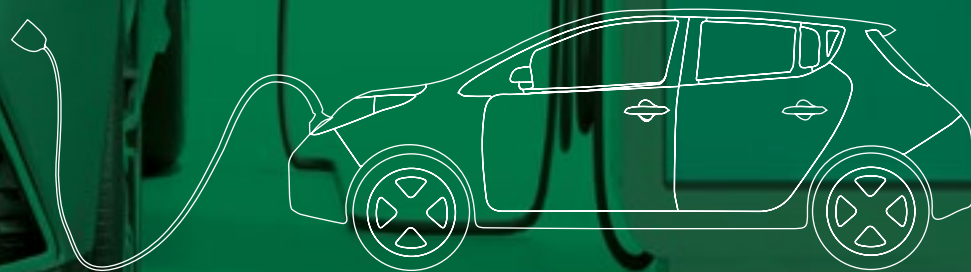


Evolución de las autopartes para vehículos eléctricos en México



**Industria Nacional
de Autopartes, A.C.**





70A 562 028

PTA. TRAS. INT. DIER. AU4426

70A 562 027

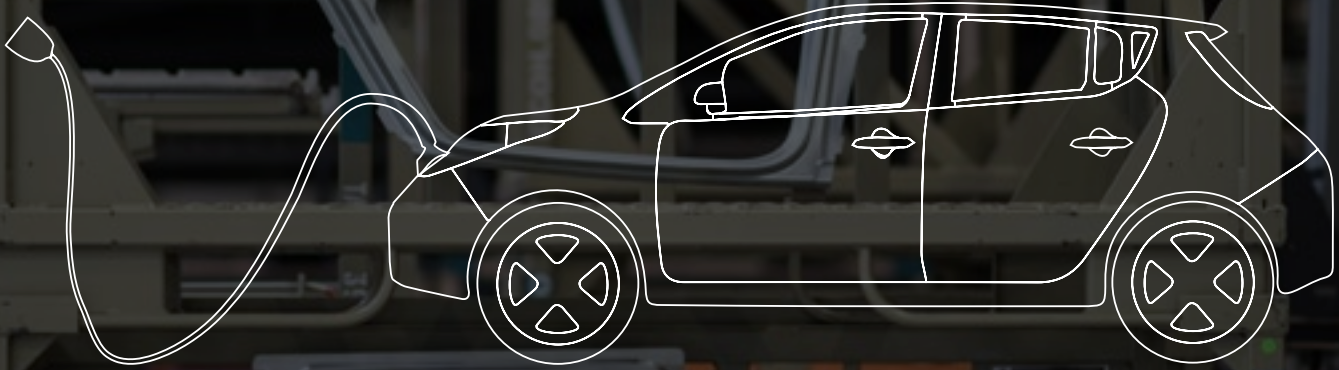
PTA. TRAS. INT. IZQ. AU4426

70A 562 028

P.T.A. TRAS. INT. DER. AU426

70A 562 027

P.T.A. TRAS. INT. IZQ. AU426



Edición

Agencia de Comunicación Plasmar, S.A. de C.V.

Dirección editorial

Itziar Gómez Jiménez

Autora

María Verónica Orendain de los Santos

Coordinación editorial

Melissa Baltazar Flores

Apoyo de investigación

Graciela Gutiérrez Garza

Diseño editorial

Zaira Bernabé

Ilustración

Guillermo Castillo

© Industria Nacional de Autopartes A.C., 2023

Avenida Colonia del Valle núm. 607

Colonia Del Valle

Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México

México, 03100

**Evolución de las autopartes
para vehículos eléctricos en México**

Primera edición (no venal)

Ciudad de México

ISBN: 978-607-98723-8-0

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos.

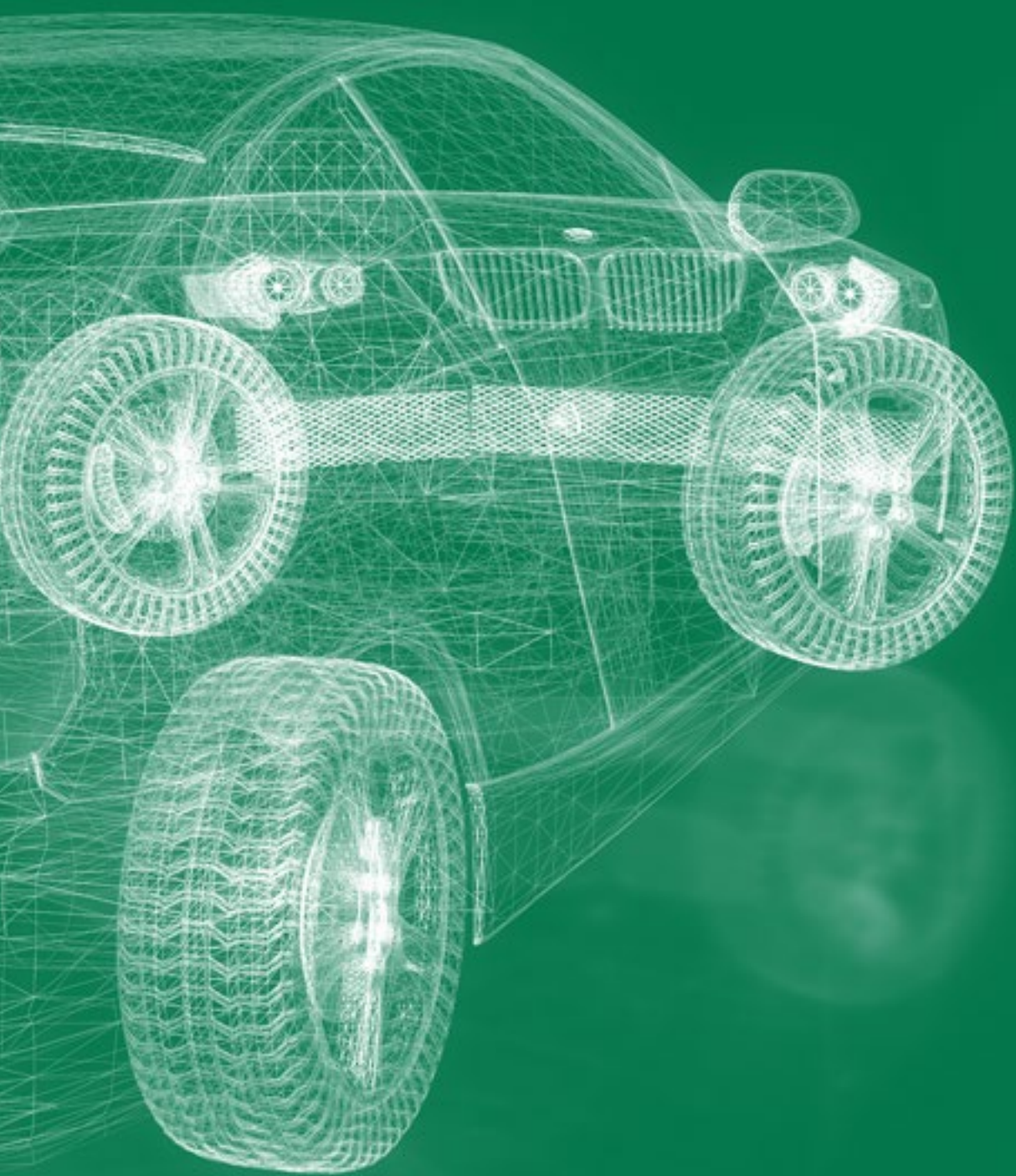
All rights reserved. This book or any portion thereof may not be reproduced or used in any manner whatsoever without the express written permission of the publisher, except in the case of brief quotations in reviews and certain other non-commercial uses permitted by copyright law.

