



Diagnóstico del desarrollo tecnológico en México para la incorporación de la electromovilidad en el autotransporte

Marco Antonio Hernández Nochebuena Mauricio Eliseo Cruz Acevedo Manuel de Jesús Fabela Gallegos Oscar Flores Centeno José Ricardo Hernández Jiménez David Vázquez Vega

> Publicación Técnica No. 729 Querétaro, México 2023

> > ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte, por el M.C. Marco Antonio Hernández Nochebuena, el Ing. Mauricio Eliseo Cruz Acevedo, el Dr. Manuel de Jesús Fabela Gallegos, el M.C. Oscar Flores Centeno, el M.C. José Ricardo Hernández Jiménez y el M.C. David Vázquez Vega.

Esta investigación es el producto del proyecto interno EI-11/22 "Diagnóstico del desarrollo tecnológico en México para la incorporación de la electromovilidad en el autotransporte", realizado en la coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural, CIVIE.

Se agradecen los comentarios y el apoyo del Dr. Francisco Carrión Viramontes, Jefe de la División de Laboratorios de Desempeño Vehicular y Materiales de la CIVIE, para la realización de este trabajo.

Tabla de Contenido

	Página
Sinopsis	V
Abstract	vii
Introducción	1
1. Panorama Internacional de la Electromovilidad	3
1.1 Alimentación <i>in situ</i>	3
1.2 Almacenamiento	4
1.2.1 Baterías	5
1.2.2 Hidrógeno	9
1.3 Sistemas de recarga	10
1.4 Normativas internacionales	13
2. Electromovilidad en México	17
2.1 Panorama Nacional	19
2.2 Proyectos implementados en México	21
2.2.1 Ciudad de México	21
2.2.2 Jalisco	23
2.2.3 Nuevo León	24
2.2.4 Puebla	24
2.2.5 Sistemas de recarga	25
2.3 Fomento e incentivos	27
2.4 Normativas	28
Conclusiones	31

Diagnóstico	del	desarrollo	tecnológico	en	México	para	la	incorporación	de	la
electromovili	idad e	en el autotra	ansporte.							

Bibliografía33

Sinopsis

La electromovilidad está logrando una masa crítica que difícilmente podrá ser detenida dando cumplimiento a los compromisos internacionales en pro del control más estricto de la emisión de los GEI y la disminución del calentamiento global. La tendencia para lograr ello es la introducción del vehículo eléctrico en sus diferentes modalidades desde los vehículos híbridos eléctricos hasta los totalmente eléctricos. La normativa internacional y nacional debe comenzar a homologarse no solo para facilitar el intercambio comercial sino también para acelerar la penetración de la electromovilidad, atendiendo tanto al vehículo mismo como a sus sistemas de almacenamiento de la energía, control, comunicación y suministro, así como lo referente a las estaciones de recarga.

Diferentes organismos en México intentan crear sinergias para consolidar el concepto de las cuatro hélices (gobierno, iniciativa privada, academia y organizaciones ciudadanas u ONG). Entidades estatales en México han comenzado con proyectos que impulsan la electromovilidad sobre todo para el movimiento de pasajeros y de carga intentando reducir la emisión de GEI por medio de la sustitución o reconversión de los vehículos térmicos (diésel) a eléctricos, aprovechando esquemas de fomento e incentivos para lograrlo. El tema es retador y con voluntad política, coordinación, estrategias y compromisos podrá lograrse.

Abstract

Electromobility is achieving a critical mass that can hardly be stopped by complying with international commitments in favor of stricter control of GHG emissions and the reduction of global warming. In order to achieve this, the introduction of electric vehicles in their different modalities, from hybrid electric vehicles to fully electric vehicles is crucial. International and national regulations must begin with standards, not only to facilitate commercial exchange but also to accelerate the penetration of electromobility, addressing both the vehicle itself and its energy storage, control, communication and supply systems, as well as recharging stations.

Different organizations in Mexico are trying to create synergies to consolidate the concept of the four helixes (government, private initiative, academia and citizen organizations or NGOs). State entities in Mexico have started with projects that promote electromobility, especially for passenger and cargo transportation, trying to reduce GHG emissions through the substitution or conversion of thermal (diesel) to electric ones, taking advantage of different promotion and incentive schemes to achieve it. The issue is challenging and with political determination, coordination, strategies and commitments it can be achieved.

Introducción

La movilidad es un derecho humano el cual se tiene contemplado en la Constitución Mexicana en el Artículo 4 "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley ... Toda persona tiene derecho a la movilidad en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.", por lo que la búsqueda de medios y sistemas de transporte eficientes y amigables con el ambiente son prioritarios. Conceptos como la movilidad sostenible o ecomovilidad y electromovilidad surgen como respuesta a los crecientes llamados de mejora en la calidad de vida, bienestar colectivo, así como el desarrollo de tecnologías que busquen aprovechar los recursos disponibles en el traslado de personas, materias y suministros.

La electromovilidad es un tema que capta la atención a nivel internacional, ya que se considera como la siguiente evolución tecnológica en los medios de transporte. El objetivo con este modelo de movilidad es una disminución en los gases de efecto invernadero (GEI) a causa de la baja eficiencia en los motores de combustión interna debido a la quema de combustibles fósiles. Se busca aumentar la eficiencia en el aprovechamiento energético por el transporte, con motores eléctricos y sistemas sostenibles que sean alimentados con fuentes provenientes de energías limpias y verdes.

Países como China, Alemania, Países Bajos, Estados Unidos, Chile y Colombia, por mencionar algunos, están apostando hacia la transición de vehículos eléctricos fuertemente. Emprendiendo iniciativas para descarbonizar sus medios de transporte en los años venideros y desarrollando tecnologías en torno a esta consigna. Estos países han realizado varios estudios de índole tecnológica, económica y social, planificando mapas de rutas, desarrollando estudios socio-económicos y de viabilidad en los cuales se intentan establecer los pasos necesarios para llevar a cabo el cambio hacia la electrificación del transporte.

Actualmente, México está suscrito a diversos acuerdos y compromisos para realizar la transición a vehículos libres de emisiones contaminantes. En el COP-26, México se comprometió que a partir del año 2040 se

eliminaría el uso vehículos contaminantes, se reafirmó el objetivo del Acuerdo de París sobre limitar el incremento de temperatura global por debajo de los 2°C y realizar esfuerzos para limitarlo a 1.5°C. Así mismo, México revalida el compromiso de reducir en 45% las emisiones de GEI al 2030 y alcanzar las cero emisiones netas a mediados de este siglo. En este mismo marco, México ha tomado estos objetivos como base y se han planteado diferentes estudios e investigaciones acerca electromovilidad y su implementación en los próximos años. Organizaciones como la Agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo Sostenible (GIZ, por sus siglas en alemán) en México, la Embajada de Países Bajos en nuestro país, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés), el Instituto de Estudios de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés) de la Universidad de California, entre otros, han colaborado con instituciones federales, como la Comisión Nacional de Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Secretaria de Energía (SENER), la Secretaria de Economía (SE), la Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT), la Dirección General del Autotransporte Federal (DGAF) y la Secretaria de Relaciones Exteriores para promover mesas de diálogo y colaboración con el fin de adoptar la electromovilidad más rápidamente. impulsado por la inercia que la industria automotriz genera por medio de sus organizaciones como la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

El propósito de este estudio es mostrar el estado tecnológico con el que México cuenta, tomando en consideración las tendencias internacionales y la referencia de los criterios para su implementación en el marco regulatorio que de este tipo de movilidad emanen.

