

⁸ Bhalerao, Satish, Amit Sharma, and Anukhi Poojari. 2015. "Toxicity of Nickel in Plants." International Journal of Pure & Applied Bioscience 3: 345-355. https://www.researchgate.net/publication/304133561_Toxicity_of_Nickel_in_Plants

⁹ Genchi, Giuseppe, Alessia Caracci, Graziantonio Lauria, Maria Stefania Sinicropi, and Alessia Catalano. 2020. "Nickel: Human Health and Environmental Toxicology" International Journal of Environmental Research and Public Health 17, no. 3: 679. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030679>

Retos en la recolección, el transporte y la logística

Costo del transporte a larga distancia

Los costos de transporte y recolección son un obstáculo clave para el reciclaje eficaz en las instalaciones industriales. En China, la mayoría de las instalaciones de reciclaje de LIB están situadas en la zona sureste, y en EE.UU., principalmente en las costas este y oeste, lo que exige el transporte a largas distancias para su reciclaje.¹⁰ Por este motivo, la recolección y el transporte de las baterías usadas suponen casi la mitad del costo del reciclado en EE.UU. El elevado costo logístico es una de las razones por las que algunas empresas de reciclado de baterías aceptan sobre todo chatarra de fabricación, que suele ser material sobrante o defectuoso creado durante la construcción de la batería y, por tanto, relativamente sencillo de transportar.¹¹

¹⁰ Yu, Xiaolu, Weikang Li, Varun Gupta, Hongpeng Gao, Duc Tran, Shatila Sarwar, and Zheng Chen. 2022. "Current Challenges in Efficient Lithium-Ion Batteries' Recycling: A Perspective." *Global Challenges* 6 (12): 2200099. <https://doi.org/10.1002/gch2.202200099>.

¹¹ Leber, Rebecca. 2022. "The end of a battery's life matters as much as its beginning." *Vox News*, October 24, 2022. <https://www.vox.com/the-highlight/23387946/ev-battery-lithium-recycling-us>.

¹² "New Study Confirms Lead Batteries Maintain 99% Recycling Rate | Battery Council International." <https://battery council.org/new-study-confirms-lead-batteries-maintain-remarkable-99-recycling-rate>.

CUADRO DE TEXTO

Lecciones aprendidas de un sistema centralizado de recolección de baterías de plomo-ácido en EE.UU.

Aunque el 99% de las LAB se reciclan en todo el mundo,¹² el reciclaje de baterías de plomo-ácido (LAB) es la industria más contaminante del mundo,¹³ conocida por emitir altas concentraciones de plomo y otros metales pesados que provocan la contaminación del aire, el suelo y el agua. Las plantas de reciclaje de LAB en EE.UU han sido importantes fuentes de contaminación del suelo que contribuyen a la exposición de plomo en las comunidades cercanas y en las zonas circundantes. Además, debido a las indulgentes leyes federales de exportación de residuos, entre el 75 y el 95 por ciento de los residuos usados de las plantas de reciclado de LAB en los EE.UU. no se reciclan. Las LBA de EE.UU. se exportan a México para su reciclaje, donde los costos se externalizan a las comunidades de allí.¹⁴ Aunque su índice de recolección es de casi el 100%, el reciclado de las baterías de plomo-ácido sirve más como una advertencia que como un modelo a seguir en lo que respecta al reciclado de las baterías usadas.

¹³ "Key Facts about Used Lead-Acid Battery Recycling | Reuters." <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/key-facts-about-used-lead-acid-battery-recycling-2021-04-20>.

¹⁴ Gottesfeld, Perry, Sofia C. Chavez Arce, and Luis Macias Raya. "Hazardous Exports Contribute to Soil Contamination at Lead Battery Recycling Plants in Mexico." Occupational Knowledge International. <https://www.okinternational.org/improved-lead-battery-recycling>.

Residuos peligrosos

En la mayoría de los estados, las baterías de los VE se clasifican como residuos peligrosos porque presentan riesgo de incendio cuando se desmontan de forma inadecuada. Por ello, existen normas más estrictas de embalaje y capacidad para transportarlas por todo el país. Con pocas plantas abiertas en EE.UU., el Departamento de Energía calcula que una LIB tiene que recorrer unos 80 kilómetros para su desmontaje, y luego otros 1.000 kilómetros hasta una fábrica para su procesamiento.¹⁵

Sistema centralizado de recolección y devolución

Llevar todas las baterías usadas de VE a una instalación de reciclaje no será una tarea fácil. En general, la mayoría de los países carecen de un sistema centralizado para organizar y coordinar la recolección de baterías usadas para su reciclaje, reutilización y remanufactura. Por tanto, gran parte de este trabajo se deja en manos del sector privado, motivado principalmente por los beneficios económicos más que por cuestiones de sostenibilidad.

