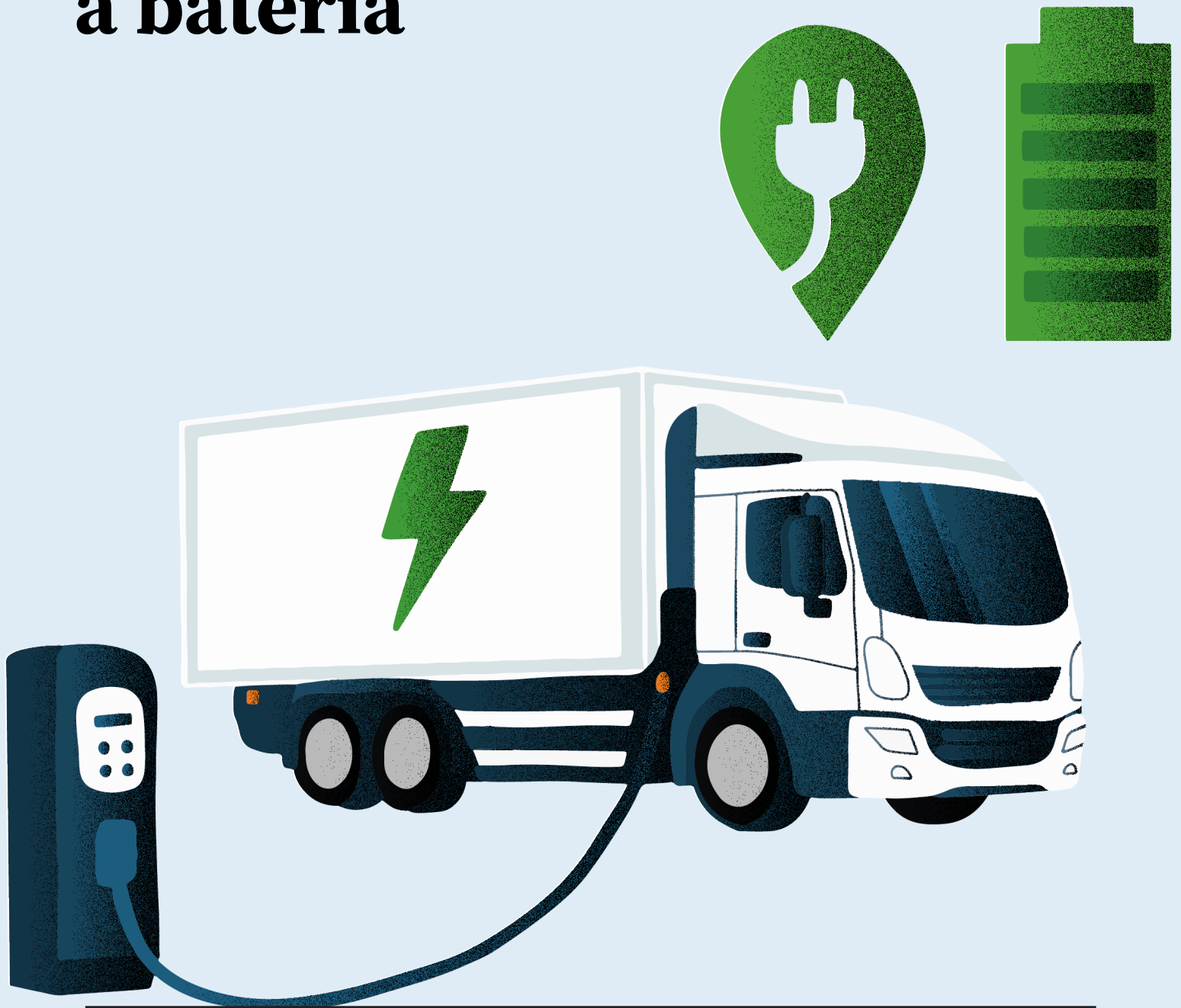


Conceptos básicos para la gestión de flotas de vehículos eléctricos a batería



Basic concepts for managing battery-electric vehicle fleets

Por: Edgar Sandoval-García,
Omar Barragán Pérez,
Lorenzo A. Cruz Santiago

Tecnológico Nacional de México/TES de Cuautitlán Izcalli
edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx,
omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx, lorenzo.cs@cuautitlan.tecnm.mx

RESUMEN

Ante el compromiso internacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, México se ha suscrito a la transición hacia la movilidad eléctrica. La electrificación del transporte de carga representa una de las transformaciones más disruptivas del sector logístico en la actualidad. Este documento ofrece una visión integral sobre la gestión de flotas con vehículos eléctricos a batería, analizando los principales desafíos y oportunidades asociados a su implementación. La ejecución de la movilidad eléctrica requiere una estrategia bien planificada, considerando factores como infraestructura de carga, autonomía, costos operativos y mantenimiento.

Palabras clave: *gestión, flotas, movilidad eléctrica.*

ABSTRACT

In response to the international commitment to reduce greenhouse gas emissions, Mexico has signed up to the transition to electric mobility. The electrification of freight transportation stands for one of the most disruptive transformations in the logistics sector today. This document offers a comprehensive overview of fleet management with battery-electric vehicles, analyzing the main challenges and opportunities associated with their implementation. The implementation of electric mobility requires a well-planned strategy, considering factors such as charging infrastructure, range, operating costs, and maintenance.

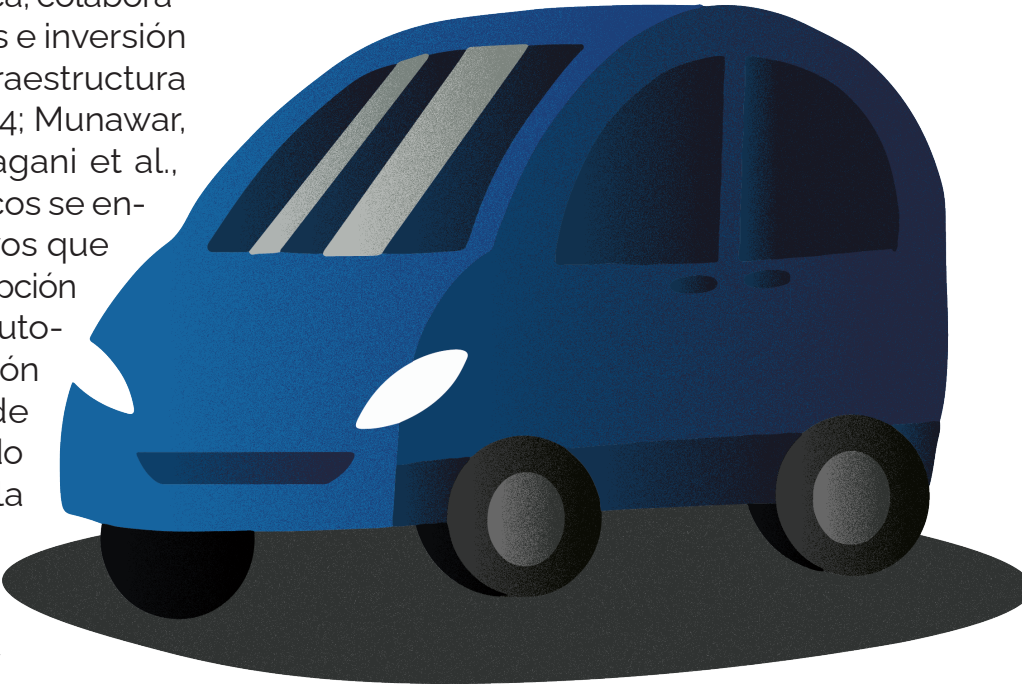
Keywords: *management, fleets, electric mobility.*