1. Panorama Internacional de la Electromovilidad

La tendencia hacia la electrificación de los vehículos ha hecho que los proveedores convencionales del sector evolucionen y aporten nuevas estrategias y tácticas para hacer frente al creciente desarrollo de vehículos eléctricos. Empresas que llevan mucho tiempo en el mercado han tenido que reestructurar sus modelos y buscar una posición en la cadena de suministro o en el desarrollo de tecnología, leyendo y analizando los pronósticos para construir, de forma constante, su participación en la movilidad eléctrica. Aunque la tecnología para la electrificación es nueva, los métodos para su aplicación son relativamente los mismos a los tradicionales, existiendo elementos comunes entre los vehículos propulsados ya sea por un motor de combustión interna o por un motor eléctrico. En los párrafos siguientes se hablará sobre las diferencias que radican en el cambio de tecnología de propulsión y de transmisión de los vehículos eléctricos, enfocándose principalmente en el autotransporte a nivel internacional.

1.1 Alimentación in situ

Uno de los principales elementos que intervienen en el tema de los vehículos eléctricos es su suministro energético, haciendo una analogía con los vehículos de combustión interna, el tanque de gasolina o de diésel es el suministro energético que propulsa al vehículo, proveyendo de la autonomía necesaria para su recorrido. En el caso de la alimentación *in situ*, la analogía es tener al despachador de gasolina o diésel alimentando directamente al motor, generando un suministro constante de combustible, sin necesidad de un tanque voluminoso.

La alimentación por catenaria provee de una alimentación ininterrumpida para el motor eléctrico, presente en el vehículo de transporte. Su principal ventaja consiste en que puede implementarse en largos recorridos, generando corredores para el transporte de mercancías, eliminando con ello uno de los principales problemas en los vehículos eléctricos que es una autonomía restringida tanto por el dimensionamiento de las baterías como por el tiempo muerto invertido para la recarga de las mismas. Aunque se cuenta con una batería, esta es pequeña, ya que solo se implementa para el último tramo de recorrido, al abandonar la catenaria

y dirigirse hacia los patios de maniobra, almacenamiento o servicio; o en casos de emergencia ante desconexiones accidentales o planificadas debidas a posibles problemas con la infraestructura vial o eléctrica. Los principales países que promueve este tipo de estrategia son Alemania y Reino Unido, por medio de la compañía SIEMENS en colaboración con Continental a lo largo de las de las carreteras llamadas *eHighway* (Baden-Württemberg, Deutsches Ministerium Für Verkehr Deushland, 2022).



Fuente: Press-Siemens (2021).

Figura 1.1. Sistema de catenarias en Alemania (eHighway)

El sistema tiene como limitaciones una velocidad máxima de 90 km/h y los vehículos tienen que estar adaptados con pantógrafos especiales instalados en la parte superior del vehículo, usualmente sobre la cabina de los vehículos comerciales. El objetivo es que para el 2030 existan 4000 kilómetros de carreteras eléctricas tipo *eHighway, (Rubio, 2019)* para Alemania. Según los cálculos establecidos por el Ministerio Federal de medios Digitales y el Transporte de Alemania (*Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2022*), los 4000 km de pista electrificada ayudarán a reducir entre 10 y 12 millones de toneladas CO₂ anuales. Actualmente existen tres locaciones de pruebas piloto para la *eHighway:* la autopista interestatal A5 en Hesse, otra en la A1 en Schleswig-Holstein y la tercera en la autopista federal B462 en Baden-Württemberg entre Kuppenheim y Gaggenau. El plan de Continental y Siemens es implementar nuevas pruebas piloto a gran escala en 2023 (*Press –Siemens*, 2021).

1.2 Almacenamiento

El almacenamiento eléctrico es una parte esencial en el sistema de alimentación de los vehículos eléctricos. A diferencia del sistema que existe en la alimentación *in situ*, los vehículos puramente eléctricos (EV, *electric vehicle*) o enchufables *plug-in* dependen en su totalidad de la disponibilidad de energía presente en las baterías, o para el caso de las celdas de combustible, del hidrógeno necesario para generar la energía eléctrica que propulse al motor eléctrico. Es importante no separar el concepto de los vehículos de celdas de combustible de los vehículos eléctricos, ya que los primeros también se consideran un sistema eléctrico, y como tal, requiere de un conjunto de baterías como respaldo para llevar a cabo, por breves momentos, acciones como el arranque o el uso del freno regenerativo. Por esto último, reciben el nombre de eléctrico híbrido de celdas de combustible (FCHEV, *Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle*).

1.2.1 Baterías

Actualmente las baterías mejoran día a día sus prestaciones gracias al avance en las tecnologías en electroquímica y electrónica, así como la ciencia de los materiales. A partir de la mejora de la estructura molecular y la fabricación de baterías con nuevas aleaciones, se ha logrado maximizar el rendimiento de estas para las funciones de carga y descarga controladas digitalmente, logrando conseguir mayores autonomías con más ciclos de vida, incremento en las densidades energéticas y mayor confiabilidad de su manejo ante posibles daños físicos.

En el mercado existen baterías con diversas composiciones químicas, cada una con características propias que las hacen idóneas para aplicaciones específicas.

1.2.1.1 Plomo-ácido (Pb-ácido)

Son el tipo de baterías más comunes e implementadas en la industria automotriz. El voltaje que comúnmente operan se encuentra entre los 6 y 12 voltios, empleándose fundamentalmente para las funciones de arranque del vehículo, iluminación o soporte eléctrico. En la actualidad se están dejando de utilizar para proporcionar energía al motor eléctrico, ya que la autonomía que ofrecen ronda los 100 km. La Tabla 1.1 resume algunas de las características de este tipo de batería.

Tabla 1.1 Características de la batería Pb-ácido

Ciclos de vida	500-800	
Densidad energética (Wh/Kg)	30 – 40	
Ventajas	Bajo coste y resistencia al frio	
Desventajas	Peso elevado, toxicidad por el plomo y recarga lenta.	

Fuente: Volkswagen Canarias (2022).

1.2.1.2 Níquel-cadmio (NiCd)

Son ampliamente utilizadas en la industria automotriz, aun cuando el coste es alto y tiene la presencia del efecto memoria, descartándolas como un sistema de almacenamiento fiable en un vehículo eléctrico. La Tabla 1.2 resume algunas de las características de este tipo de batería.

Tabla 1.2 Características de la batería NiCd

Ciclos de vida	1500 – 2000	
Densidad energética (Wh/Kg)	40 – 60	
Ventajas	Gran fiabilidad y técnicas de reciclado maduras.	
Desventajas	Coste elevado, efecto memoria, altamente contaminante y envejecimiento por calor.	

Nota: El efecto memoria se da cuando una batería no cumple un ciclo de carga y descarga completo, minimizando su capacidad de almacenamiento en los ciclos posteriores.

Fuente: Volkswagen Canarias (2022).

1.2.1.3 Níquel-hidruro metálico (NiMH)

Es la batería más usada para vehículos híbridos debido a su bajo coste, además de ser amigable con el medio ambiente sin sacrificar su capacidad de carga. La Tabla 1.3 resume algunas de las características de este tipo de batería.

Tabla 1.3 Características de la batería NiMH

Ciclos de vida	300 – 500
Densidad energética (Wh/Kg)	30 – 80
	Reducción del efecto memoria en relación
Ventajas	con las baterías de níquel-cadmio, además de
	eliminar el cadmio (un metal tóxico)
	Menor fiabilidad, no aguanta fuertes
Desventajas	descargas, menor resistencia a altas
Desventajas	temperaturas y menor resistencia a altas
	corrientes de carga.

Fuente: Volkswagen Canarias (2022).

1.2.1.4 Ion-litio (LiCoO₂)

Es un tipo de batería de reciente creación con el doble de densidad energética que las de níquel-cadmio, a pesar de tener un tercio del tamaño en relación con otras baterías. La Tabla 1.4 resume algunas de las características de este tipo de batería.