En China, las baterías usadas de los VE suelen recogerse y transportarse directamente a las instalaciones de reciclaje, que suelen estar alejadas del centro de recolección.⁶ Como resultado, la tasa de reciclado de baterías usadas de VE fue sólo del 7,4%. Además, la mayor parte de las baterías usadas de vehículos eléctricos son gestionadas por pequeños talleres de reciclaje no oficiales que operan al margen de la lista blanca de 156 empresas clave del sector emitida por el gobierno, empresas que han superado rigurosas evaluaciones que abarcan tanto las operaciones como las normas ambientales y tecnológicas.¹⁷ A menudo, estos recicladores informales pueden ofrecer un precio más alto por las baterías al evitar muchos de los costos derivados del cumplimiento de estas normas. Como resultado, muchas baterías acaban en redes de reciclaje informales con poca información sobre su destino final.

Una iniciativa emergente son las asociaciones privadas, como la anunciada por el fabricante mundial de baterías BASF, el fabricante de almacenamiento de energía de grafeno Nanotech Energy, la empresa de reciclaje de baterías de litio American Battery Technology Company (ABTC) y TODA Advanced Materials, que colaborarán para crear un sistema nacional de circuito cerrado para las baterías de litio de los vehículos eléctricos.¹⁸ Sin embargo, asociaciones privadas como éstas no bastan para resolver las numerosas cuestiones logísticas y económicas que plantea el sistema general de recolección y transporte.

15 Slattery, Margaret, Jessica Dunn, and Alissa Kendall. 2021. "Transportation of Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries at End-of-Life: A Literature Review." Resources, Conservation and Recycling 174 (November):105755. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105755>.

16 Sohu House. 2019. "GGII : 2018年国内锂电池理论报废量24.1万." Last modified March 15, 2024. https://www.sohu.com/a/301409986_120044724.

17 Bloomberg News. 2023. "Electric Cars With Recycled Batteries Are the Next Green Holy Grail." Bloomberg News, December 20, 2023. <https://www.bloomberg.com/news/features/2023-12-20/recycling-spent-batteries-is-china-s-next-big-electric-car-challenge>.

18 Lewis, Michelle. 2023. "In a US first, new EV battery cells will be made with recycled metals." Elektrek, September 11, 2023. <https://electrek.co/2023/09/11/ev-battery-recycled-metals-us-bASF>.