Evolución de las autopartes para vehículos eléctricos en México

María Verónica Orendain de los Santos



**Industria Nacional
de Autopartes, A.C.**



ÍNDICE

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

1.	Prólogo	7
2.	Acuerdos ambientales internacionales	10
2.	El Acuerdo de Copenhague y las futuras negociaciones sobre el cambio climático	11
3.	Tendencias en el comportamiento del consumidor	13
4.	Conclusiones	14

CAPÍTULO 2. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ GLOBAL

1.	El mercado de vehículos eléctricos en el mundo	16
2.	¿Qué explica este crecimiento?	20
3.	Infraestructura de la red de puntos de carga e inversiones	24
4.	Entendiendo el paradigma del vehículo eléctrico	25
5.	Principales cadenas de producción: Proveedores	27
6.	Políticas públicas en materia de vehículos eléctricos	34
7.	Principales retos y tendencias de la electromovilidad	41

CAPÍTULO 3. ESTADO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN MÉXICO

1.	Industria automotriz terminal	48
2.	Industria de autopartes	52
3.	Mapa de la industria del vehículo eléctrico en México y sus principales actores	52
4.	Mercado doméstico en México	58
5.	Política pública en materia de electromovilidad: Norteamérica	60
6.	Retos para el mercado mexicano: trabajo conjunto gobierno-industria	62
7.	Producción nacional	62

CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE CADENAS DE VALOR: NECESIDADES TECNOLÓGICAS

1.	5G y digitalización de la industria de autopartes	66
2.	Inversiones en la industria automotriz	68
3.	Necesidades de capital humano	72
4.	Políticas públicas	73
5.	Mercado nacional	74
6.	Incentivos vigentes	75

CAPÍTULO 5. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y OPINIÓN DE LOS EXPERTOS

1.	Alternativas a autos eléctricos de batería	80
2.	Opciones de pilas de hidrógeno	82
3.	Entrevistas con expertos	84

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

90



Prólogo

La industria de los vehículos eléctricos parece muy novedosa; sin embargo, es tan antigua como los vehículos de combustión interna. De hecho, el primer automóvil que tuvo Thomas Edison a finales del siglo XIX fue un modelo de la Baker Motor Vehicle Company, que venía equipado con una batería de níquel y hierro (diseñada por el mismo Edison).

Si bien el siglo XX estuvo marcado por los vehículos con motores de combustión interna, este siglo tendrá una mayor diversidad de tecnologías, desde híbridos hasta vehículos eléctricos a batería (BEV, por sus siglas en inglés) y vehículos eléctricos a celda de combustión (FCEV, por sus siglas en inglés). Esta transformación tecnológica se deriva de la coyuntura medioambiental que vivimos.

En esta coyuntura, los vehículos eléctricos han incrementado su producción, exportación y uso exponencialmente en todo el mundo abriendo nuevas oportunidades para México, ya que se estima que para el año 2050 más de la mitad de los autos que circulen globalmente serán impulsados por energías limpias. Esto representa un hito y una oportunidad para México, que ya es una potencia mundial en la industria.

Actualmente, la región de América Latina y el Caribe es una de las que cuenta con menor incorporación de este tipo de vehículos, pero países líderes como el nuestro están avanzando con paso firme para lograr la transformación, pues el transporte es una de las actividades que genera mayores niveles de emisiones de CO₂ per cápita y por unidad de producto interno bruto.

En la Industria Nacional de Autopartes estamos convencidos de que contamos con las ventajas competitivas para fortalecer el papel de México en la industria, a través de la fortaleza en la cadena de suministro. Subrayar estas fortalezas es la razón que nos impulsó a publicar este libro que tienes en tus manos.

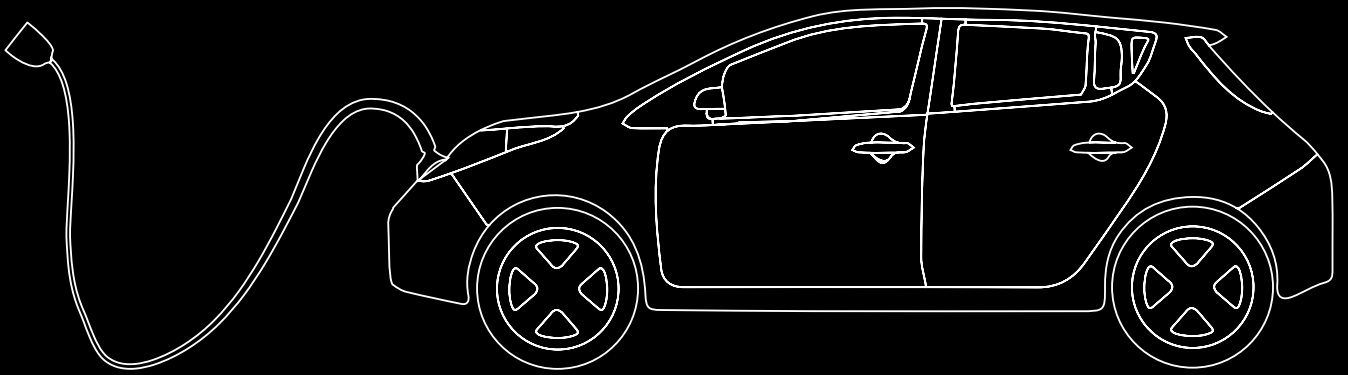
En los próximos años seremos testigos de una de las transformaciones más importantes en la historia de la movilidad, la cual contribuirá a la descarbonización, al mismo tiempo que generará nuevos empleos y desarrollará tecnologías más limpias.

Las siguientes páginas presentan información y reflexiones para prepararnos para dichos desafíos. Con el apoyo de todas y todos los que participan en la cadena de suministro, conseguiremos posicionar a México en el lugar que le corresponde como líder mundial en la fabricación de autopartes y en la industria automotriz de vehículos eléctricos.

Atentamente,

Francisco N. González Díaz
Presidente Ejecutivo
Industria Nacional de Autopartes







Capítulo 1.

Antecedentes



Nos acercamos peligrosamente al límite de 1.5 °C que, según los científicos, es el nivel máximo de calentamiento para evitar los peores efectos climáticos.

Acuerdos ambientales internacionales

Los fenómenos meteorológicos como nevadas, huracanes, incendios e inundaciones extremas de los últimos años han provocado trastornos en la actividad económica y la cadena de suministro globales. Por ejemplo, la nevada en el estado de Texas (enero, 2021),¹ que tuvo como consecuencia el cierre de las plantas de semiconductores y agravó la escasez que la industria automotriz sufría derivado de la pandemia de SARS-CoV-2; las inundaciones en la zona central de China (julio, 2021) que obligó a empresas como Nissan y SAIC Motors a cerrar plantas y reducir la producción de vehículos; y la ola de calor e incendios (junio, 2022) en Europa con temperaturas superiores a los 40° C² que presionaron al sistema eléctrico de varios países.

Ante este escenario, António Manuel de Oliveira Guterres, Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ha sido enfático al declarar que “los combustibles fósiles son la causa de la crisis climática” y que “nos acercamos peligrosamente al límite de 1.5 °C que, según los científicos, es el nivel máximo de calentamiento para evitar los peores efectos climáticos.”³ Coincidentemente, en 2022 se cumplen 50 años de los primeros pasos, en el plano internacional, para analizar y tomar acciones sobre los efectos del impacto de la actividad humana en el medio ambiente. El primer hito fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972 donde el tema del medio ambiente fue central; los participantes adoptaron principios para la gestión racional del medio ambiente, incluida la Declaración y el Plan de Acción de Estocolmo para el Medio Humano⁴. Esto como prioridad no solo para los gobiernos, sino para la sociedad civil, las empresas y los responsables de la formulación de políticas.⁵ La conferencia dio origen al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), entidad de la ONU responsable de monitorear el estado del medio ambiente.

1 Jacques, L. (2022). How Climate Change Is Disrupting the Global Supply Chain. 27 de julio de 2022, de Yale Environment 360 Sitio web: <https://e360.yale.edu/features/how-climate-change-is-disrupting-the-global-supply-chain#:~:text=Scientists%20say%20that%20such%20climate,and%20per-haps%20more%20%E2%80%94%20by%202100>

2 Buscar en la página de la NASA el mapa que muestra la ola de calor. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150083/heatwaves-and-fires-scorch-europe-africa-and-asia>

3 <https://www.un.org/es/climatechange/articles/world-is-burning-renewables-revolution>.

4 <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>.

5 <https://mexico.un.org/es/167731-2022-en-modo-emergencia-por-el-medio-ambiente>.

Línea del tiempo de acción por el clima



Fuente: INA con información de Naciones Unidas <https://unfccc.int/es>

El Acuerdo de Copenhague y las futuras negociaciones sobre el cambio climático

Tuvieron que pasar varias décadas desde esa primera manifestación de voluntad política sobre el cuidado del medio ambiente para que los gobiernos plantearan la necesidad de acuerdos más estrictos. Un primer ejemplo fue el Protocolo de Kioto (2005-2012), que resultó parcialmente vinculante. Por otra parte, la COP15, celebrada en Copenhague en 2009, promulgó el acuerdo internacional contra el cambio climático. Este documento generó expectativas que no se cumplieron debido a que el acuerdo no era legalmente vinculante en la reducción de emisiones.