Tabla 1.4 Características de la batería LiCoO₂

Ciclos de vida	400 – 1200	
Densidad energética (Wh/Kg)	100 – 250	
Ventajas	Alta densidad energética, menor tamaño, peso ligero, alta eficiencia y sin efecto memoria.	
Desventajas	alto coste de producción, fragilidad, precisan de un circuito de seguridad y de un almacenaje cuidadoso.	

Fuente: Volkswagen Canarias (2022).

1.2.1.5 Ion-litio con cátodo de LiFePO4

Este tipo de batería presenta una ventaja con respecto a las demás que implementan Litio y es la sustitución del cobalto, implementando hierro en su lugar, ofreciendo estabilidad en su operación. La Tabla 1.5 resume algunas de las características de este tipo de batería.

Tabla 1.5 Características de la batería LiFePO4

Ciclos de vida	~2000
Densidad energética (Wh/Kg)	90 – 100
Ventajas	Mayor seguridad en contraste a las demás baterías, mayor potencia y estabilidad
Desventajas	Menor densidad energética y mayor coste.

Fuente: Volkswagen Canarias (2022).

1.2.1.6 Polímero de litio (LiPo)

Es el tipo de batería que mayor densidad de energía y potencia presenta, lo que las hace ligeras sin que se presente el problema del efecto memoria. La Tabla 1.6 resume algunas de las características de este tipo de batería.

Tabla 1.6 Características de la batería LiPo

Ciclos de vida ~1000		
Densidad energética (Wh/Kg)	300	
Ventajas	Ligeras y mayor eficiencia con respecto a las demás baterías.	
Desventajas	Alto precio y ciclo de vida menor.	

Fuente: Volkswagen Canarias (2022).

Varias compañías líderes en el mercado de tracto camiones están desarrollando sus versiones electrificadas con baterías, como se aprecia en la imagen de la Figura 1.2.



Fuente: Edición propia a partir de https://www.volvobuses.com/mx/city-and-intercity/chassis/volvo-bzl-electric.html (2021).

Figura 1.2. Chasis Volvo para trasporte de pasajeros en modo urbano

Asimismo, en la Tabla 1.7 se presentan los principales actores y los vehículos representativos que tienen para ofrecer, aunque algunos se encuentran en fase finales de pruebas, se estiman que próximamente estén en el mercado.

Tabla 1.7. Tabla de tecnologías de transporte de carga con baterías

Concepto	Tesla Semi	Mercedes- Benz Trucks eActros	Daimler E- Fuso Vision One	Volvo FH, FM y FMX Electric	Freightliner eCascadia
Autonomía	483 km	300 km	300 km	300 km	400 km
Recarga	30 min (20 al 80%)	1 h (20 al 80%)	90 min (10 al 100%)	90 min (20 al 80%)	90 min (10 al 80%)
Potencia batería	450 kWh	420 kWh	300 kWh	540 kWh	475 kWh
Potencia motora	808 kW	400 kW	746 kW	490 kW	373 kW
Velocidad Máxima	100 km/h	89 km/h	90 km/h	105 km/h	104 km/h
Max. Peso Bruto Combinado	36 ton	25 ton	23 ton	44 ton	37 ton
		12 PARIS			

Fuente: SICT-DGAF, IMT (2022).

1.2.2 Hidrógeno

Los sistemas a base de hidrógeno han crecido de manera importante. Naciones como Países Bajos, buscan cambiar su estructura de transporte por sistemas eléctricos propulsados por hidrógeno, lo mismo en países como Alemania y Japón, este último, en los pasados juegos olímpicos presentó un sistema de transporte con celdas de combustible para el transporte de los asistentes, tal y como se muestra en la Figura 1.3.



Fuente: Edición propia a partir de https://bosettiautomotores.com/inovacion/sora-bus/ (2021).

Figura 1.3. Autobús de pasajeros propulsado por celdas de combustible

Aunque las celdas de combustible es una tecnología con costes altos, los tractocamiones propulsados por ellas pueden llegar a tener autonomías mayores, en contraste con la autonomía alcanzada por un vehículo que depende solo de baterías. Una de las ventajas del uso del hidrógeno es que se considera como combustible limpio si se obtiene de fuentes limpias como la solar o la eólica. Una diferencia marcada entre los vehículos de baterías y los vehículos de celdas de combustible es que en estos últimos el repostaje puede ser muy corto, menos de 20 minutos, en comparación con las 8 horas de repostaje nocturno que puede requerir un vehículo de baterías de similares capacidades. En la Tabla 1.8 se muestran los vehículos y las principales compañías que desarrollan tecnología en torno a las celdas de combustible.

Tabla 1.8. Tecnologías de transporte de carga con celdas de combustible

Concepto	Hyundai XCIENT Fuel Cell	Toyota Class 8	Kenworth T680 FCEV	Nikola Two FCEV
Autonomía max.	1000 km	500 km	500 km	1200 km
Recarga	8 a 20 min	15 min	15 min	10 min
Configuración	4x2	2x1	2x1	2x1
Potencia Pila	190 kW	160 kW	160 kW	200 kW
Capacidad H ₂	32 kg	30 kg	30 kg	100 kg
Batería respaldo	72 kWh	76 kWh	76 kWh	140 kWh
Potencia motora	350 kW	343 kW	420 kW	481 kW
Velocidad Máxima	85 km/h	104 km/h	104 km/h	105 km/h
Max. Peso Bruto Combinado	36 ton	36 ton	36 ton	36 ton
			Zan	

Fuente: SICT-DGAF, IMT (2022).

1.3 Sistemas de recarga

Debido al incremento del uso de los vehículos eléctricos en todo el mundo, la carga de estos se está desarrollando conforme a las características para diferentes regiones y distintos casos de uso. Esto genera disparidad en la adopción y estandarización para los fabricantes de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés). No obstante, hay tres elementos generalmente aceptados para el equipo de suministro para vehículos eléctricos (EVSE, *Electric Vehicle Supply Equipment*), que incluye los cargadores. Estos son el modo, el nivel y el tipo, los cuales son presentados a continuación.

Modo: Implica el tipo de conexión requerida a la red eléctrica.

- El Modo 1. Se conecta a una toma de corriente alterna doméstica, pero no es recomendado en la mayoría de las regiones, ya que este carece de componentes electrónicos de seguridad especializados, ICCB (in cable control box).
- El Modo 2. Se conecta a una toma de corriente doméstica estándar e incluye características de seguridad y sistemas de protección

inteligente ICCB además de tener un control OCCP (*Open Charge Point Protocol*) (openchargealliance.org).

- El Modo 3 se conecta a un gabinete de pared o estación de carga para una carga de corriente alterna. No incluye un ICCB. Los consumidores a menudo deben traer su propio cable de Modo 3 para usar las estaciones de carga de corriente alterna públicas en Europa.
- El Modo 4 está reservado para la carga de corriente directa de alta transferencia energética.

La Figura 1.4 muestra los modos mencionados anteriormente.

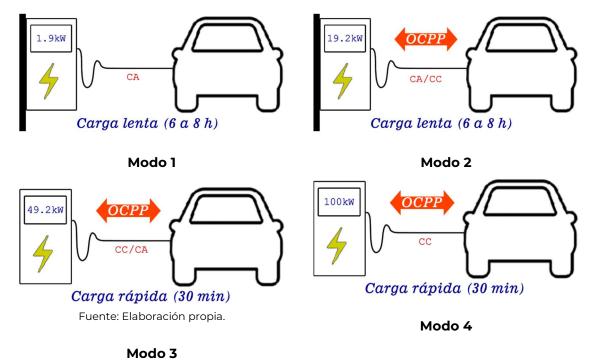


Figura 1.4 Modos de carga

Nivel: Indica cuánta energía eléctrica puede ser entregada al vehículo. La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, por sus siglas en inglés) especifica los siguientes niveles en el estándar SAE J1772 (SAE Standards, 2017), tomando como referencia el conector de la Figura 1.8.