INTRODUCCIÓN

Durante la pasada Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26) celebrada en Glasgow, Escocia, Reino Unido en 2021, cerca de 200 países acordaron la reducción del carbón como fuente de energía y la eliminación gradual de los subsidios a los combustibles fósiles. Más de 30 países, entre ellos México, incluyeron compromisos específicos sobre vehículos eléctricos, con la finalidad de acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Uno de los puntos clave es la iniciativa para lograr que los vehículos sean accesibles, asequibles y sostenibles en todas las regiones entre el 2030 y el 2040 (Naciones Unidas, 2025).

La transición a vehículos eléctricos (VE) en las operaciones logísticas ofrece importantes beneficios ambientales y operativos. Realizar la transición de las flotas requiere de una planificación estratégica, colaboración de las partes interesadas e inversión continua en tecnología e infraestructura (Chaudhary, 2025; Tiwari, 2024; Munawar, 2024; Schiffer et al., 2020; Jagani et al., 2024). Los operadores logísticos se enfrentan a desafíos significativos que deben abordarse para una adopción exitosa. En la actualidad, la autonomía limitada, la alta inversión inicial y la infraestructura de carga insuficiente siguen siendo importantes barreras para la adopción generalizada de vehículos eléctricos en la logística (Chaudhary, 2025; Tiwari, 2024; Mohammed y

Villegas, 2023; Munawar, 2024; Ferreira y Esperança, 2025; Oliveri et al., 2023; Schiffer et al., 2020). Así mismo, la incertidumbre en las regulaciones, la falta de información confiable y los problemas de reparto de riesgos entre los actores de la cadena de suministro ralentizan la adopción de vehículos eléctricos (Gillström, 2024; Melander y Nyquist-Magnusson, 2022). No obstante, muchos gobiernos ya incentivan la adopción de vehículos eléctricos a través de créditos fiscales, subsidios y regulaciones de emisiones, lo que facilita la transición y ofrece beneficios financieros (Chaudhary, 2025; Mohammed y Villegas, 2023; Munawar, 2024; Zaino et al., 2024). Los vehículos eléctricos son muy adecuados para las entregas de última milla y urbanas, donde los requisitos de autonomía son menores y las regulaciones de emisiones son más estrictas (Munawar, 2024; Tiwari, 2024). Una integración exitosa de VE requiere de nuevas estrategias de ruteo, programación y gestión de flotas para tener en cuenta



el alcance, las necesidades de carga y las flotas mixtas (vehículos eléctricos y vehículos convencionales) (Juan et al., 2016; Schiffer et al., 2020; Anosike et al., 2021; Kin et al., 2021).

La electrificación del transporte de carga representa una de las transformaciones más disruptivas del sector logístico en la actualidad. Este documento ofrece una visión integral sobre la gestión de flotas con vehículos eléctricos de batería (VEB), analizando los principales desafíos y oportunidades asociados a su implementación. Desde los costos operativos y la infraestructura de carga, hasta las implicaciones tecnológicas, ambientales y estratégicas, se aborda el papel de los VEB como eje clave en la transición hacia una movilidad más limpia, eficiente y competitiva. La información de este documento va dirigida, principalmente, a usuarios encargados de la gestión de flotas y profesionales del sector logístico, con la finalidad de facilitar la adopción de soluciones eléctricas para un transporte de carga sostenible.



METODOLOGÍA

Esta propuesta se basa en una investigación documental exploratoria, con la finalidad de obtener una comprensión general sobre el tema y orientar investigaciones futuras. Se parte de un proceso de revisión de diferentes fuentes, como artículos e informes de instituciones y organismos especializados, posteriormente se procede a la recopilación y análisis de la información.

DESARROLLO

La movilidad eléctrica representa uno de los pilares de la transición energética global. En este contexto, los VEB emergen como una solución viable para el transporte de carga por carretera al funcionar exclusivamente con electricidad almacenada en baterías, ofreciendo una operación silenciosa, eficiente y libre de emisiones.



COSTOS: ¿INVERSIÓN O GASTO?

Los VEB presentan un costo inicial más alto, pero este se compensa con menores gastos operativos y de mantenimiento al tener menos partes móviles. La electricidad es más económica que los combustibles fósiles, y el tren motriz eléctrico requiere menos intervenciones técnicas. La incertidumbre sobre el valor de reventa es aún una barrera, pero se espera que esto se estabilice con la expansión del mercado y avances en reciclaje de baterías. Los avances tecnológicos están reduciendo la ansiedad por la autonomía. Actualmente, los VEB ofrecen intervalos de entre 160 y más de 480 km por carga, lo cual es suficiente para gran parte de las rutas logísticas urbanas y regionales. Además, el frenado regenerativo mejora la eficiencia energética, ya que es una tecnología que permite que los vehículos eléctricos e híbridos recuperen parte de la energía que normalmente se pierde durante el frenado. La vida útil de las baterías ronda entre 12 y 15 años, respaldada por garantías de fabricantes de hasta 8 años o 160,000 km (AFDC, 2025a).

TIPOS DE VEHÍCULOS.