Pero uno de los aspectos positivos del Acuerdo de Copenhague fue “el reconocimiento de la necesidad de limitar el incremento en la temperatura global a 2° C” y de alcanzar un “techo de emisiones global y por países lo antes posible.”⁶ Los países que suscribieron el Acuerdo representaron el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero globales.

Tras el Acuerdo de Copenhague, se sucedieron diversas reuniones que, con avances y retrocesos, permitie-

ron llegar a la negociación del Acuerdo de la capital francesa. Este acuerdo fue firmado por 196 partes en la COP21 de París, el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. El principal objetivo “es limitar el calentamiento mundial a muy por debajo de 2, preferiblemente a 1.5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales. Para alcanzar este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo.”⁷

En este escenario global, cada uno de los países está obligado a dar soluciones tecnológicas y de política pública que aseguren bajas emisiones de carbono y la creación de nuevos mercados. En estos últimos años se ha observado que más países, regiones, ciudades y empresas están estableciendo objetivos de neutralidad de carbono o cero neto de emisiones.⁸ Las soluciones de neutralidad de carbono se están volviendo competitivas en todos los sectores económicos y ya representan el 25% de las emisiones. Esta tendencia pone en el centro de la acción a los sectores de la energía y el transporte, y ha creado muchas nuevas oportunidades de negocio para los que se adelantan. Se estima que para 2030, las soluciones de neutralidad de carbono podrían ser competitivas en

6 <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>

7 <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>

8 Neutralidad de carbono o cero neto de emisiones significa que cualquier emisión se equilibrará con esquemas para compensar una cantidad equivalente de gases de efecto invernadero de la atmósfera, como plantar árboles o usar tecnología como la captura y el almacenamiento de carbono.

Las soluciones de neutralidad de carbono se están volviendo competitivas en todos los sectores económicos y ya representan el 25% de las emisiones.

sectores que representan más del 70% de las emisiones mundiales.⁹

Bajo este contexto, la industria automotriz ha estado en el ojo del huracán de la agenda de política pública ambiental, particularmente con el tema de la fuerte contribución de la industria del transporte y de la movilidad en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta contribución en términos generales, proviene de dos fuentes:

“En primer lugar, está la contribución del transporte por carretera de pasajeros y mercancías que está relacionado con la actividad económica, el uso final de los productos de la industria automotriz. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de la ONU estima que el sector del transporte en su conjunto representa aproximadamente el 23% de las emisiones totales de CO₂ relacionadas con la energía”.¹⁰

También, de acuerdo con David Leggett, se estima que los automóviles, camiones, autobuses y otros vehículos contribuyen con casi las tres cuartas partes de las emisiones de CO₂ del transporte.

Ante este escenario, los gobiernos han seguido diversas estrategias para permitir que la industria automotriz transite hacia escenarios de mitigación de emisiones y emisiones netas cero. Un buen ejemplo es CARS 21 High Level Group liderado por las autoridades de la Unión Europea en 2005¹¹, en el que un grupo de exper-

tos de la industria automotriz elaboró un mapa de ruta sobre el futuro de la industria. El principal objetivo fue definir acciones para alcanzar los objetivos de mediano plazo en materia de reducción de gases invernadero y el mejoramiento de la calidad del aire. Quizá la conclusión más importante fue que la tecnología de motores de combustión interna enfrentaría cambios tecnológicos radicales que incluiría la mejora en la eficiencia en el uso de combustibles fósiles; con estas acciones se esperaba una reducción en las emisiones de GEI. De manera complementaria, se incluyeron recomendaciones para impulsar nuevas tecnologías como los vehículos híbridos y eléctricos, sin ser estas todavía el centro del análisis.

Algunos ejemplos de reglamentación ambiental que persiguen la reducción de emisiones están encabezadas por las implementadas por Estados Unidos, reglas del Corporate Average Fuel Economy (CAFE)¹² que se aproximan al problema a través de los fabricantes desde una dirección de economía de combustible promedio de flota (y sanciones por incumplimiento). Por su parte, la Unión Europea ha optado por sanciones y multas a los fabricantes vinculados a los niveles medios de CO₂ de la flota. Mientras que el enfoque de China ha estado dirigido por prioridades económicas y estratégicas nacionales, que han puesto a los vehículos eléctricos en el centro de sus planes de desarrollo a largo plazo.¹³ Cada una de estas regulaciones serán revisadas más adelante con mayor detalle.

9 <https://onuhabitat.org.mx/index.php/que-es-el-acuerdo-de-paris>

10 Leggett, D. (2021). COP26 – climate change and the automotive sector (1). COP26 – climate change and the automotive sector (1), de Just Auto Sitio web: <https://www.just-auto.com/analysis/cop26-climate-change-and-the-automotive-sector-1/>

11 European Commission. (2012). Cars 21 High Level Group. On the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union . 21 de julio de 2022, de European Commission Sitio web: <https://www.fiaregion1.com/wp-content/uploads/2018/06/Cars-21-High-Level-Group-2012.pdf>

12 El propósito de los estándares CAFE es reducir el consumo de energía aumentando la economía de combustible de automóviles y camionetas. Dichos estándares son promedios de toda la flota que cada fabricante de automóviles debe lograr para su flota de automóviles y camiones cada año. Para más detalles, ver: <https://www.transportation.gov/mission/sustainability/corporate-average-fuel-economy-cafe-standards>

13 Leggett, D. (2021). COP26 – climate change and the automotive sector (1). COP26 – climate change and the automotive sector (1), de Just Auto Sitio web: <https://www.just-auto.com/analysis/cop26-climate-change-and-the-automotive-sector-1/>

Ante este escenario, los gobiernos han seguido diversas estrategias para permitir que la industria automotriz transite hacia escenarios de mitigación de emisiones y emisiones netas cero.



Tendencias en el comportamiento del consumidor

Lo que por años promovieron las armadoras y los gobiernos a nivel mundial, la pandemia parece haberlo conseguido en meses: el interés por los vehículos más sostenibles y en especial los vehículos eléctricos (VE). Entre los consumidores, la conciencia ecológica y los problemas ambientales son considerados actualmente el factor principal para los compradores de vehículos eléctricos en todos los grupos de edades. Los incrementos en las ventas de vehículos eléctricos son parte de un resurgimiento más amplio en la compra de automóviles, impulsado por los cambios en los patrones de movilidad y el riesgo percibido de SARS-CoV-2.¹⁴

De acuerdo con el World Economic Forum (WEF), se espera que para el 2050, alrededor del 70% de la población mundial vivirá y trabajará en áreas urbanas. Las ciudades y sus alrededores requieren transformaciones importantes para crear condiciones de vida sostenibles para sus residentes: la movilidad y la energía son las dos variables clave en este desafío.¹⁵ Sin duda, los cambios en los esquemas de transporte son relevantes en este proceso.

Un estudio global de Deloitte sobre el consumidor automotor¹⁶ muestra que los vehículos personales siguen siendo el medio de transporte preferido por la población. Y si bien la disposición a pagar por tecnologías avanzadas sigue siendo limitada, el interés en los vehículos eléctricos está siendo impulsado por menores costos de funcionamiento y una mejor experiencia.