Fuente: Edición propia a partir de BESEN EVSE (2022).

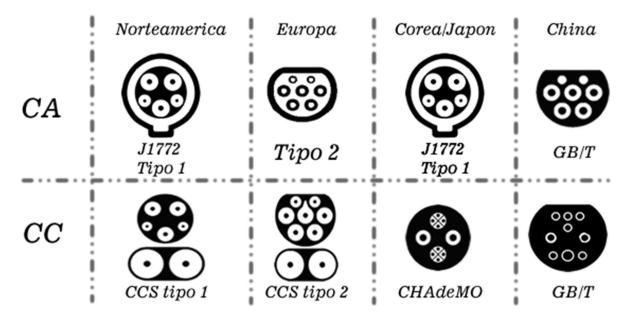
Figura 1.5. Conector SAE J1772

- El Nivel 1 está limitado a 120 V y 1.8 kW y ofrece carga básica.
- El Nivel 2 se define entre un voltaje de 208 V a 240 V y hasta 80 A, con una salida máxima de 19.2 kW. A medida que los fabricantes de equipos originales aumentan el tamaño de las baterías, también aumentan el nivel de potencia dentro de esta banda. Los vehículos eléctricos de baterías (BEV, por sus siglas en inglés) actuales pueden tomar 11 kW de energía CA a través de sus cargadores integrados. Las casas con energía trifásica instalada pueden alcanzar los 11 kW con 16 A de corriente, mientras que una fuente de energía monofásica necesitaría suministrar alrededor de 48 A.
- Los niveles DC 1 y 2 proporcionan una carga rápida y solo están disponibles en estaciones comerciales. El nivel 2 de CC, comúnmente denominado simplemente "Nivel 3", puede proporcionar hasta 1000 V CC y se prevé que alcance los 500 A en el futuro, con una potencia de salida de más de 350 kW. Esta tasa puede cargar alrededor del 80 por ciento de una batería típica de un EV en tan solo 20 minutos.

Tipo: Se refiere a la interfaz del vehículo. Desafortunadamente, las organizaciones de estándares no se han alineado detrás de un estándar global. En consecuencia, existen tres interfaces para la carga de los vehículos a nivel mundial:

 Norteamérica y Corea utilizan J1772 Tipo 1 para corriente alterna y CCS1 para corriente continua.

- Europa utiliza IEC Tipo 2 para corriente alterna y CCS2 para corriente continua.
- Japón usa J1772 Tipo 1 para corriente alterna, pero CHAdeMO para corriente continua.
- China utiliza la interfaz GB/T para corriente alterna y una interfaz de corriente continua única.



Fuente: Elaboración propia a partir de APTIV (2022).

Figura 1.6. Iconografía sobre estándares de conectores de cargadores y su región

1.4 Normativas internacionales

En torno a la electrificación del transporte a nivel mundial, la industria automotriz es incipiente y tiene que ir creciendo de la mano con la normativa correspondiente. En la tendencia globalizadora mundial, también se deben globalizar los estándares en torno a la fabricación, los niveles de tensión, los conectores y los centros de carga para los diversos mercados de los vehículos eléctricos alrededor del mundo. Esto implica que debe existir una interrelación entre las normativas de los mercados de occidente – Europa y Norteamérica – y el mercado asiático, así como entre los mercados emergentes como el latinoamericano. Ello permitirá, no solo beneficiar los mercados internos, sino también los mercados de exportación-importación.

Actualmente, la República Popular de China es el mayor productor de vehículos eléctricos del mundo. En su territorio conviven varias compañías automotrices de occidente que trabajan a la par con las compañías locales para la fabricación, comercialización y distribución en los distintos mercados. Por esta razón, China es punta de lanza en la creación de estándares implementados hacia la movilidad eléctrica a través de sus estándares GB (siglas de *Guobiao*, "estándar nacional" en chino) (*LISUN Group*).

De forma similar a los esquemas normativos de otros países, los estándares chinos GB son estándares nacionales conformados en dos rubros: obligatorios (GB) y recomendados (GB/T). Los estándares nacionales obligatorios (GB) son impulsados por leyes y regulaciones administrativas que diseñan y aplican para proteger la salud humana, la propiedad personal y la seguridad. Todos aquellos estándares nacionales que estén fuera de lo anterior son considerados estándares nacionales recomendados (GB/T) (*China National Standards*).

En la Tabla 1.9 se muestran las normas que implementa China alrededor de los vehículos eléctricos, así como su equivalencia con alguna normativa occidental.

Tabla 1.9. Equivalencias entre normativas chinas y occidentales

Tema	Normativa GB	Norma ISO e IEC
Sistema	GB/T 18487-2001; GB/T 27930-2011	IEC 61851
Interfaz	GB/T 20234-2011	IEC 62196
Comunicación Estación – vehículo	GB/T 27930-2011; Q/GDW 397-2009; Q/GDW 398-2009; Q/GDW 399-2009	ISO 15118
Manejo de baterías	GB/T 29317; Q/GDW 486-2010; Q/GDW 487-2010; Q/GDW 487-2010; Q/GDW 685-2011; Q/GDW 686-2011	EC 62840

Fuente: ISO Standards y GB Standards (2021).

Las normas ISO e IEC que se muestran en la tabla anterior corresponden a:

- IEC 61851: estándar para sistemas conductivos del vehículo. Cargador de a bordo, requisitos de compatibilidad electromagnética. Estación de carga CC/CA.
- IEC 62196: conocido como "CCS" o "Combo", es un estándar para el conjunto de conectores eléctricos y los modos de recarga (en especial, la rápida).
- ISO 15118: define la comunicación del vehículo a la red (V2G) para la carga y descarga.

• IEC 62840: sistema de intercambio de baterías para vehículos eléctricos. Requisitos de seguridad.

Un reto importante en la compatibilidad de los vehículos eléctricos, independientemente del origen de su manufactura, es la estación de recarga en conjunto con el tipo de conector. Esto es considerado como esencial para el desarrollo de la infraestructura en la adopción de la movilidad. En la Tabla 1.10 se visualizan los diferentes tipos de normativas que involucran esta homologación.

Tabla 1.10. Equivalencias de conectores

	IEC 62196:2-2010			GB 20234.2-2011
Parámetro	Tipo 1 (EE.UU)	Tipo 2 (Alemania)	Tipo 3 (Italia)	China
Fase	Monofásico	Mono/trifásico	Monofásico	Monofásico
Corriente	32 A	70/63 A	16, 32 A	16, 32 A
Voltaje	250 V	480 V	250 / 500 V	250/400 V
Conector y seguro	Conector mecánico 5 pines	Conecto electrónico 7 pines	Conector mecánico 4 – 5 pines	Conector mecánico 7 pines, (conector electrónico opcional)
Conector de comunicación	Dos pines cortos	Un pin largo y otro largo		Dos pines cortos

Fuente: Estándares de movilidad eléctrica en China, Ing. Ricardo Berizzo (2021).

Otro tema relacionado con los sistemas de recarga son los protocolos de comunicación entre el vehículo y la estación, aunque actualmente existen estaciones de recarga que no cuenta con alguna comunicación hacia el vehículo, especialmente en los sistemas de carga lenta, son parte importante para salvaguardar tanto la integridad de la batería y del vehículo como de la estación de recarga. En este punto, se tienen disparidades sobre el tipo de control, así como el protocolo de comunicación. En la Tabla 1.11 se pueden observar los protocolos de comunicación entre los puntos de carga.