La movilidad eléctrica incluye automóviles livianos, de servicio mediano y pesado, dispositivos de micro movilidad eléctrica y vehículos masivos de transporte público. Algunos vehículos eléctricos funcionan únicamente con baterías (VEB), mientras que otros son modelos híbridos enchufables (VEHE) con motor eléctrico y motor de combustión interna. Los VEB, también conocidos como vehículos totalmente eléctricos, funcionan únicamente con electricidad y se recargan desde una fuente de energía externa. Son propulsados por uno o más motores eléctricos alimentados por baterías recargables (fig. 1). Casi todos los VEB pueden viajar al menos 160 kilómetros con la batería totalmente cargada, y muchos vehículos nuevos disponibles en el mercado ofrecen una autonomía totalmente eléctrica de 320 a 482 kilómetros o más (U.S. DOT, 2023a). Los VEHE también utilizan baterías para alimentar un motor eléctrico y pueden recargarse desde una fuente de energía externa, pero incorporan un motor de combustión interna más pequeño que puede recargar la batería (o, en algunos modelos, alimentar directamente el tren motriz) para permitir autonomías de conducción más largas.

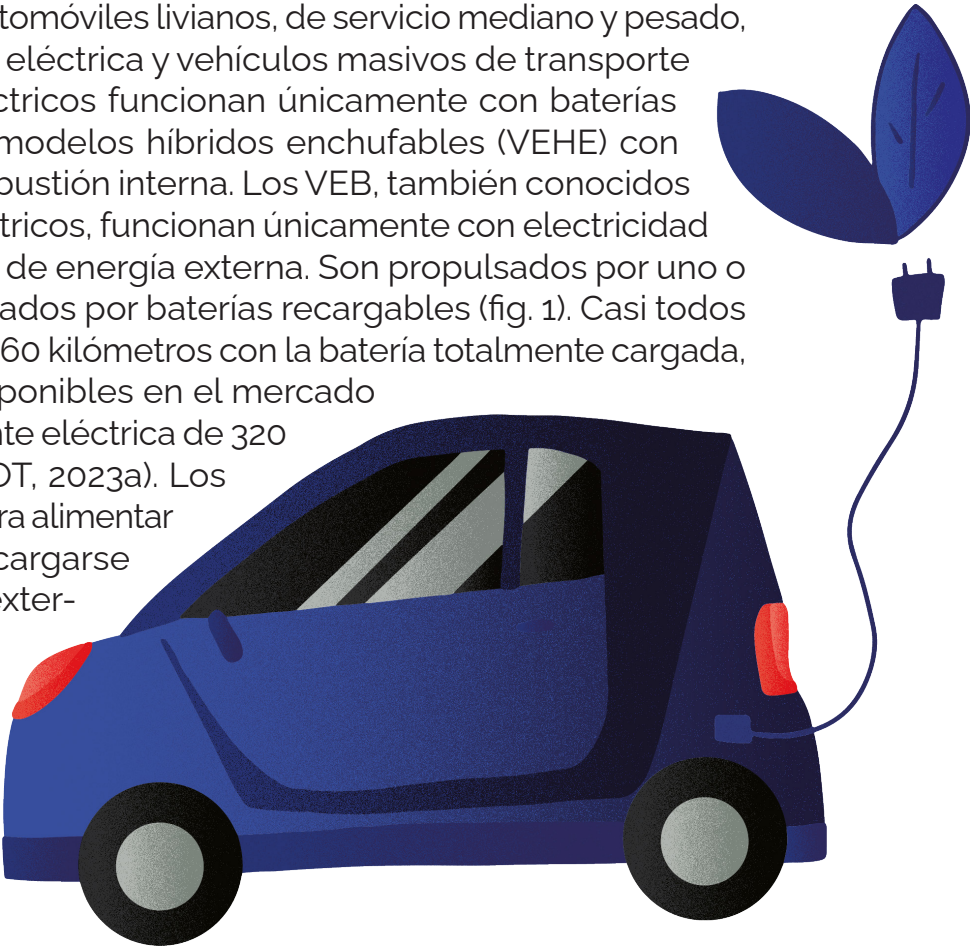
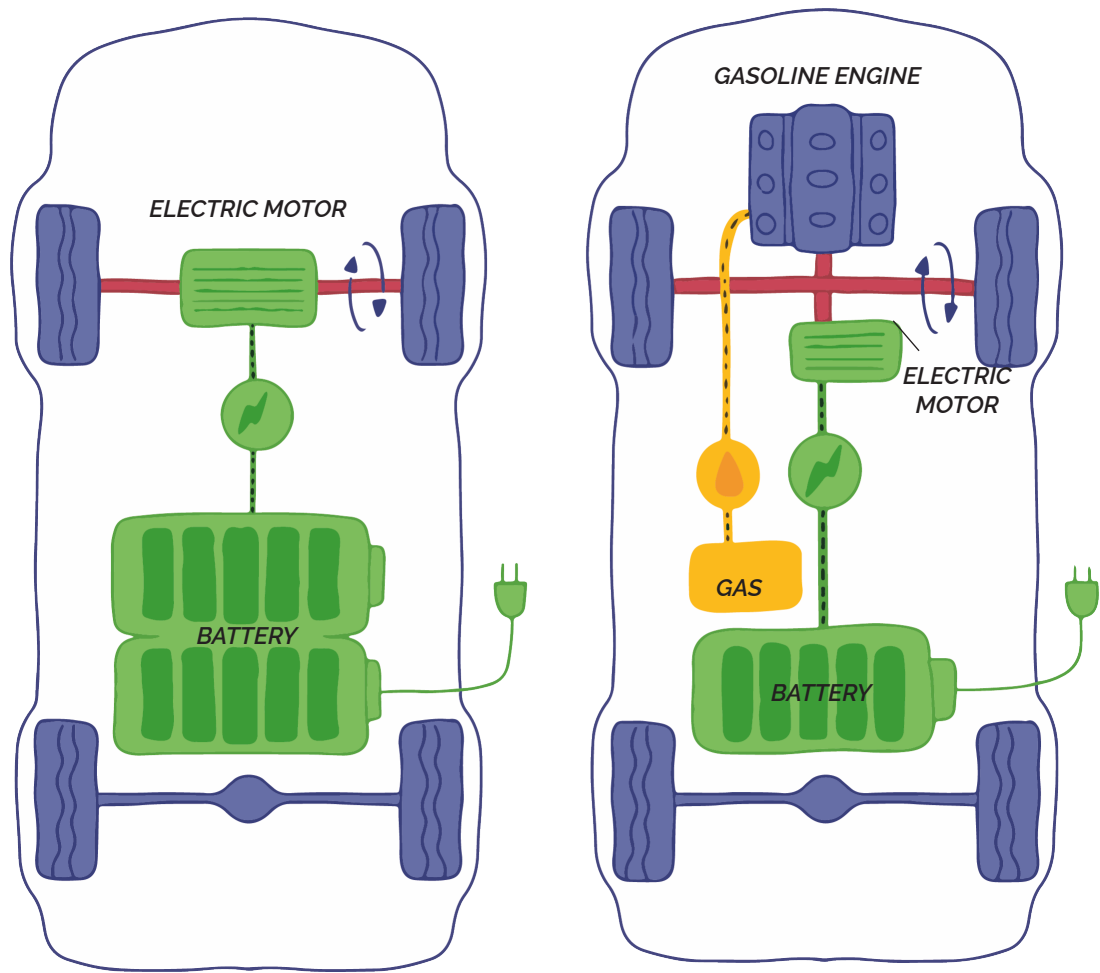


Figura 1

Los VEB (izquierda) y los VEHE (derecha) se pueden recargar desde fuentes externas/internas.