Anteriormente, muchos consumidores expresaron preocupaciones generalizadas sobre la sostenibilidad, pero esas preocupaciones no se tradujeron en acción cuando se trataba de comprar su próximo automóvil; sin embargo, hoy sí vemos un impacto en el mercado. El último “EY Mobility Lens Consumer Index” muestra uno de los mayores cambios observados, tanto en las intenciones de compra como en las motivaciones entre los consumidores de los principales mercados internacionales. Al menos el 41% de los consumidores que tienen la intención de comprar un automóvil nuevo están considerando un VE; el 66% de ellos, en los próximos 12 meses. Eso representa un aumento del 11% respecto a la ola inicial de la pandemia y un momento decisivo en las actitudes de los consumidores que podría impactar en la demanda de vehículos eléctricos y vehículos con tren motriz alternativo.¹⁷

14 Miller, R., Cardell, M. y Batra, G. (2021). How did a global crisis pave the way for EV sales? 25 de julio de 2022, de EY Sitio web: https://www.ey.com/en_cz/automotive-transportation/how-did-a-global-crisis-pave-the-way-for-ev-sales

15 World Economic Forum. (2018). Electric vehicles for smarter cities: the future of energy and mobility. 20 de julio de 2022, de WEF Sitio web: https://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf

16 Nieblas, M. y Torrijos, A. (2022). Estudio Global del Consumidor Automotriz 2022 Siguiendo las tendencias clave en la industria automotriz. 20 de julio de 2022, de Deloitte, sitio web: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/manufacturing/articles/estudio-consumidor-automotriz-2022.html>

17 Miller, R., Cardell, M. y Batra, G. (2021). How did a global crisis pave the way for EV sales? 25 de julio de 2022, de EY Sitio web: https://www.ey.com/en_cz/automotive-transportation/how-did-a-global-crisis-pave-the-way-for-ev-sales

Las ciudades y sus alrededores requieren transformaciones importantes para crear condiciones de vida sostenibles para sus residentes: la movilidad y la energía son las dos variables clave en este desafío.

Lo que muestran estas tendencias es un imperativo para la industria de que es necesario innovar, recurrir a nuevas herramientas y ofrecer nuevas experiencias. Los consumidores demandan opciones de movilidad más sostenibles, asequibles y funcionales en el uso personal, el transporte público o en el esquema industrial.

Conclusiones

Las tendencias actuales, como los vehículos con cero emisiones y la fabricación neutra en carbono, demuestran la creciente importancia de la sostenibilidad en la industria automotriz. Estas tendencias no solo están impulsadas por la introducción de regulaciones de emisiones más estrictas, sino también por una mayor conciencia de los problemas ambientales y de sostenibilidad dentro de la sociedad y un creciente interés entre los consumidores en vehículos sostenibles.

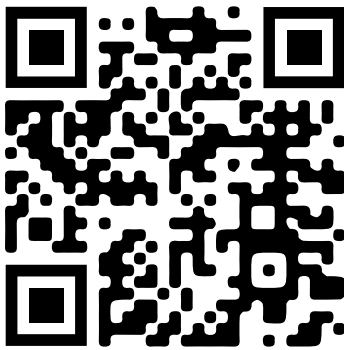
Por lo tanto, los fabricantes y proveedores de automóviles deben reevaluar la sostenibilidad de sus productos y cadenas de valor. Su mayor desafío es cumplir con los requisitos legislativos y, al mismo tiempo, garantizar una fabricación rentable y satisfacer las demandas de los consumidores.



Capítulo 2.

**Evolución de la industria
automotriz global**

Es posible que estos últimos cinco años serán vistos en el futuro como el periodo de inflexión del desarrollo y la adopción de la tecnología de los vehículos eléctricos (BEV)¹⁸. Se pueden identificar un conjunto de elementos que han coincidido para que esto suceda. Políticas públicas más restrictivas para el control de las emisiones de GEI, especialmente enfocadas en el CO₂, importantes inversiones de las empresas productoras de vehículos que permitirán una mayor variedad de marcas y modelos en el mercado, así como una disminución en



Ve el siguiente video si quieres saber sobre BEV.

el costo de los vehículos debido principalmente a la reducción del precio de las baterías y, por último y tal vez el mayor determinante, la percepción del consumidor de que la adopción de la tecnología de BEV contribuye a reducir su huella de carbono.

Más allá de las declaraciones de los fabricantes, las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina han señalado que “el período 2025-2035 podría traer la transformación más fundamental en los más de 100 años de historia del automóvil” a medida que se reducen los costos de las baterías y los vehículos eléctricos alcanzan la paridad de precios con vehículos de motor de combustión interna, llevándolos a convertirse en el “tipo dominante de vehículos nuevos vendidos para 2035”¹⁹. En todo el mundo, los países han hecho

anuncios de fechas límite en las que permitirían la venta solo de vehículos cero emisiones (ZEV) para acelerar la transición hacia un sector de transporte más limpio y electrificado.

Por su parte, los gobiernos de los países miembros de la UE²⁰ y nuestro principal socio comercial, Estados Unidos, han emprendido programas de restricción de emisiones y de incentivos económicos directos para la reconversión de plantas de manufactura automotriz para la producción de vehículos eléctricos y créditos fiscales en la compra de estos, como puede observarse en “Energy Security and Climate Change Investments in the Inflation Reduction Act of 2022.”²¹

El mercado de vehículos eléctricos en el mundo

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés)²², en tan solo un año el tamaño de la flota global de vehículos eléctricos a batería (BEV) como a celda de combustión (PHEV)²³ se incrementó en poco más de seis millones de unidades. Al parecer, ningún sector de energías renovables ha presentado este comportamiento en años tan complicados como los de la pandemia por Sars-Cov-2. De esta forma, en 2021, el tamaño del parque vehicular mundial llegó a la cifra de 16.5 millones de unidades. Dicha cifra casi se triplicó en tan solo tres años. Es posible observar en las gráficas 1 y 2 que los vehículos eléctricos a batería (BEV) son la tecnología más adoptada.

18 La Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos define vehículo eléctrico como aquel que tiene un motor eléctrico en lugar de un motor de combustión interna y se alimenta exclusivamente de la energía almacenada en las baterías. Ver: <https://www.epa.gov/greenvehicles/explaining-electric-plug-hybrid-electric-vehicles>

19 Lowell, D. y Huntington, A. (2021). Electric Vehicle Market Status - Update. 1 de agosto de 2022, de MJB & A Sitio web: https://www.mjbradley.com/sites/default/files/EDF_EV_Market_Report_April_2021_Update.pdf

20 Reglamento (UE) 2019/631 por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de CO₂ de los turismos nuevos y de los vehículos comerciales ligeros nuevos. Ver: http://publications.europa.eu/resource/ellar/2a607219-6757-11e9-9f05-01aa75ed71a1.0023.03/DOC_1

21 Ver: https://www.democrats.senate.gov/imo/media/doc/summary_of_the_energy_security_and_climate_change_investments_in_the_inflation_reduction_act_of_2022.pdf

22 International Energy Agency. (2022). Global EV Outlook 2022 Accelerating ambitions despite the pandemic. 15 de julio de 2022, de IEA Sitio web: [Global EV Outlook 2022](https://www.iea.org/global-ev-outlook-2022)

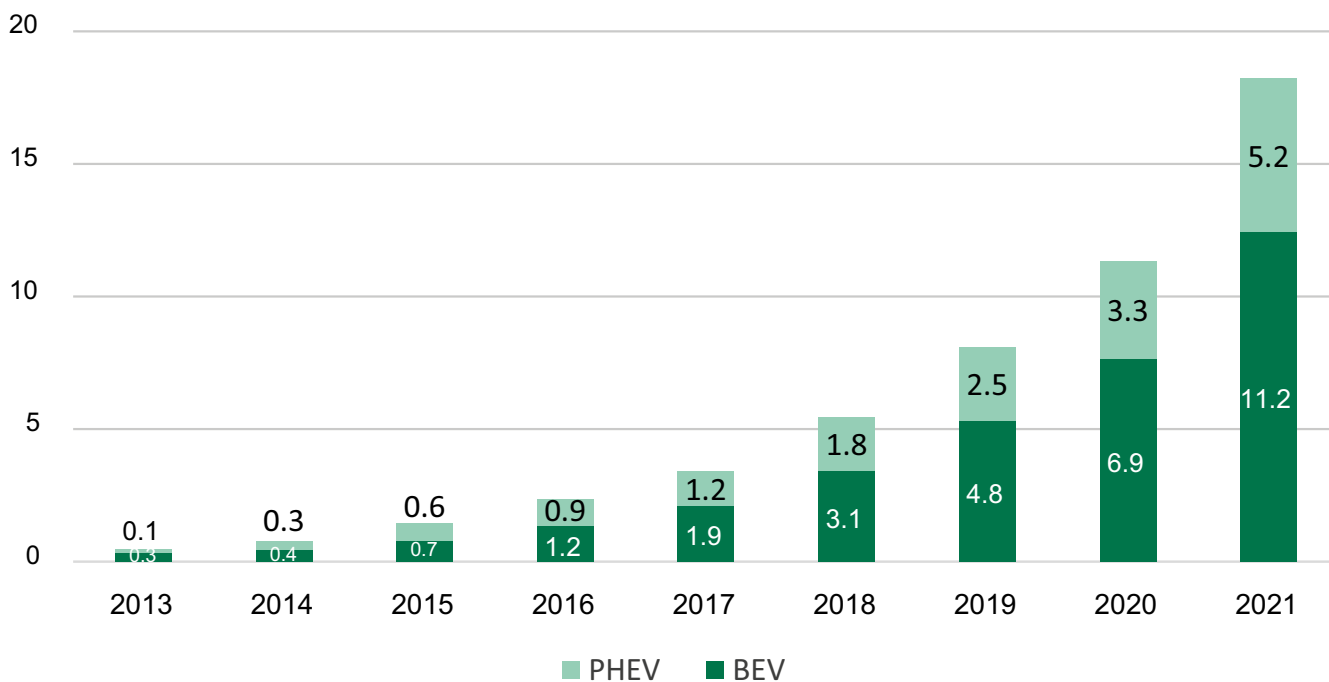
23 Los PHEV (plug-in hybrid electric vehicles) se conocen como híbridos enchufables. Funcionan con un motor de combustión y adicionalmente tienen uno o varios motores eléctricos y baterías de mayor capacidad que se recargan enchufando el coche a la red eléctrica. Ver: <https://www.epa.gov/greenvehicles/explaining-electric-plug-hybrid-electric-vehicles>