Tabla 1.11. Equivalencias entre protocolos de comunicación

Parámetro		Internacional ISO e IEC	China GB
Protocolo de	Capa física	PLC	BUS CAN
comunicación	Capa de red	Dirección IP	Detección CAN
Estrategia de	EVSE	Control por voltaje	Control por
control PWM	EVSE		corriente

Fuente: Estándares de movilidad eléctrica en China, Ing. Ricardo Berizzo (2021).

Lo anterior conforma el panorama actual con respecto a la electromovilidad que se plantea alrededor del mundo. En el capítulo siguiente se mostrará lo que compete a la movilidad eléctrica presente en el autotransporte federal en México con base en las tendencias mostradas en el presente capítulo.

2. Electromovilidad en México

La electromovilidad en México llega a pasos agigantados, la tecnología es nueva y requiere de planes coordinados para su pronta adopción en nuestro país. Las estrategias abarcan diversos campos, sobre todo en el análisis de la tecnología enfocada en la reducción de los GEI y de la eficiencia energética.

Actualmente, entidades gubernamentales como SEMARNAT, a través de la CONUEE, ha tomado la batuta en la incorporación de los primeros planes de adopción convocando a actores nacionales como el INEEL, CFE, y las otras entidades gubernamentales o secretarías de estado para el desarrollo de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME), la cual busca "Establecer las bases y pautas sobre los requerimientos y las prioridades técnicas, financieras, legales, institucionales y administrativas, así como los esquemas de incentivos, que permitan impulsar y posicionar a nivel nacional la movilidad eléctrica como una alternativa de movilidad viable y sostenible" (SEMARNAT, 2018). Dentro de sus metas establece que para el 2030, las diez ciudades con mayor cantidad de emisiones GEI del país contarán con al menos un medio de transporte público con tecnología eléctrica. Otra parte esencial de la ENME es la promoción de la investigación y desarrollo nacional, así como la generación del capital humano en temas relacionados con la movilidad eléctrica, siendo esto un aspecto medular, ya que, se prevé la aparición de nuevas carreras y profesiones para satisfacer las necesidades futuras en la materia.

Otra estrategia que se realiza a la par es la colaboración binacional México-Estados Unidos, por medio de la Universidad de California (Portal Movilidad, 2022) y la Secretaria de Relaciones Exteriores, llamada Grupo de Electrificación del Transporte en México. Esta colaboración buscará desarrollar un mapa de ruta binacional elaborado por expertos de la Universidad de California, la cual estará dividida en dos partes. La primera parte buscará; proporcionar un diagnóstico sobre la transición de la movilidad eléctrica, global y regional, haciendo énfasis en las oportunidades para México y Estados Unidos. La segunda parte se enfocará en plasmar las recomendaciones del análisis realizado en la primera parte. Esta colaboración busca aumentar los lazos de cooperación entre los miembros del Tratado México – Estados Unidos – Canadá (TMEC), buscando oportunidades de inversión en industrias e infraestructura de desarrollo tecnológico impulsado por el *nearshoring* de las cadenas de

suministros. Esto colocará a nuestro país con una posición estratégica privilegiada para la distribución en el mercado norteamericano y como puerta de entrada al mercado sudamericano y el caribe.

En las estrategias mencionadas, la academia toma un papel esencial como actor en el desarrollo tecnológico y consultor de la incorporación de la electromovilidad. Instituciones como el Colegio de Sonora (COSON) en apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), gestiona el proyecto llamado "Contribuyendo a descarbonizar las ciudades mexicanas a través de un ecosistema de transporte eléctrico y movilidades sustentables: Estudios de caso en dos ciudades polares (Cuernavaca, Morelos y Hermosillo, Sonora)", tratan de mostrar los retos del cambio del transporte hacia la movilidad eléctrica, así como la complejidad tecnológica que involucra la transición. En este proyecto colaboran instituciones como el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Red de Expertos en Innovación Automotriz del Instituto Politécnico Nacional, el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, así como la Universidad Popular del Estado de Puebla (TEAMS COLSON - CONACYT, 2022).

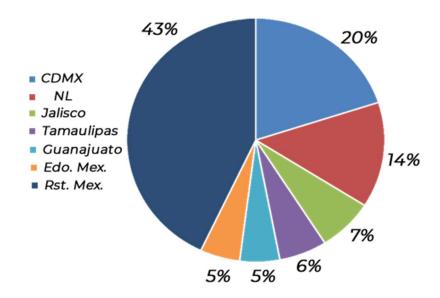
Las tecnologías que se presentan con el cambio hacia la electromovilidad sin duda traerán consigo una serie de actualizaciones en los planes de estudio de las universidades, incorporando, las nuevas profesiones que surgirán. Dentro de las profesiones y oficios que se vislumbran sean afectados están los talleres mecánicos, debido principalmente a la reducción de la cantidad de componentes mecánicos y a la aparición de componentes electrónicos y eléctricos. Estos últimos representan un riesgo a la vida del personal, debido a los elevados niveles de corriente y voltaje presentes en los sistemas de alimentación y motriz. Por lo tanto, deberán existir correctos y completos esquemas de entrenamiento, capacitación y certificación.

Dentro de las nuevas profesiones que surgirán serán aquellas que tengan que ver con el manejo y gestión de las baterías y electrónica de alta densidad de potencia, diseño de tracción motriz eléctrica, programadores para vehículos autónomos, operadores de redes de datos y comunicación con la infraestructura. Sin duda, la ciberseguridad tendrá más relevancia debido al vínculo más estrecho que habrá entre los sistemas de comunicación del vehículo y las redes IoT (*Internet of Things*). Así mismo, la reconversión de los vehículos de combustión interna actuales a vehículos eléctricos, proceso identificado como *retrofit*, será un tema importante a considerar. Sin duda, los conductores tendrán que ser recapacitados para la operación y mantenimiento de las nuevas unidades eléctricas. En general, la incorporación de la electromovilidad en México

traerá consigo retos importantes por el cambio o ruptura de paradigmas. La transición será compleja y, asimismo, será esencial evaluar de manera inmediata el surgimiento de las nuevas tecnologías en la materia para lograr su madurez e implementación en un menor tiempo.

2.1 Panorama Nacional

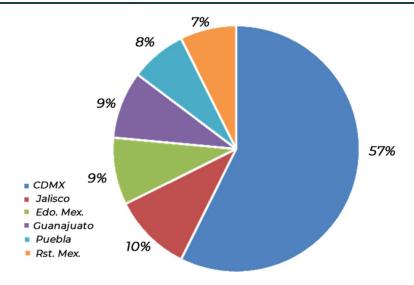
Para comprender el reto de la transición hacia la conversión eléctrica del autotransporte, es necesario dimensionar la magnitud de operación del autotransporte federal de carga y pasajeros. En el año 2021, un total de 3,749 millones de pasajeros fueron transportados, mientras que para el transporte de carga durante el mismo periodo se desplazaron 552,318 millones de toneladas (Estadística básica SCT 2021). El transporte de carga unidades aproximadamente 1'182,334 cuenta con distribuidas principalmente en la CDMX, el estado de Nuevo León y el estado de Jalisco, como se muestra en la gráfica de la Figura 2.1. Esta cifra compete tanto a empresas de logística como a hombres-camión; la edad promedio del tractocamión ronda los 18 años.



Fuente: Estadística básica SCT (2021).

Figura 2.1. Transporte de carga en México

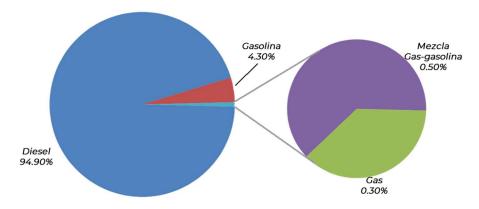
Por parte del transporte de pasajeros, existen alrededor de 69,624 unidades, (Estadística básica SCT 2021), donde la CDMX concentra la mayor parte de las unidades existentes a nivel nacional, ver Figura 2.2.