Fuente: U.S. DOT (2023a). Vehicle Types. U.S. Department of Transportation. <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/vehicle-types>

Los VEHE generalmente pueden recorrer distancias moderadas en “modo eléctrico” usando solo la batería, generalmente de 32 a 80 kilómetros en los modelos actuales. Esto reduce significativamente el uso de gasolina y las emisiones en condiciones de conducción típicas, ya que la mayoría de los viajes son cortos (fig. 2). Los VEHE utilizan entre 14% y 47% menos combustible que los vehículos convencionales si sus baterías están completamente cargadas. Cuando no hay electricidad disponible, los VEHE pueden funcionar con combustible convencional (U.S. DOE, 2023).

Figura 2

VEHE de servicio pesado

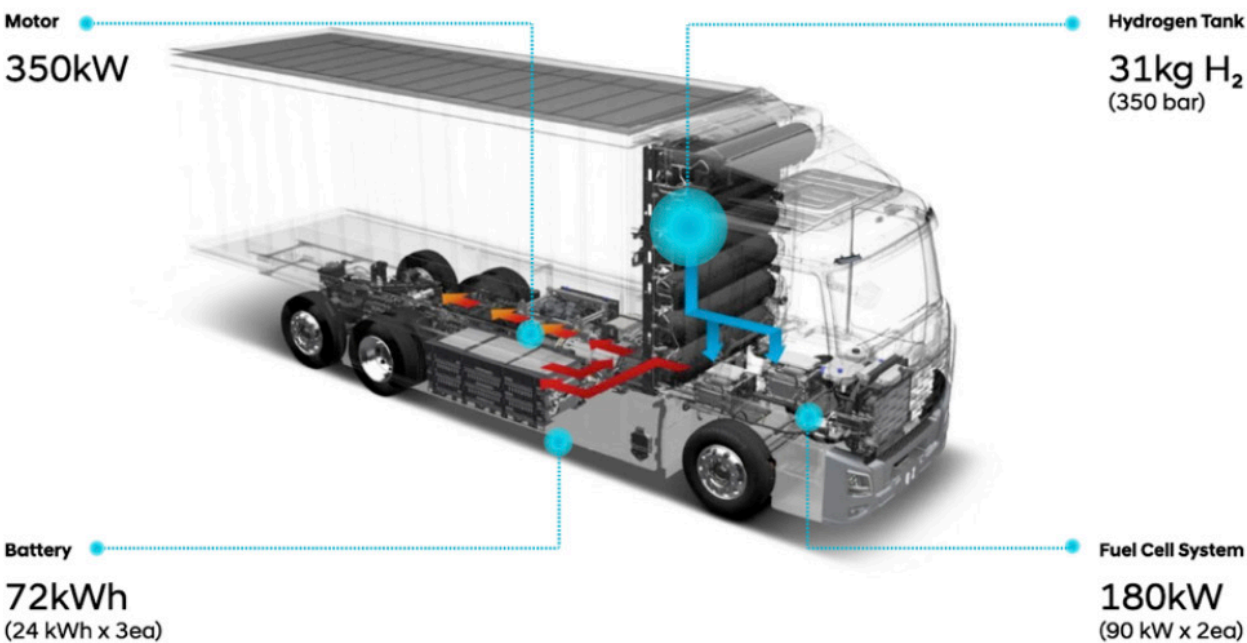


Los vehículos eléctricos de celda de combustible (VECC) utilizan un proceso electroquímico para convertir el hidrógeno en electricidad, que alimenta un motor eléctrico (fig. 3). Los VECC disponibles en el mercado no están diseñados para recargar su batería desde una fuente externa. Estos funcionan con gas hidrógeno comprimido que se almacena en un tanque en el vehículo (Hyundai, 2024).

Fuente: U.S. DOE (2023). Electric Vehicles Basics. U.S. Department of Energy. https://afdc.energy.gov/files/u/publication/electric_vehicles.pdf?4efbe6d174

Figura 3

Xcient, camión a celda de combustible.



Fuente: XCIENT Fuel Cell Truck. <https://ecv.hyundai.com/global/en/products/xcient-fuel-cell-truck-fcev>

BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

La mayoría de los VEB utilizan paquetes de baterías de ion-litio (fig. 4), por su alta densidad energética y eficiencia. Estas se usan en la mayoría de los productos electrónicos de consumo portátiles, como teléfonos móviles y ordenadores portátiles, por su alta energía por unidad de masa y volumen en relación con otros sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. También tienen una alta relación potencia-peso, alta eficiencia energética, buen rendimiento a altas temperaturas, larga vida útil y baja autodescarga. La mayoría de los componentes de las baterías de iones de litio se pueden reciclar, pero el costo de la recuperación del material sigue siendo un desafío para la industria.

Figura 4
Baterías ion Litio



Fuente: AFDC (2025b). <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-batteries>

Destacan variantes como el Litio-Ferro fosfato (LiFePO₄), por su estabilidad térmica y seguridad. También existen baterías de níquel e hidruro metálico (usadas en sistemas híbridos), plomo-ácido (en sistemas auxiliares) y ultra condensadores para picos de energía (por ejemplo, en el frenado regenerativo). Los ultra condensadores pueden proporcionar a los vehículos potencia adicional durante la aceleración y la subida de pendientes y ayudar a recuperar la energía de frenado (AFDC, 2025b).

MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

Debido a que los VEHE y los vehículos híbridos eléctricos (VHE) tienen motores de combustión interna, los requisitos de mantenimiento son similares a los de los vehículos convencionales. Los vehículos totalmente eléctricos suelen requerir menos mantenimiento que los vehículos convencionales dado que la batería, el motor y los componentes electrónicos asociados requieren poco o ningún mantenimiento regular, además de que existen menos piezas móviles en comparación con un motor de combustible convencional (AFDC, 2025a).