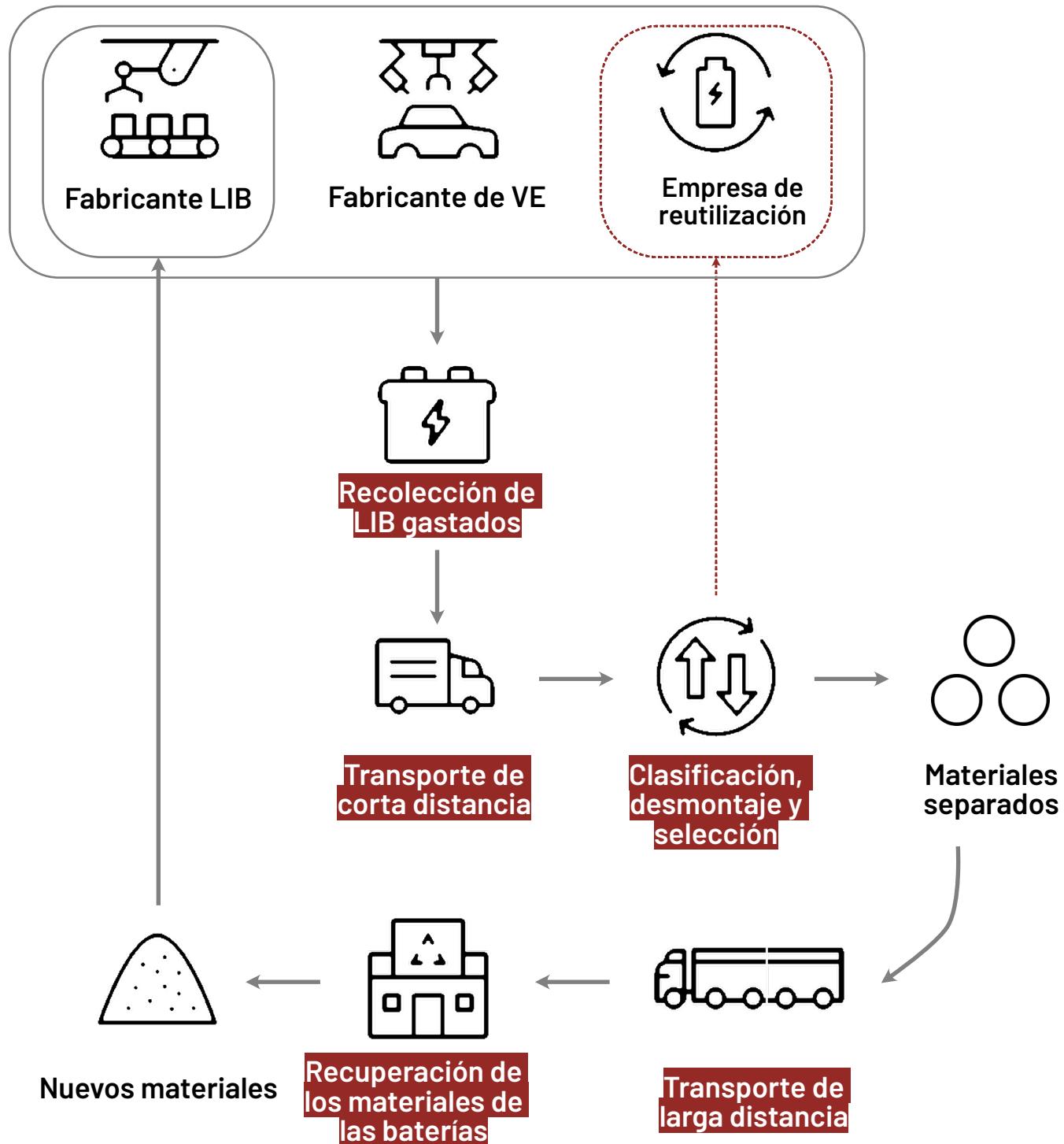
Falta de política y regulación

La mayoría de los países aún tienen que coordinar la red más eficiente de recolección y reciclaje para minimizar la cantidad de transporte necesario y las emisiones de carbono resultantes. Esto suele deberse a la falta de políticas y de una regulación gubernamental sólida.

La falta de normas federales de reciclado y de coordinación entre fabricantes y empresas de reciclado en Estados Unidos ha resultado costosa. Según un modelo económico elaborado por el Laboratorio Nacional Argonne del Departamento de Energía, el reciclado de baterías de litio en EE.UU. es mucho más caro por hora que en China: 50 dólares en EE.UU. frente a 7,50 dólares en China.¹⁹ Estos problemas serán aún más acuciantes si se tiene en cuenta que, a lo largo de la próxima década, empezarán a llegar baterías de vehículos eléctricos usados de todas partes.

¹⁹ Dunn, Jessica, Alissa Kendall, and Margaret Slattery. 2022. "Electric Vehicle Lithium-Ion Battery Recycled Content Standards for the US – Targets, Costs, and Environmental Impacts." *Resources, Conservation and Recycling* 185: 106488. doi:10.1016/j.resconrec.2022.106488. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922003317>.

FIGURA: Flujo de reciclaje de baterías de VE



© Ilustración basada en [Wenhao et al. \(2022\)](#)

Recomendaciones

Los gobiernos pueden ayudar a coordinar una ubicación estratégica de las instalaciones que minimice las distancias de transporte, reduciendo así los costos y las emisiones. Esto implica trabajar con las empresas a lo largo de la cadena de suministro, desde la fabricación de las baterías hasta su reciclaje, para planificar instalaciones de desmantelamiento más descentralizadas. De este modo, podrían resolverse los problemas de seguridad que plantea el transporte de residuos peligrosos en forma de masa negra en lugar de baterías usadas de VE, aunque ambas sigan siendo peligrosas.²⁰ Además, las baterías deben transportarse a una instalación que genere el menor impacto ambiental y el máximo beneficio social. Cada instalación debería estar autorizada a aceptar todas las baterías usadas de VE producidas por cualquier fabricante de baterías.

Los fabricantes de baterías también pueden proporcionar acceso a información precisa sobre el estado de salud de la batería en forma de [pasaporte de batería](#), además de etiquetar adecuadamente las LIB según su contenido material para facilitar el proceso de desmontaje y clasificación y garantizar que las baterías se envían a la instalación adecuada en una fase temprana de la cadena de custodia. Todo ello contribuirá a garantizar que las baterías usadas de los vehículos eléctricos se eliminan adecuadamente por los medios más eficientes posibles, reduciendo las emisiones necesarias para su transporte.

En países como China, el gobierno puede ayudar a promover el mercado formal del reciclaje proporcionando subvenciones a los residentes en función del precio de recogida, compensando la diferencia entre los precios de oferta de los canales formales e informales. De este modo, más baterías pueden acabar en manos de recicladores que ya han superado rigurosas evaluaciones que abarcan tanto las operaciones como las normas ambientales y tecnológicas.

Agradecimientos

- Author(s): Erica Jung
- Redactores: Lien De Brouckere, Erica Jung y Doun Moon
- Diseño: Doun Moon
- Evaluador(es): Claire Arkin, Jefferson Chua y Sheila Davis

Consulte la serie de hojas informativas sobre baterías de GAIA en: www.no-burn.org/batteries.

20 A powder containing valuable battery metals such as lithium, nickel, and cobalt sourced from shredded EV batteries.