Fuente: Estadística básica SCT (2021).

Figura 2.2. Transporte de pasajeros en México

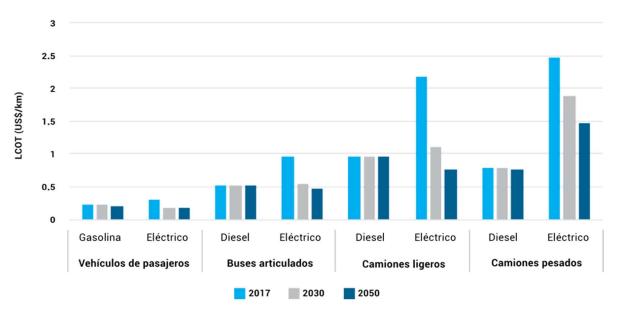
Los principales combustibles que usan las unidades se muestran en la Figura 2.3, donde, el diésel es el combustible a vencer en la electrificación del transporte federal.



Fuente: Estadística básica SCT (2021).

Figura 2.3. Parque automotriz de autotransporte por tipo de combustible. DGAF 2022

Pero ¿cuánto cuesta la implementación y reemplazo de los vehículos con la tecnología actual?, la Figura 2.4 muestra un estimado de los precios por kilómetro de sustituir al diésel en los vehículos por su contraparte eléctrica.



Fuente: Informe de Movilidad Eléctrica (2020).

Figura 2.4. Costo de Tecnología de propulsión y de eficiencia energética

Como se aprecia, actualmente la transición del diésel hacia los vehículos eléctricos resulta complicada, sobre todo por los costos de operación y la inversión de la infraestructura, pero en un determinado punto esto tiene que ir virando hacia una reducción de los costos en pro de la implementación de la movilidad eléctrica.

2.2 Proyectos implementados en México

Como parte esencial de la adopción en el país de la electromovilidad, varios estados han implementado estrategias propias para realizar la transición hacia flotas eléctricas, principalmente orientadas hacia el transporte urbano. En los párrafos siguientes se mostrarán los estados que han dado el paso hacia la renovación del medio de transporte.

2.2.1 Ciudad de México

Evidentemente la metrópoli conformada por la Ciudad de México (CDMX) y el Estado de México alberga un elevado número de habitantes y por tanto también una gran cantidad de personas que se desplazan diariamente en ella, generando retos importantes para lograr una movilidad eficiente. La SEMOVI estima que más de 34.5 millones de viajes diarios se realizan entre el Estado de México y la CDMX, de los cuales 19.5 millones se realizan en la CDMX. No obstante, debe observarse también

que existen zonas de esta metrópoli con baja oferta de transporte público estructurado el cual requiere muchos encadenamientos de viajes.

Para mejorar los sistemas de transporte y proveer de una accesibilidad con miras hacia la electromovilidad, la CDMX adquirió y puso en operación 300 trolebuses de nueva generación, ver Figura 2.5. El gobierno de la CDMX también actualizó la Línea 3 (L3) del Metrobús con la puesta en marcha de 10 autobuses eléctricos, ver Figura 2.6, de 50 que se tienen vislumbrados alcanzar para el 2024. También se tiene contemplado un proyecto de 400 taxis eléctricos en apoyo de KFW (siglas en alemán del Banco de Desarrollo del Estado de la República Federal de Alemania) y Nacional Financiera (Nafin) para su financiamiento, así como 1500 motos eléctricas compartidas por medio de Econduce.



Fuente: MOISÉS PABLO/CUARTOSCURO.COM (2022).

Figura 2.5. Flota de Sistema trolebús



Fuente: Proyecto Metrobús Eléctrico (2022).

Figura 2.6. Autobús articulado Metrobús. Gobierno CDMX

Los trolebuses que se adquirieron en la Ciudad de México son de la marca Yutong y aunque su principal fuente de alimentación es por catenaria, cuenta con un sistema de almacenamiento por baterías tipo Litio-Ferrofosfato (LFP) con una capacidad de 147 kWh y una autonomía de 75 km. Cada trolebús tiene capacidad para transportar 85 pasajeros. Por otro lado, los autobuses pertenecientes al Metrobús son del tipo articulado con 18 m de longitud y una capacidad de 160 pasajeros. Su principal alimentación es por batería con capacidad energética de 563 kWh y una autonomía de 330 km por recarga.

2.2.2 Jalisco

El gobierno de Jalisco es la segunda entidad que más ha promovido la transición a la electromovilidad. Cuenta con la primera ruta 100% eléctrica en el país, línea 3, con 38 autobuses para realizar el recorrido desde su capital, Guadalajara, hacia el Aeropuerto Internacional Miguel Hidalgo y Costilla, ver Figura 2.7. Además de la construcción de la línea 4, corriendo hacia Tlajomulco y de naturaleza también eléctrica, el gobierno de Jalisco desarrolla un proyecto de 50 a 80 vagonetas y camiones eléctricos apoyados por un programa de KFW y Nafin.



Fuente: Reporte Índigo (2022).

Figura 2.7. Sistema eléctrico línea 3 de Guadalajara, Jal. Gobierno de Jalisco

Las características con las que cuentan los autobuses de la línea 3 permiten transportar 58 pasajeros y cuentan con una longitud 8.5m, tienen una autonomía de 235 km por recarga y permiten recargarse de 20% a 100% en tan solo 4 horas.

2.2.3 Nuevo León

Nuevo león es un estado con gran atención debido a la generación de ingresos por su industria, debido a esto también cuenta con una serie de problemas en su área metropolitana aunadas por la falta de transporte eficiente. Para solucionar estos problemas con miras a la transición eléctrica, se tiene la propuesta de 3 corredores eléctricos con 110 autobuses de 12 m de longitud para conectar con la nueva línea 3 de Metrorrey. El primer piloto se realizará con 12 unidades de la estación Hospital Metropolitano del Metro de Nuevo León hasta la Ruta del Aeropuerto, ver Figura 2.8. Los autobuses que se pretenden incorporan en esta planeación buscan contar con una capacidad mínima de 90 pasajeros y una autonomía de 230 km, Dichos vehículos contarán con aire acondicionado, lo cual es un reto para su autonomía (MOVE, 22).



Fuente: Movelatam ONU (2022).

Figura 2.8. Autobús piloto Metrorrey, Movilidad de Monterrey, NL

El municipio de Monterrey pondrá a disposición estaciones de recarga, para promover la incorporación de vehículos eléctricos. Estas estaciones de recarga contarán con tomas de 1.5 kV y potencias de 1000 kW, alimentados por voltajes trifásicos de 480 V a 60 Hz.

2.2.4 Puebla

El estado de Puebla es uno de los estados con una importante presencia de la industria automotriz por lo que el gobierno de Puebla creó el primer Hub de electromovilidad en México (El Heraldo de Puebla, 2022). El objetivo de este centro de operaciones es la creación de una planta productora de autos eléctricos ubicada en Ciudad Modelo, la cual permita

el desarrollo de vehículos de transporte, ver Figura 2.9, así como el desarrollo y manufactura de 43 cargadores eléctricos que faciliten la recarga.



Fuente: El Heraldo de Puebla (2022).

Figura 2.9. Prototipo sistema colectivo para el estado en Puebla. Gobierno de Puebla

2.2.5 Sistemas de recarga

Una parte esencial para el fomento y desarrollo de la movilidad eléctrica en México es la parte de la infraestructura de carga. Debido a la ausencia de normativa y estandarización, en el país conviven los sistemas descritos en la sección 1.3. Actualmente en el Registro Nacional de Electrolineras (RENAEL), con corte de julio 2022, se tienen instalados 2089 electrolineras, cuyos tipos de cargadores se muestran en la Tabla 2.1. Como ahí se aprecia, existen una mayor cantidad de cargadores Tesla, siguiendo en cantidad aquellos apegados a la norma SAE J17724.