Las baterías utilizadas en los VEB tienen un número limitado de ciclos de carga (el número de veces que se puede cargar y descargar la batería). Las baterías suelen estar diseñadas para durar la vida útil prevista del vehículo. Si bien no se dispone de datos completos sobre las fallas de las baterías de los vehículos eléctricos, muchos fabricantes ofrecen garantías de 8 años/160,000 kilómetros para sus baterías (CM Batteries, 2024).

Los vehículos VEB, VEHE y VHE tienen sistemas eléctricos de alto voltaje de entre 400 y 1000 voltios. Sus paquetes de baterías están encerrados en carcasas selladas y cumplen con estándares de prueba que someten a las baterías a condiciones tales como sobrecarga, vibración, temperaturas extremas, cortocircuitos, humedad, fuego, colisiones e inmersión en agua.

INFRAESTRUCTURA DE CARGA A TRAVÉS DE UNA INSTALACIÓN EN SITIO.

La planificación adecuada y la carga gestionada permiten minimizar costos mediante el uso de electricidad fuera de las horas pico. En general, la adopción de los vehículos eléctricos depende de una combinación de factores que incluyen la reducción de costos, la mejora de la tecnología, la expansión de la infraestructura de carga, las regulaciones ambientales y una mayor comprensión de los beneficios y desafíos de esta tecnología.

La expansión de la infraestructura de carga es vital, y existen tres niveles principales (NACFE, 2023):

- **Nivel 1:** Carga lenta (doméstica), ideal para vehículos con poca demanda diaria.
- **Nivel 2:** Carga intermedia, adecuada para flotas que cargan por la noche. Proporciona 208/240 VCA, 80 amperios para proporcionar hasta 19.2 kW de potencia y es suficiente para muchas flotas de camiones comerciales.
- **Carga Rápida de Corriente Continua (CRCC):** Esencial para operaciones intensivas y vehículos pesados. Es una categoría amplia de carga que suministra electricidad de CC, en lugar de CA, eliminando la necesidad de convertir de CA a CC. Permite cargar hasta 350 kW o más.

Al poder agregar 160 kilómetros de autonomía en 20 minutos, los equipos CRCC pueden ser una buena opción para flotas que necesitan cargar entre turnos con tiempos cortos y compartir el equipo de recarga entre varios vehículos. También puede ser una buena opción para la carga nocturna programada a tarifas eléctricas fuera de las horas pico, al igual que la carga de Nivel 2 (fig. 5).

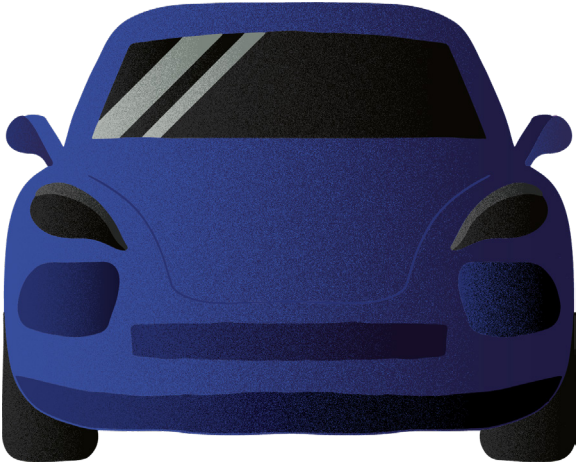
Figura 5

Los cargadores de nivel 2 (izquierda) son comunes en patios de maniobras. Los CRCC (derecha) son comunes como cargadores públicos a lo largo de los corredores de autopistas y pueden cargar un VEB al 80% en menos de una hora.



Fuente: U.S. DOT (2023b). Charger Types and Speeds. U.S. Department of Transportation. <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>

Nuevas tecnologías, como los supercargadores (estaciones de carga rápida de alta potencia para baterías) de 1 MW (Mega watt) de BYD Co. Ltd. Compañía China, permitirán recargas ultra rápidas, facilitando la electrificación de rutas de gran distancia (Mobility Portal, 2025).



SUMINISTRO DE ENERGÍA PARA VEHÍCULOS DE CARGA ELÉCTRICOS.

Suministrar de energía a los VEB de manera económica requiere de un proceso de carga que funcione a la par de la economía de la red eléctrica para minimizar la tarifa máxima que se cobra y optimizar la carga fuera de las horas pico (la hora del día en que se carga). La infraestructura de carga es una combinación de hardware y una gestión rigurosa de la demanda de electricidad. La energía se puede proporcionar de muchas maneras y se puede optimizar según las preferencias operativas y de propiedad de la flota. Se puede proporcionar 1 Megavatio-hora (MWh) de carga a una batería de diferentes maneras. Una carga de 1 MWh puede entregarse mediante 100 kW en 10 horas, 250 kW en 4 horas o 1 MW en 1 hora. En general, cargar a menor potencia es menos costoso tanto para el nivel de infraestructura requerida como para el costo de la electricidad (U.S. DOT, 2023b)

El uso de VEB en flotas es particularmente atractivo para operaciones urbanas, donde la autonomía limitada no representa un problema. Estas unidades pueden cargarse en patios de maniobras durante la noche o entre turnos, y la instalación de infraestructura propia permite mayor control de costos.

Las características de los vehículos comerciales disponibles, así como la disponibilidad y calidad de energía eléctrica, determinarán los niveles de energía y los tipos de cargadores más apropiados para su flota (Tabla 1). Además, cada vehículo tiene un límite superior respecto a la tasa a la que puede aceptar electricidad (tasa máxima de aceptación de carga).