Diagrama 1. Principales inversiones en VE



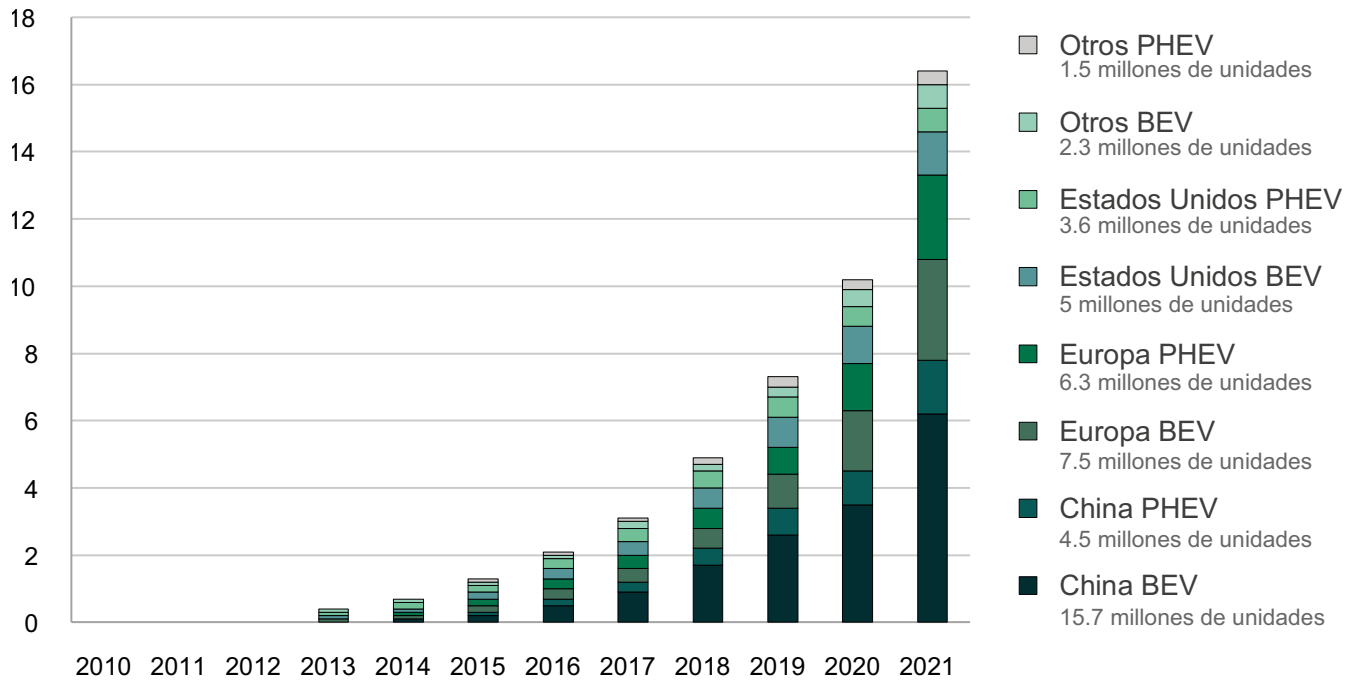
Fuente: INA con información propia de las empresas. Ver comunicados de prensa en referencias.

Gráfica 1. Parque vehicular de VE



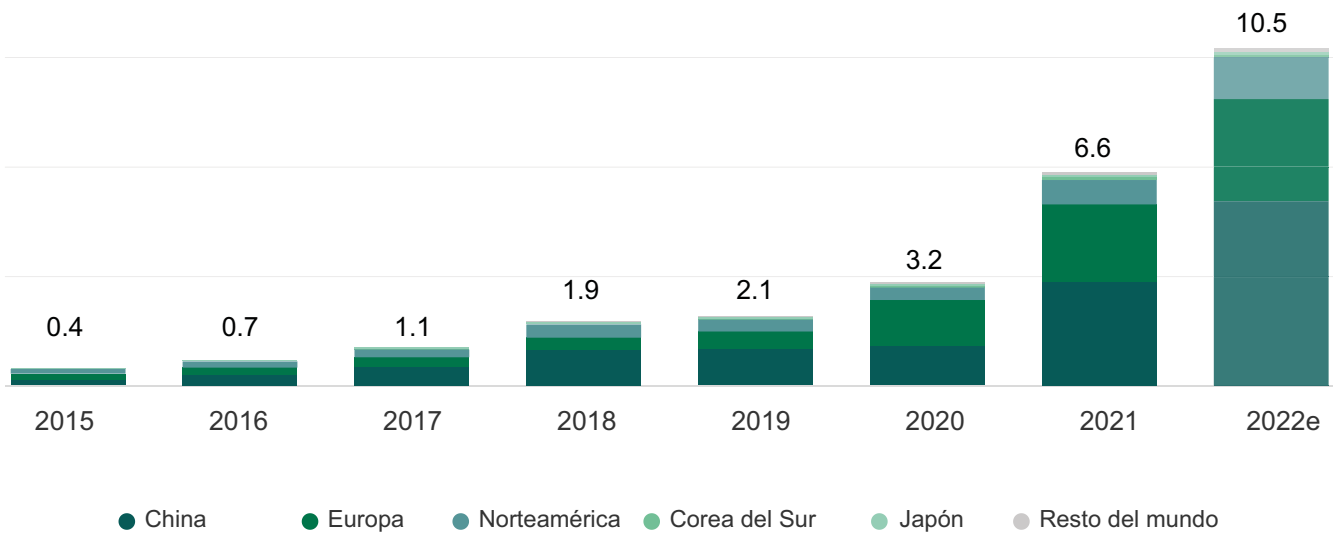
Fuente: INA con información de la Agencia Internacional de Energía.

Gráfica 2. Parque vehicular de VE por tipo de tecnología

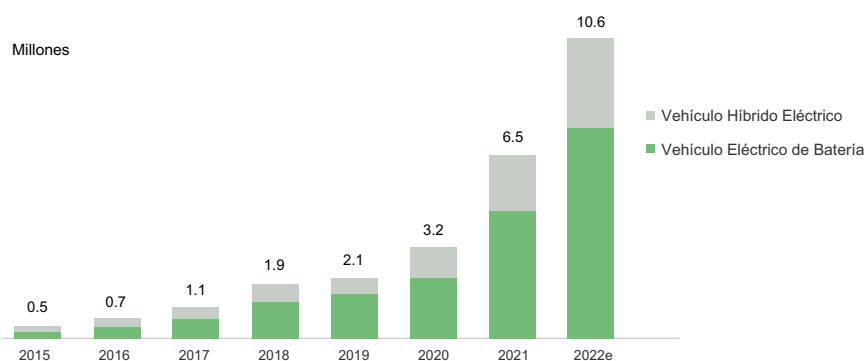


Fuente: INA con información de Bloomberg.

Gráfica 3. Ventas anuales de VE de pasajeros



Fuente: INA con información de Bloomberg.

Gráfica 4. Ventas anuales de VE de pasajeros por región

Fuente: INA con información de BNEF Electric Vehicle Outlook 2022 y mercado latinoamericano de vehículos eléctricos.