Tabla 2.1. Tipo de cargadores instalados en territorio nacional (CFE, junio 2022)

Tipo de cargado	Cantidad
Supercargador – Tesla 2	140
Tesla Intermedia	1100
SAE J17724	784
CCS tipol	23
CCS tipo2	11
CHAdeMO	31
Total	2089

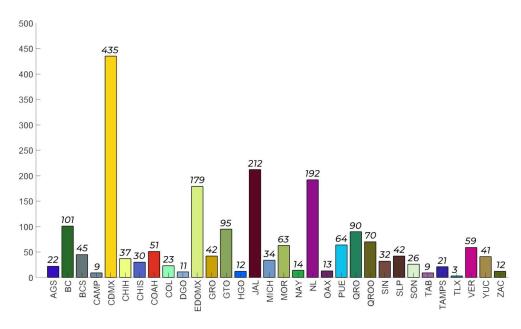
Fuente: RENAEL., julio (2022).

Una distribución más precisa a nivel nacional de las electrolineras, se ve reflejada en el mapa de la Figura 2.10. En una primera inspección, se aprecia que no existe estado de la República Mexicana donde no se encuentre un cargador. La mayor concentración de cargadores se encuentra en la zona centro del país, incluyendo la CDMX, el Estado de México, la zona del Bajío y el estado de Jalisco; así como en la zona metropolitana de Monterrey y de Tijuana. La parte menos desarrollada en cuestión de cargadores es el sureste mexicano. La Figura 2.11 muestra un desglose de los números de cargadores por estado, donde el top tres corresponde a la CDMX, Jalisco y Nuevo León, mientras que los estados con menos estaciones son: Campeche, Tabasco y Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con datos del RENAEL julio (2022).

Figura 2.10. Distribución de electrolineras en el territorio nacional. (Elaboración propia)



Fuente: Elaboración propia con datos del RENAEL julio (2022).

Figura 2.11. Número de electrolineras por estado en México. (Elaboración propia)

Por lo anterior, se puede afirmar que al menos existen tres electrolineras por estado, las cuales pueden incrementar su número de manera importante en los próximos años.

2.3 Fomento e incentivos

Una parte esencial para la transición hacia los vehículos eléctricos son los esquemas de financiamiento y fomento que pueden ofrecer los gobiernos de los tres niveles en colaboración con fundaciones y ONGs.

Uno de los programas que ha surgido de estas colaboraciones y que ha fomentado el impulso del remplazo de unidades de combustión interna (CI) por vehículos eléctricos (*retrofit*) ha sido el convenio firmado entre la SEMOVI, Nafin y KFW. Este convenio busca la renovación de unidades con más de 10 años de vida por medio del "*Programa de Financiamiento al Transporte Público Sustentable, 2023*". El apoyo que se pretende otorgar a los taxistas será por un monto de \$180 mil pesos si este sustituye su vehículo de CI por uno eléctrico. Esquemas similares se replican en ciudades como Guadalajara, donde se desarrolla un programa para fondear el transporte de mercancías bajas y cero emisiones con bonos de hasta \$500,000 pesos para la adquisición de vehículos eléctricos de carga ligera. Otro esquema de financiación es el realizado por BANOBRAS y el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) en el cual buscan el financiamiento a la infraestructura de recarga.

Otro fomento para la transición son los incentivos fiscales para vehículos eléctricos; por ejemplo, la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAMe) en el 2022 expuso el listado de candidatos para el Holograma Exento, de propietarios de vehículos eléctricos pertenecientes a los estados de Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Estado de México y la Ciudad de México, que estarían exentos de pagar verificación (CAMe, 2022). Otro pago que queda exento es la tenencia, lo cual no aplica para vehículos híbridos-eléctricos. Por último, el Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN) no se aplica para vehículos donde su fuerza motriz provenga de baterías eléctricas recargables o sean autos eléctricos que posean un motor de CI o uno impulsado por hidrógeno (Ley Federal del Impuesto Sobre Automóviles Nuevos, 2022). Aproximadamente estas medidas generan un ahorro en impuestos que ronda de los \$7,843 hasta los \$38,403 pesos (Política Expansión, 2022)

2.4 Normativas

Con respecto a las normativas, estandarizaciones y certificaciones, México cuenta con un marco regulatorio oficial general en materia de aparatos y dispositivos eléctricos/electrónicos en vehículos, pero ninguna sobre normas específicas u orientadas a los vehículos eléctricos.

Hasta el momento, desde la Secretaria de Economía se han emitido cinco NOM que pueden homologarse para la implementación en vehículos eléctricos:

- NOM-003-SCFI-2014; Productos eléctricos especificaciones de seguridad.
- NOM-024-SCFI-2013; Información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos.
- NOM-063-SCFI-2001; Productos eléctricos-conductores-requisitos de seguridad.

Desafortunadamente ninguna de ellas aplica específicamente sobre la implementación, manejo y destino de las baterías o sobre los sistemas de seguridad presentes en el vehículo o su interacción con la infraestructura, propiamente las electrolineras o enchufes domésticos.

Por otro lado, existen normas mexicanas de aplicación voluntaria, NMX, desarrolladas bajo la coordinación de la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE), las cuales se enfocan especialmente hacia el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga:

- NMX-J-668/1-ANCE-2013, Sistema de protección de circuitos para vehículos eléctricos.
- NMX-J-668/2-ANCE-2013, Sistema de protección de circuitos para estación de carga.
- NMX-J-677-ANCE-2020, Fuente de alimentación para vehículos eléctricos.
- NMX-J-678-ANCE-2020, Norma para conectores.
- NMX-J-684/1-ANCE-2013, Sistemas para la carga no inductiva de vehículos eléctricos - Requisitos.
- NMX-J-684/21-ANCE-2014, Sistemas para la carga no inductiva de vehículos eléctricos Estación de carga de CD para VE.
- NMX-J-684/22-ANCE-2014, Sistemas para la carga no inductiva de vehículos eléctricos Estación de carga de CA para VE.

Aunque estas normas existen y pudieran ser un parteaguas en el tema de la electromovilidad, aún faltan los órganos certificadores que puedan avalar y a su vez regular los diferentes dispositivos a bordo de los vehículos eléctricos y propiamente el vehículo en su conjunto, esto sin mencionar la estandarización para los centros de carga, el tipo de conectores, los protocolos de comunicación, el rendimiento de las baterías y su manejo o disposición después de la vida útil de esta.

Conclusiones

La electromovilidad es la siguiente evolución natural del transporte y su aplicación es difícil de detener, tiene diversas ventajas sobre el aprovechamiento energético en contraste con los vehículos de combustión interna. Conforme el tiempo pase se verá más y más su incorporación en la vida cotidiana, esto aumenta su complejidad sobre todo en el marco regulatorio y la estandarización, debido a los diferentes actores que a nivel mundial buscan demostrar e implantar sus desarrollos tecnológicos.

Los vehículos eléctricos se ven como una opción viable para la reducción de gases de efecto invernadero, pero no como una medida para la neutralidad. Esto se debe principalmente a que se busca sustituir un vehículo por otro sin contemplar la huella de carbón previa que el vehículo de combustión interna generó por su fabricación y uso, adicionando esto a la huella del nuevo vehículo. Una forma de mitigar esta adicción y estar más cerca de la neutralidad pudiera ser la reconversión de vehículos (retrofit), principalmente para aquellos usuarios en los cuales la adquisición de una unidad nueva es complicada, principalmente en operadores como el sector hombre-camión. La reconversión permite al usuario mantener su vehículo y darle una segunda vida, reduciendo la huella de carbono previa y estableciendo como una etapa preliminar ante la adquisición de un vehículo puramente eléctrico. En esta opción es necesario dejar en claro el rango de edad para la cual los vehículos de CI podrán ser candidatos a la reconversión, dejando para chatarrización y estímulos de compra a los no candidatos.