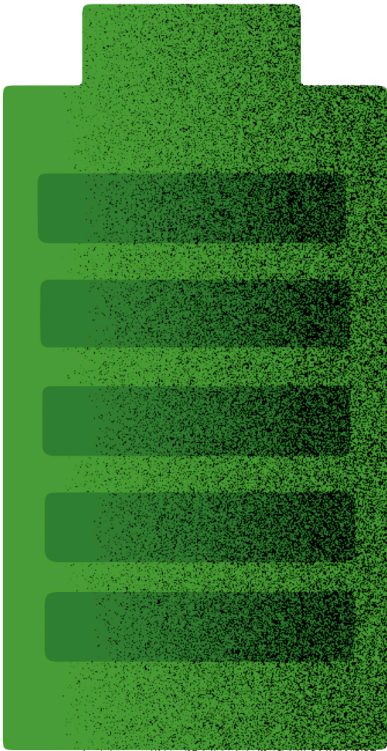
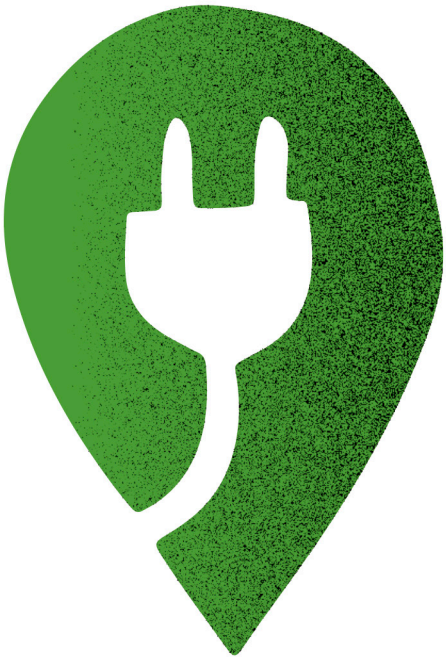
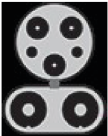


TABLA 1.

Descripción general de los cargadores de vehículos eléctricos: potencia de salida, tipo de enchufe y tiempo de carga para vehículos ligeros.

Parámetro	Nivel 1	Nivel 2	CRCC		
Tipo de conector ¹	Conector J1772	Conector J1772	Conector CCS	Conector CHAdeMO	Conector TESLA
					
Voltaje	120 V AC	208 – 240 V CA	400 – 1000 V CC		
Salida de potencia típica	1 kW	7 – 19 kW	50 – 350 kW		
Tiempo estimado de carga del VEHE desde cero ²	5 - 6 horas	1 – 2 horas	NA		
Tiempo estimado de carga del VEB desde cero ³	40 - 50 horas	4 - 10 horas	20 minutos – 1 hora ⁴		
Autonomía eléctrica estimada por hora de carga	3.2 - 8.1 kilómetros	16.1 – 32.2 kilómetros	289.7 – 386.2 kilómetros		
Ubicaciones típicas	Casa habitación	Casa habitación, oficinas, patios de operaciones, estacionamientos públicos	Patios de operaciones, estacionamientos públicos		

Fuente: Adaptado de U.S. DOT (2023b). Charger Types and Speeds. U.S. Department of Transportation. <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>

1 Los VEB pueden tener diferentes puertos de carga. Para la CRCC, el conector del Sistema de Carga Combinado (CCS) se basa en un estándar internacional abierto y es común en vehículos fabricados en América del Norte y Europa; El conector CHAdeMO es el más común para los vehículos fabricados en Japón. Los vehículos Tesla tienen un conector único que funciona para todas las velocidades de carga, incluidas las estaciones CRCC "Supercharger" de Tesla, mientras que los vehículos que no son Tesla requieren adaptadores en estas estaciones.
2 Suponiendo una batería de 8 kWh; la mayoría de los híbridos enchufables no funcionan con cargadores rápidos.
3 Suponiendo una batería de 60 kWh.
4 Al 80 % de carga. La velocidad de carga disminuye a medida que la batería se acerca al máximo para evitar daños a la batería. Por lo tanto, es más rentable y eficiente en términos de tiempo para los conductores de vehículos eléctricos utilizar la carga rápida de corriente continua (CC) hasta que la batería alcance el 80 por ciento y luego continuar su viaje. Puede llevar tanto tiempo cargar el último 10 por ciento de la batería de un vehículo eléctrico como el primer 90 por ciento.

Las flotas deben seleccionar un conjunto de cargadores que proporcionen la electricidad que se necesita, de manera que se minimice el costo total de operación, incluido el costo de capital para la infraestructura, el costo de la electricidad y cualquier costo asociado de equipos, costos de mantenimiento y reparación.

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA FLOTAS.

Los vehículos VEB pueden satisfacer muchas necesidades de conducción diarias, lo que los convierte en una excelente solución para las flotas de carga. Algunos de los beneficios que ofrecen las flotas de VEB es que pueden producir un par máximo y una aceleración suave desde una parada total, lo que puede resultar especialmente útil al transportar cargas pesadas, también los vehículos eléctricos pueden repostar en instalaciones propias o estaciones públicas, lo que permite que los vehículos se carguen durante la noche y/o durante los tiempos de inactividad, además debido a sus beneficios de alta eficiencia y bajas emisiones, los vehículos VEB pueden ayudar a las organizaciones a cumplir objetivos ambientales (NACFE, 2018).

Así mismo, al gestionar una flota de vehículos eléctricos, sus administradores deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones (AFDC, 2025c):

- Organizar la formación básica de técnicos y conductores.
- Realizar la planificación del sitio para las unidades de carga, las ubicaciones del servicio eléctrico, las posibles necesidades de actualización del servicio y las actualizaciones futuras.
- Determinar cuándo y cómo se cargarán los vehículos (incluido trabajar con las empresas de servicios públicos para comprender el tiempo de uso y los cargos por demanda), así como la carga administrada.
- Explorar incentivos privados o de servicios públicos para la instalación de equipos de recarga o el uso de energía.
- Evaluar proveedores de equipos y considerar necesidades/opciones como carga inteligente, comunicación en la nube, pago a proveedores y, tipo de propiedad y mantenimiento de equipos.
- Coordinar la compra e instalación de unidades de carga con la entrega de los vehículos.

Para vehículos de servicio mediano y pesado, existen consideraciones adicionales, tales como:

- Examinar las cargas auxiliares (por ejemplo, calefacción/refrigeración, luces, toma de fuerza/uso hidráulico) y unidades de energía auxiliar opcionales o unidades de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) alimentadas por diésel u otro combustible.
- Determinar los impactos del aumento del consumo de electricidad, especialmente cuando es necesario cargar varios vehículos simultáneamente a altas tasas de carga.
- Comprender los nuevos esquemas de mantenimiento y soporte del vehículo de parte del proveedor de equipo original.

PARIDAD ENTRE VEHÍCULOS COMERCIALES ELÉCTRICOS A BATERÍA (VCEB) Y DIÉSEL.