Ventas globales de las 5 principales empresas de vehículos eléctricos (Plug in: BEV+PHEVs)*

Empresa	2019	Empresa	2020	Empresa	2021	Empresa	2022 / 1er Trimestre
Tesla	367,849	Tesla	499,535	Tesla	936,172	Tesla	310,411
BYD	225,757	VW Group	421,591	VW Group	757,994	BYD	285,849
Renault-Nissan-Mitsubishi	183,299	SAIC	272,210	SAIC	683,086	SAIC **	170,454
BAIC	163,838	Renault-Nissan-Mitsubishi	226,975	BYD	593,878	VW Group	154,824
BMW	145,815	BMW	195,979	Stellantis	360,953	Geely Volvo	110,253

* Los principales 5 grupos de empresas productoras cubren el 50% del total de las ventas a nivel global.

** Incluye SAIC-GM-Wuling

Fuente: INA con información de Inside EV'S

Por su parte, Bloomberg²⁴, en un reporte reciente sobre el comportamiento de las ventas anuales, establece que el ritmo de crecimiento es acelerado: son China y Europa quienes mantienen el liderazgo comercial. También estima un crecimiento en ventas de un poco más de cuatro millones de unidades para 2022. De acuerdo con la IEA, existen un par de datos que pueden indicar

la transformación del mercado en solo diez años; el primero, es el hecho de que las ventas de 2012 ascendieron a 120 mil vehículos. Dicha cifra representó las ventas en una semana en 2021, y en ese mismo año, las ventas representaron el 9% del mercado mundial de automóviles y cuadruplicaron la participación de mercado que tuvieron en 2019.²⁵

24 BNEF Electric Vehicle Outlook 2022 y mercado latinoamericano de vehículos eléctricos.

25 International Energy Agency. (2022). Global EV Outlook 2022 Accelerating ambitions despite the pandemic. 15 de julio de 2022, de IEA Sitio web: [Global EV Outlook 2022](https://www.iea.org/en/global-ev-outlook-2022)

En cuanto a las ventas históricas de vehículos eléctricos clasificados por sistema de transmisión, se observa que los BEV conservan la tendencia dominante, ya que esta tecnología tiene una relación de 2 a 1 con respecto a las ventas de vehículos tipo PHEV.

De manera global es posible observar que, desde 2019, la empresa Tesla ha mantenido un liderazgo marcado en ventas globales, alcanzando la cifra de 936,172 vehículos vendidos en el mundo en 2021. En ese mismo año, VW alcanzó la cifra de 759,994 en ventas y el tercer lugar lo ocupó la empresa china SAIC; y para 2022, la empresa Bloomberg espera que este segmento de mercado supere los 10 millones de unidades vendidas. Mientras que en Estados Unidos en 2021 la cifra de ventas de vehículos eléctricos alcanzó la cifra de 630,000 unidades²⁶. Tomando en cuenta algunas marcas seleccionadas²⁷ es posible observar la siguiente distribución de ventas entre 2020 y 2021 en la tabla derecha.

Por su parte, en el mercado de Estados Unidos, Tesla²⁸ ha sido la marca que ha liderado este segmento con sus modelos X, Y, S y 3 durante los últimos 3 años. En 2022, de acuerdo con los expertos, se dio una importante competencia entre las marcas nacidas eléctricas como los son Tesla y Lucid²⁹, por ejemplo, y las marcas automotrices “tradicionales” con el lanzamiento de modelos eléctricos, algunos nuevos y otros con versiones eléctricas como es el caso de la empresa Ford con la versión eléctrica del emblemático Mustang.

¿Qué explica este crecimiento?

Ya se ha comentado que el fenómeno es multivariable y uno de ellos es el compromiso de la industria automotriz global para crear plataformas de producción en diversos modelos y mejorar condiciones de velocidad de carga de las baterías y la autonomía de los BEV.

Ventas de vehículos eléctricos (marcas seleccionadas en Estados Unidos)

MARCA	2020	2021
Tesla Modelo Y	39.200	172.700
Tesla Modelo 3	114.900	128.600
Ford Mustang Mach-E	3	27.140
Volvo XC4	23.778	26.844
Chevrolet Bolt	20.754	24.828
VW ID4	0	16.742
Nissan Leaf	9.564	14.239
Audi e-tron	7.202	10.921
Tesla Modelo S	14.700	9.100
Kia Niro	2.438	3.698
Tesla Modelo X	20.600	3.000
BMW i3	1.508	1.476
Mercedes Benz EQS	0	443

Fuente: INA con información de Automotive News Research & Data Center y KEEA.

Según la IEA, en 2021 estuvieron disponibles en el mercado 450 modelos de vehículos eléctricos y la tasa de crecimiento promedio anual del periodo 2015-2021 fue de 34%.

Por segmento de mercado y tipo de vehículos, es posible observar que China concentra 298 modelos, Europa 184 y Estados Unidos 63. Los modelos que destacan en los tres mercados son SUV y vehículos medianos, con las siguientes participaciones para SUV: 44.3%, 44.6% y 57.1%, mientras que para vehículos medianos la distribución es de 23.5%, 22.3% y 22.2%, respectivamente.³⁰

26 En China, las ventas de automóviles eléctricos casi se triplicaron en 2021 a 3,3 millones, lo que representa aproximadamente la mitad del total mundial. Las ventas también crecieron con fuerza en Europa (aumentando un 65% a 2,3 millones) y Estados Unidos (más del doble a 630 000). Fuente: IEA.

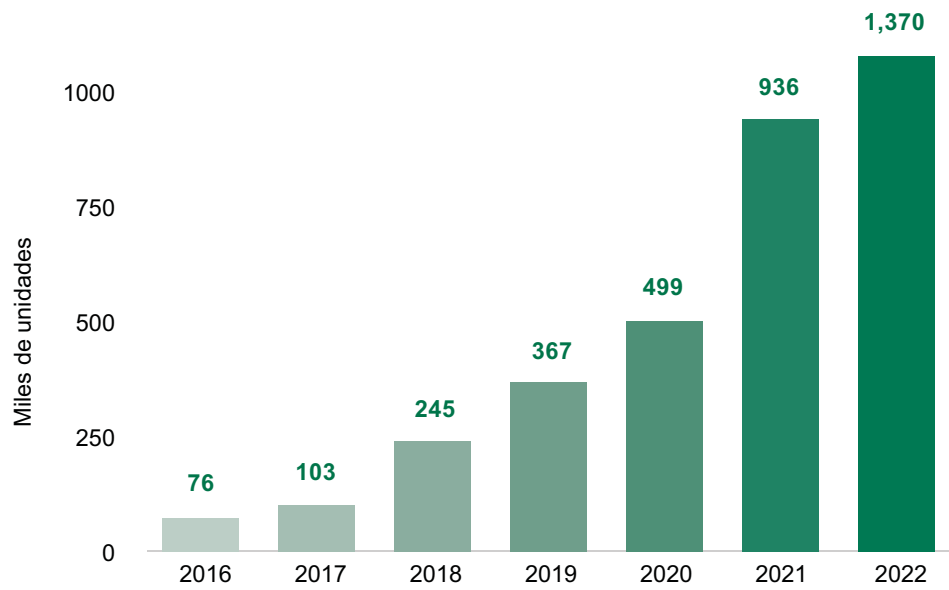
27 IEA y las ventas de las marcas seleccionadas representan el 70% del total de las ventas en 2021.

28 <https://www.statista.com/statistics/502208/tesla-quarterly-vehicle-deliveries/>

29 Lucid Group reportó, al cierre del año 2021, pedidos por más de 25,000 unidades y declara tener capacidad instalada para 2022 de 34,000 unidades y potencial en ventas de \$2.4 miles de millones de dólares. Fuente: Lucid Group. (28 de febrero de 2022). Fourth quarter and fiscal year 2021 earnings. Recuperado de <https://ir.lucidmotors.com/news-releases/news-release-details/lucid-announces-fourth-quarter-and-full-year-2021-financial>

30 International Energy Agency. (2022). Global EV Outlook 2022 Accelerating ambitions despite the pandemic. 15 de julio de 2022, de IEA Sitio web: [Global EV Outlook 2022](https://www.iea.org/en/global-ev-outlook-2022)

Gráfica 5. Producción de vehículos TESLA



Fuente: INA con información de Statista.