Los centros de carga son otros elementos a analizar, principalmente por el efecto que puedan tener sobre la red eléctrica nacional. Actualmente es posible colocar estaciones de recarga sin afectarla, debido esencialmente al número reducido de vehículos eléctricos actuales. Aunque, hoy en día, existan electrolineras en todos los estados, falta una estrategia sólida para su promoción e instalación. Existen debates sobre si las electrolineras debieran de ser públicas o privadas, ante la preocupación por los costos de mantenimiento y la seguridad que estas ofrezcan al usuario. En el caso de los vehículos de autotransporte federal, se debe tomar en cuenta que las electrolineras deben de colocarse en los paraderos seguros, configuradas para ser usadas durante el descanso obligado de los conductores. Se debe revisar y establecer un plan liderado por la SICT sobre la localización de

estos paraderos a lo largo de rutas de transporte. En el caso de los autobuses de pasajeros, las rutas deberán considerar que en las zonas de destino (terminal) existan las estaciones de recarga necesarias para atender la demanda, modificando de ser necesario sus corridas y horarios, replanteando, muy probablemente, la logística para su incorporación.

Lo atractivo para las electrolineras es el uso de energías renovables, por su madurez, los paneles solares resaltan como la mejor opción. El problema es la disponibilidad en todo momento de la energía, lo que requiere que el sistema tenga un respaldo por baterías u otro medio de almacenamiento como el hidrógeno. Este problema es posiblemente solucionado con la segunda vida útil de las baterías en desuso provenientes de los vehículos eléctricos. Estas baterías, tal vez no sirvan para la entrega de energía requerida para un motor, pero, si para un sistema de almacenamiento y recarga con respuesta más lenta como un inversor. Con esto es posible, crear programas de reciclaje para las baterías y darles un uso, sin hacer a un lado la creación de normas y estándares que controlen o regulen su construcción, manejo y almacenamiento.

La cooperación de la tetra hélice es esencial para cumplir los retos que la electromovilidad traen consigo, el gobierno, la iniciativa privada, la academia y las organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, deben enfocar esfuerzos para la incorporación pronta de los vehículos eléctricos y todos los cambios que esto representa.

Bibliografía

- APTIV. (2022). Cargadores eléctricos. [Consulta en línea] https://www.aptiv.com/es/tendencias/art%C3%ADculo/cu%C3%A1les-son-los-tipos-niveles-y-modos-de-cargadores-para-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos
- APTIV. (2022). Manual de usuario Equipo de carga para vehículos eléctricos IC CPD (*In-cable control protection device*) [Consulta en línea] https://www.aptiv.com/docs/default-source/user-manual/ic-cpd-a5_esp_v001.pdf?sfvrsn=2026f33e_2
- Berrizo, R. (2021). *Estándares de movilidad eléctrica en China*. Argentina. Ingeniería Eléctrica, UTN Rosario.
- CAMe (2022). *Comisión Ambiental de la Megalópolis*. Gobierno de México [Consulta en línea] https://www.gob.mx/comisionambiental
- Carrillo. J. (2022) *Hacia una electromovilidad más pública en México*. México: CEPAL.
- Calvillo, S. (2022). COLSON presenta proyecto de transporte amigable con el ambiente. El Sol de Hermosillo [Consulta en línea] https://www.elsoldehermosillo.com.mx/local/colson-presenta-proyecto-de-transporte-amigable-con-el-ambiente-8475569.html
- China National Standards. (2022). *China GB Standards Search System.* [Consulta en línea] https://www.gbstandards.org/
- Gutiérrez, M. (2022). *Puebla cuenta con el primer Hub de electromovilidad del país*. El Heraldo de Puebla [Consulta en línea]. https://heraldodepuebla.com/2022/07/06/puebla-cuenta-con-el-primer-hub-de-electromovilidad-del-pais/
- International Copper Association (2019). Alianza por la Electromovilidad.
- ISO Standards (2022). *Electric roads vehicles, including their components and systems.* [consulta en línea]. https://www.iso.org/ics/43.120/x/p/1/u/0/w/0/d/0

- Lisun group (2022). *GB China Gou Biao*. [Consulta en línea]. https://es.lisungroup.com/standards/gb-china-guo-biao.html
- Lugenergy (2022). *Modos de recarga de vehículos*. [Consulta en línea]. https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/
- Ministerium für Verkehr Baden-Württenberg. (2022) [Consulta en línea]. https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/elektromobilitaet/ewaybw
- Movilidad Eléctrica (2022). *Nuevo León lanzó licitación para adjudicación de 12 buses eléctricos en sistema de transporte público*. MOVE Latam [Consulta en línea] https://movelatam.org/nuevo-leon-lanzo-licitacion-para-adjudicacion-de-12-buses-electricos-en-sistema-de-transporte-publico/
- Movilidad Eléctrica (2022). *Informe Movilidad Eléctrica 2020*. MOVE Latam [Consulta en línea]. https://movelatam.org/4ta-edicion/
- Open Charge Alliance (2022). *Open Standards for Charger*. [Consulta en Línea]. https://www.openchargealliance.org/
- PRESS-SIEMENS (2022). Siemens Mobility and Continental to supply trucks across Europe with electricity from overhead lines. Siemens [Consulta en línea]. https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-mobility-and-continental-supply-trucks-across-europe-electricity-overhead
- Proyecto Metrobús Eléctrico (2022). *Primer Metrobús eléctrico entra en operación en CDMX.* [Consulta en línea]. https://metrobuselectrico.info/
- Ponce, E (2022). *De CDMX hasta EdoMex: Trolebus tendrá dos rutas a Chalco*. Sopitas [Consulta en línea]. https://www.sopitas.com/noticias/de-cdmx-hasta-edomex-trolebus-tendra-dos-rutas-chalco-sheinbaum/
- Portal Movilidad (2022). Con más de USD 50 mil millones USA refuerza alianza de electromovilidad con México. [Consulta en línea]. https://portalmovilidad.com/con-mas-de-usd-50-mil-millones-usa-refuerza-alianza-de-electromovilidad-con-mexico/
- Ramirez, S (2022). *3 pagos exentos para carros híbridos y eléctricos*. Expansión política [Consulta en línea]. https://politica.expansion.mx/cdmx/2022/01/20/3-pagos-exentos-para-carros-hibridos-y-electricos

- Registro Nacional de Electrolineras (2022). *Comisión Federal de Electricidad*. [Consulta en línea]. https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WxFvwUU-VCxWnA0blJ7U6PFQCQkxzYjNli7-mQoDD3k/edit#gid=971021849
- Rubio, A. (2019). Habrá 4000 kilómetros de carreteras eléctricas en 2030. Interempresas [Consulta en línea] https://www.interempresas.net/Smart_Cities/Articulos/253642-eHighway-las-autopistas-del-futuro-comienzan-a-ser-una-realidad.html
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2022). *Estadística Básica 2021.* [consulta en línea] https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica/2021/
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2022). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica*. [consulta en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395715/6_SEMARNAT_EstElectroMovilidad.pdf
- Toyota (2022). *Sora bus*. [Consulta en línea]. https://www.toyota.es/startyourimpossible/sora-bus





Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo" San Fandila, Pedro Escobedo C.P. 76703 Querétaro, México Tel: +52 442 216 97 77 ext. 2610

<u>publicaciones@imt.mx</u>

http://www.imt.mx/