La comparación de los vehículos eléctricos respecto a los sistemas de propulsión convencional depende de múltiples factores, plazos y costos/beneficios a considerar. Un estudio liderado por el North America Council for Freight Efficiency (NACFE, 2018), resume estos múltiples factores utilizando la paridad o el punto en el que un VEB es aproximadamente equivalente a un sistema de propulsión diésel. Las dos tablas mostradas a continuación resumen el período de tiempo estimado en el que se alcanza la paridad entre estos dos sistemas de propulsión. La Tabla 2 representa a los vehículos denominados de servicio ligero y mediano.

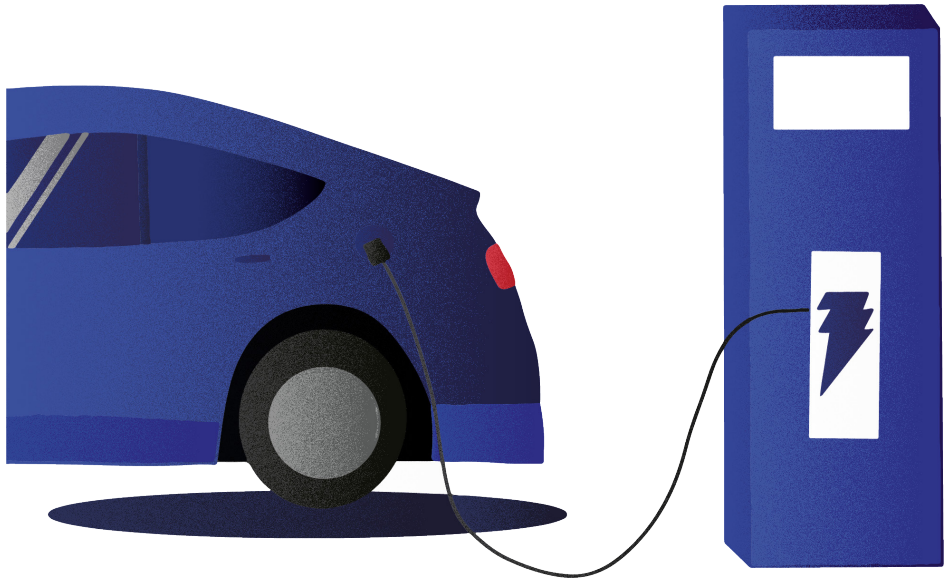


TABLA 2.
Paridad VEB vs. Diésel, servicio ligero y mediano. Clave: Comparación con el diésel de referencia "equivalente".

■ Peor □ Paridad ■ Mejor

		2020	2025	2030	Posterior
Peso	Tara vehicular	Peor	Paridad	Mejor	Mejor
	Peso de carga típico	Paridad	Mejor	Mejor	Mejor
	Máximo peso de cargaw	Peor	Paridad	Mejor	Mejor
Costo	Costo inicial	Peor	Peor	Paridad	Mejor
	Neto después de todos los factores	Peor	Paridad	Mejor	Mejor
	Costos de operación	Mejor	Mejor	Mejor	Mejor
	Valor de reventa	Peor	Peor	Paridad	Mejor
	Valor residual	Paridad	Mejor	Mejor	Mejor
Mantenimiento (dedicación)	Centro de servicio	Peor	Paridad	Mejor	Mejor
	Diagnóstico remoto	Paridad	Mejor	Mejor	Mejor
	Recuperación de averías	Paridad	Mejor	Mejor	Mejor

Vida útil	Vida útil, 10 años	Paridad			
	Vida máxima antes de obsolescencia	Paridad			
Rango de servicio	Rango de uso diario, típico	Paridad			
	Rango de uso diario, máximo			Paridad	
Disponibilidad eléctrica	Patio de abastecimiento	Paridad			
	Reabastecimiento externo				Paridad
	Bomba de combustible	Paridad			
	Tiempo de recarga				
Generalidades	Madurez tecnológica general				Paridad
	Seguridad	Paridad			
	Medioambiente				

Fuente: Adaptado de NACFE (2018).

En la siguiente Tabla 3 se representa la paridad para el segmento de servicio pesado.

TABLA 3.
Paridad VEB vs. Diésel, servicio pesado. Clave: Comparación con el diésel de referencia “equivalente”.

Peor Paridad Mejor

		2020	2025	2030	Posterior
Peso	Tara vehicular			Paridad	
	Peso de carga típico	Paridad			
	Máximo peso de cargaw			Paridad	
Costo	Costo inicial				Paridad
	Neto después de todos los factores		Paridad		
	Costos de operación		Paridad		
	Valor de reventa			Paridad	
	Valor residual			Paridad	
Mantenimiento (dedicación)	Centro de servicio			Paridad	
	Diagnóstico remoto	Paridad			
	Recuperación de averías			Paridad	

Vida útil	Vida útil, 10 años		Paridad		
	Vida máxima antes de obsolescencia				Paridad
Rango de servicio	Rango de uso diario, típico		Paridad		
	Rango de uso diario, máximo			Paridad	
Disponibilidad eléctrica	Patio de abastecimiento		Paridad		
	Reabastecimiento externo				Paridad
	Bomba de combustible		Paridad		
	Tiempo de recarga				
Generalidades	Madurez tecnológica general				Paridad
	Seguridad		Paridad		
	Medioambiente		Paridad		

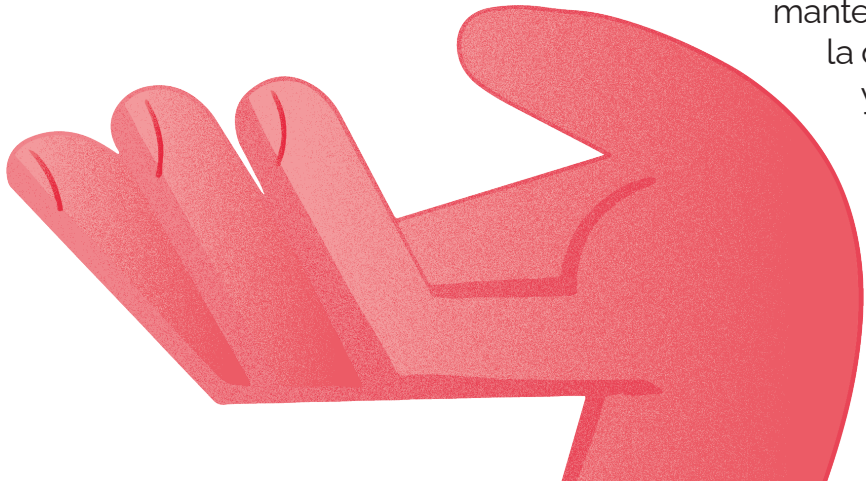
Fuente: Adaptado de NACFE (2018).

VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS A BATERÍA.