Tesla

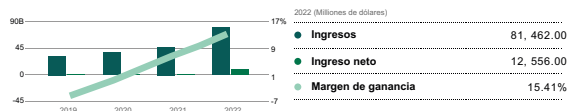
www.tesla.com

Tesla Inc. opera como una empresa multinacional automotriz y de energía limpia. La empresa diseña y fabrica vehículos eléctricos, almacenamiento de energía en baterías domésticas y a escala de red, paneles solares y tejas solares, y productos y servicios relacionados. Tesla es propietaria de su red de ventas y servicios, además vende componentes de trenes de potencia eléctrica a otros fabricantes de automóviles.

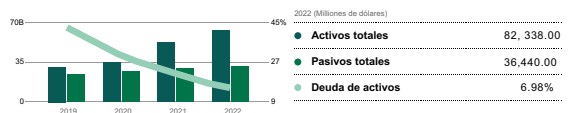


Modelo Y

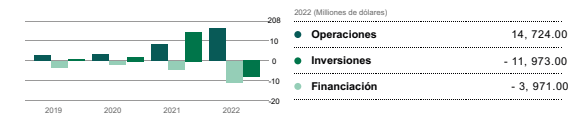
Estado de resultados



Hoja de balance



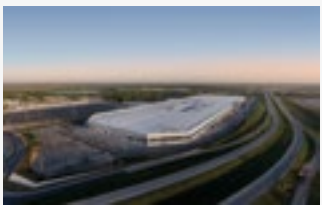
Flujo de efectivo



Modelo 3

La empresa fue fundada en 2003 por Marc Tarpenning y Martin Eberhard; actualmente la dirige Elon Musk.

- **2008:** lanzamiento del modelo Roadster, primer Sedán Premium completamente eléctrico construido desde cero.
- **2012:** la primera producción desde la fábrica de Fremont, California. La primera fábrica de Tesla produce el Modelo S, el Modelo 3, el Modelo X y el Modelo Y.
- **2015:** producción del Modelo X, el vehículo todo terreno deportivo.
- **2016:** presentación del Modelo 3, un vehículo eléctrico fabricado a gran escala. La producción comenzó en 2017.
- **2019:** marca la internacionalización de la empresa, ya que los modelos más económicos comienzan a ser ensamblados en China. Se construye la megafábrica de Tesla cerca de Shanghái, China. Se estima una inversión de 7 mil millones de dólares.
- **2022:** inauguración de las plantas de producción de vehículos eléctricos en Grünheide, cerca de Berlín, Alemania, y Texas. La inversión fue de 5 y 1.1 mil millones de dólares respectivamente, la generación potencial de 12 mil empleos y capacidad máxima de producción de 500 mil vehículos anuales. Tesla reportó ingresos del año fiscal 2021 por 17,719 millones de dólares, con un margen de negocio neto del 27% y un flujo libre de caja de 2,775 millones. El Modelo 3 fue el auto más vendido en Europa.
- **2023:** Tesla anuncia inversión por 5,000 millones de dólares para construir una planta de vehículos eléctricos en Nuevo León, México.



Fuente: INA con información de Tesla Inc., Bloomberg, ABC Motors, Deutsche Welle y Reuters.

Gráfica 6. Modelos de VE en 2021

Estado y evolución de la disponibilidad de modelos de vehículos eléctricos, 2015-2021



Notas: Vehículo eléctrico de batería BEV; PHEV = vehículo híbrido enchufable. Los autos pequeños incluyen los segmentos A y B. Los autos medianos incluyen los segmentos C y D. Los crossovers son un tipo de vehículo utilitario deportivo (SUV) construido sobre una plataforma de automóvil de pasajeros. Los autos grandes incluyen los segmentos E y F y los vehículos polivalentes. Los modelos de vehículos no incluyen los distintos niveles de equipamiento.

Fuente: INA con información de Análisis de la IEA basado en EV Volumes y Marklines.

En 2021, algunos fabricantes OEM anunciaron planes de reconfiguración de sus líneas de productos para producir solo vehículos eléctricos. De esta manera, en 2030:

- Toyota planea contar con 30 modelos BEV y alcanzar el objetivo anual de 3.5 millones de unidades vendidas³¹.
- Volvo venderá solamente autos eléctricos.
- Ford proyecta vender únicamente coches eléctricos en Europa.
- Stellantis apunta a que el 70% de sus ventas en Europa y el 35% de las destinadas al mercado norteamericano serán de autos eléctricos.
- Volkswagen calcula que el 70% de sus ventas serán de autos eléctricos en Europa y 50% en China y Estados Unidos.
- Mientras que General Motors (GM) planea ofrecer solo vehículos ligeros eléctricos en 2035.³²

Se estima que las empresas automotrices OEM invertirán alrededor de \$268 mil millones de dólares³³ de manera global en la electrificación de sus plataformas de producción de vehículos ligeros en los siguientes siete años.

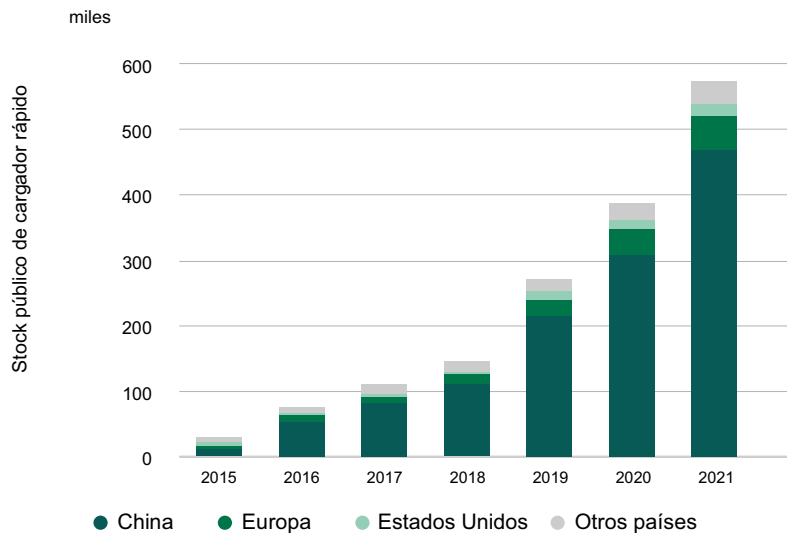
A manera de resumen, la consultora Deloitte muestra en el diagrama 2 el panorama general del posicionamiento de las empresas de automóviles para el segmento de vehículos eléctricos de manera global (pág. 26).

31 Ibid.

32 Lowell, D. y Huntington, A. (2021). Electric Vehicle Market Status - Update. 1 de agosto de 2022, de MJB & A Sitio web: https://www.mjbradley.com/sites/default/files/EDF_EV_Market_Report_April_2021_Update.pdf

33 Lowell, D. y Huntington, A. (2021). Electric Vehicle Market Status - Update. 1 de agosto de 2022, de MJB & A Sitio web: https://www.mjbradley.com/sites/default/files/EDF_EV_Market_Report_April_2021_Update.pdf

Gráfica 7. Cargadores públicos rápidos disponibles en el mundo (2015-2021)



Fuente: INA con información de la Agenda Internacional de Energía.

En 2021, algunos fabricantes OEM anunciaron planes de reconfiguración de sus líneas de productos para producir solo vehículos eléctricos.

Infraestructura de la red de puntos de carga e inversiones

Según la IEA³⁴, en 2021 los puntos de carga públicos disponibles globalmente aumentaron casi un 40%. Este hecho se presentó aun cuando hubo un efecto de desaceleración en la construcción de red de carga en los años de la pandemia. Es clara la relación entre el crecimiento del parque vehicular de VE y el tamaño y tipo de la red de carga necesaria para sustentar el crecimiento del mercado.

Actualmente, la mayor parte de esta red es privada, es decir, los puntos de carga son residenciales o pertenecen a lugares de trabajo. Los consumidores esperan que los servicios de carga eléctrica sean parecidos a los que han experimentado con los vehículos convencionales, en calidad, autonomía y simplicidad. En el año en cues-

tión, el total de cargadores públicos en el mundo fue de 1.8 millones, un tercio de ellos son cargadores rápidos y se instalaron casi 500 mil cargadores adicionales. Esta cantidad fue superior al total de cargadores públicos disponibles en 2017³⁵.