Los vehículos eléctricos suelen producir menos emisiones durante su ciclo de vida que los vehículos convencionales. Las emisiones del ciclo de vida consideran tanto las emisiones generadas durante la producción del combustible o electricidad, así como durante la fabricación del propio vehículo. Las emisiones del ciclo de vida de un vehículo eléctrico dependen en gran medida de cómo se genera la electricidad y del uso que se le dé. Los VEB y los VEHE producen entre un tercio y la mitad de las emisiones de los vehículos convencionales, respectivamente, considerando partículas contaminantes del aire y los gases de efecto invernadero. La generación eléctrica proveniente de fuentes de energía renovable tendría mayores beneficios en materia de reducción de emisiones (U.S. DOE, 2023).

CONCLUSIONES

La gestión eficiente de flotas con VEB no es solo una apuesta tecnológica, sino un paso estratégico hacia la sostenibilidad, la eficiencia operativa y la competitividad. Las organizaciones que lideren esta transición no solo reducirán sus emisiones, sino que también se posicionarán como pioneras en una nueva era de logística inteligente. Los VEB y los VEHE representan una evolución clave en el transporte de carga por carretera, ofreciendo una alternativa más eficiente y sostenible en comparación con los motores de combustión interna. Su implementación requiere una estrategia bien planificada, considerando factores como infraestructura de carga, autonomía, costos operativos y mantenimiento. Si bien estos vehículos reducen emisiones, mejoran la eficiencia energética y disminuyen los costos de mantenimiento, aún enfrentan desafíos como la disponibilidad de estaciones de carga y el alto costo inicial. Sin embargo, con el desarrollo continuo de baterías de mayor capacidad y la expansión de la infraestructura de carga, los VEB y VEHE están posicionándose como una solución viable para la industria del transporte.



REFERENCIAS

AFDC (2025a). *Maintenance and Safety of Electric Vehicles*. Alternative Fuels Data Center. The Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-maintenance>

_____ (2025b). *Batteries for Electric Vehicles*. Alternative Fuels Data Center. The Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-batteries>

_____ (2025c). *Electric Vehicles for Fleets*. Alternative Fuels Data Center. The Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-fleets>

Anosike, A., Loomes, H., Udokporo, C., y Garza-Reyes, J. (2021). Exploring the challenges of electric vehicle adoption in final mile parcel delivery. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26, 683 - 707. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1978409>

Chaudhary, K. (2025). Impact of Electric Vehicles (EV) in Logistics Operations in Establishing Green Supply Chain. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. <https://doi.org/10.55041/ijrem48824>

CM Batteries (2024). *Complete Guide to Lithium Battery Shelf Life, Cycle Life, and Calendar Life*. <https://cmbatteries.com/complete-guide-to-lithium-battery-shelf-life-cycle-life-and-calendar-life/>

Ferreira, J., Y Esperança, M. (2025). Enhancing Sustainable Last-Mile Delivery: The Impact of Electric Vehicles and AI Optimization on Urban Logistics. *World Electric Vehicle Journal*. <https://doi.org/10.3390/wevj16050242>

Gillström, H. (2024). Barriers and enablers: How logistics companies could tackle the transition to electrified road freight transport. *Cleaner Logistics and Supply Chain*. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100172>

Hyundai (2024). *XCIENT Fuel Cell Truck*. <https://ecv.hyundai.com/global/en/products/xcient-fuel-cell-truck-fcev>

Jagani, S., Marsillac, E., y Hong, P. (2024). The Electric Vehicle Supply Chain Ecosystem: Changing Roles of Automotive Suppliers. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16041570>

Juan, A., Méndez, C., Faulin, J., Armas, J., y Grasman, S. (2016). Electric Vehicles in Logistics and Transportation: A Survey on Emerging Environmental, Strategic, and Operational Challenges. *Energies*, 9, 86-106. <https://doi.org/10.3390/en9020086>

Kin, B., Hopman, M., y Quak, H. (2021). Different Charging Strategies for Electric Vehicle Fleets in Urban Freight Transport. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su132313080>

Melander, L., y Nyquist-Magnusson, C. (2022). Drivers for and barriers to electric freight vehicle adoption in Stockholm. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103317>

Mobility Portal (2025). *BYD Announces Launch Timeline for Its 1 MW Ultrafast Charger*. <https://mobilityportal.eu/byd-launch-1-mw-charger/>

Mohammed, J., y Villegas, J. (2023). Total impact of electric vehicle fleet adoption in the logistics industry. *Frontiers in Sustainability*. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1158993>

Munawar, S. (2024). Optimizing Urban Logistics Through Electric Vehicle Integration. *Sinergi International Journal of Logistics*. <https://doi.org/10.61194/sijl.v2i3.626>

Naciones Unidas (2025). COP 26: *Juntos por el planeta*. <https://www.un.org/es/climatechange/cop26>

NACFE (2023). *Charging forward with electric trucks*. North American Council for Freight Efficiency. <https://nacfe.org/research/emerging-technologies/electric-trucks/>

_____ (2018). *Electric Trucks-Where they make sense*. North American Council for Freight Efficiency. <https://nacfe.org/research/emerging-technologies/electric-trucks/>

Oliveri, L., D'Urso, D., Trapani, N., y Chiacchio, F. (2023). Electrifying Green Logistics: A Comparative Life Cycle Assessment of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16237688>

Schiffer, M., Klein, P., Laporte, G., Laporte, G., y Walther, G. (2020). Integrated planning for electric commercial vehicle fleets: A case study for retail mid-haul logistics networks. *Eur. J. Oper. Res.*, 291, 944-960. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.09.054>

Tiwari, S. (2024). Impact of Electric Vehicles in Logistics Operations in Establishing Green Supply Chain. *International Journal of Scientific Research in Engineering and*

Management. <https://doi.org/10.55041/ijssrem31227>

U.S. DOE (2023). Electric Vehicles Basics. U.S. Department of Energy. https://afdc.energy.gov/files/u/publication/electric_vehicles.pdf?4efbe6d174

U.S. DOT (2023a). *Vehicle Types*. U.S. Department of Transportation. <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/vehicle-types>

----- (2023b). *Charger Types and Speeds*. U.S. Department of Transportation. <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>

Zaino, R., Ahmed, V., Alhammadi, A., y Alghoush, M. (2024). Electric Vehicle Adoption: A Comprehensive Systematic Review of Technological, Environmental, Organizational and Policy Impacts. *World Electric Vehicle Journal*. <https://doi.org/10.3390/wevj15080375>