La cantidad de cargadores de acceso público aumentó un 37% en 2021, que es inferior a la tasa de crecimiento de 2020 (45%) y a las tasas de despliegue previas a la pandemia. La tasa de crecimiento anual promedio fue de casi el 50% entre 2015 y 2019. En 2021, el stock de cargadores rápidos aumentó un poco más que en 2020 (48% frente al 43%) y la carga lenta disminuyó (33% frente al 46%). Como en años anteriores, China es el líder mundial en número de cargadores públicos disponibles. Cuenta con alrededor del 85% del total de cargadores rápidos y 55% de los lentos. Esto refleja el liderazgo demostrado por este país en el mercado de vehículos eléctricos.

34 IEA. Ver <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure>

35 IEA. Ver <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure>

Por otra parte, el desarrollo de infraestructura de la red de carga requiere fuertes cantidades de inversión. Bloomberg señala que en 2022 se han invertido más de \$4,800 millones de dólares en la industria de carga de vehículos eléctricos.³⁶ Estas inversiones incluyen anuncios de implementación, financiamiento de deuda y adquisiciones. Se ha detectado que el apetito por los fondos de inversión en infraestructura tiene una tendencia creciente, de tal manera que es posible ver “la carga de vehículos eléctricos como una clase de activo en proceso de maduración”.³⁷ Es necesario hacer mucho más esfuerzo para alcanzar montos de inversión de cientos de miles de millones en las próximas dos décadas.

Por su parte, BloombergNEF estima que más del 73% de la inversión en los cargadores públicos instalados a nivel mundial en 2021 fueron de carga ultrarrápida. Dicha consultora espera que la inversión acumulada en

carga supere los \$360 mil millones de dólares a nivel mundial para 2030 y más de \$1 billón para 2040 para satisfacer las necesidades de la flota de vehículos eléctricos. Se necesitan más de \$1.4 billones en un escenario de cero neto donde toda la flota de vehículos estaría en camino de ser eléctrica para 2050. Se espera que alrededor del 60% de esta inversión se utilice para poner cargadores rápidos de corriente continua (CC) entre 50 kilovatios y 1000 kW en el terreno.

Entendiendo el paradigma del vehículo eléctrico

Un motor de combustión interna (ICE) enciende mediante una chispa y el combustible se inyecta en la cámara de combustión y se combina con aire.³⁸ Esta mezcla se enciende por una chispa de la bujía. Además este tipo de motor es térmico debido a que la combustión se



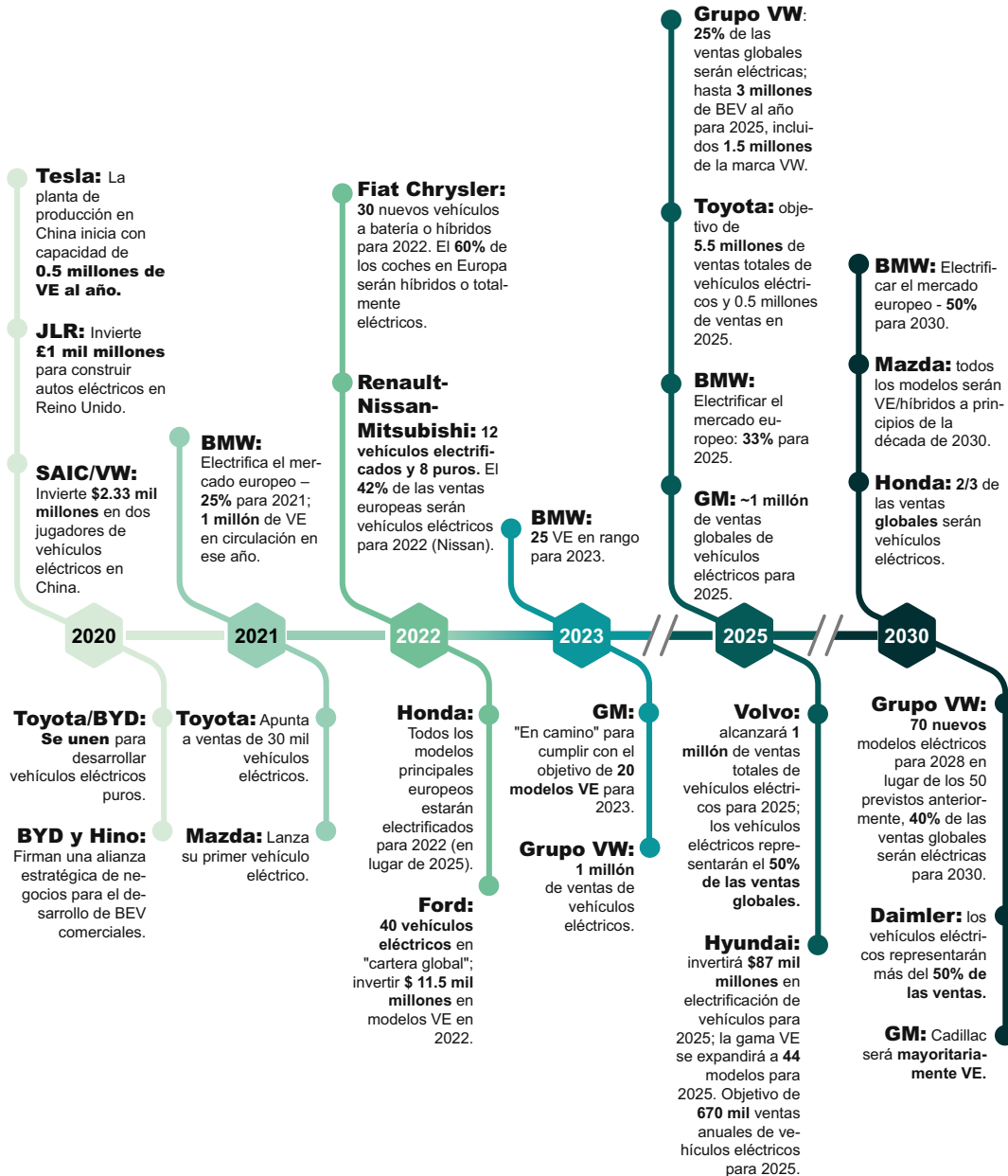
36 Fisher, R. (2022). Car-Charging Investment Soars, Driven by EV Growth and Government Funds. 16 de agosto de 2022, de Bloomberg. Sitio web: https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-08-16/car-charging-investment-soars-driven-by-ev-growth-and-government-funds?cmpid=-BBD081622_hyperdrive&utm_medium=email&utm_source=newsletter&utm_term=220816&utm_campaign=hyperdrive

37 Idem.

38 US Department of Energy <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work>

Diagrama 2. Línea del tiempo de objetivos de producción de VE

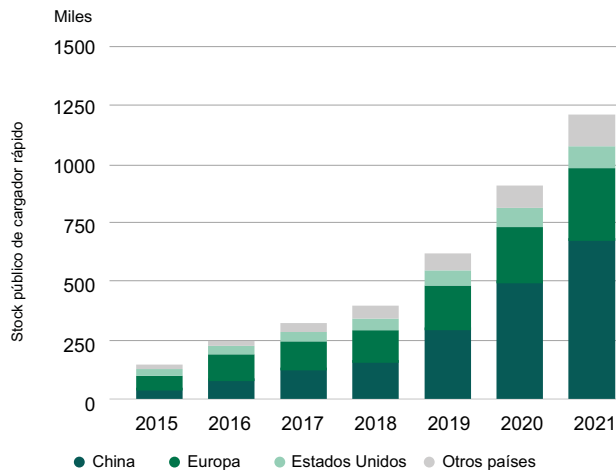
Cronología de objetivos estratégicos de OEM para vehículos eléctricos (VE)



Fuente: INA con información de Deloitte.

Es clara la relación entre el crecimiento del parque vehicular de VE y el tamaño y tipo de la red de carga necesaria para sustentar el crecimiento del mercado.

Gráfica 8. Puntos de carga rápida en el mundo



Fuente: INA con información de la Agencia Internacional de Energía

produce en el interior de sí mismo, es decir dentro del cilindro; mediante un proceso en el que se transforma la energía química del combustible en energía mecánica.

Mientras que en un BEV existe un motor eléctrico en lugar de un ICE. Debido a que funciona con electricidad, el vehículo no emite gases por un tubo de escape y no contiene el combustible líquido típico, como tampoco una bomba, una línea y un tanque de combustible.³⁹

Principales cadenas de producción: Proveedores

Las baterías suelen representar entre el 30% y el 40% del valor de un vehículo eléctrico (VE), y la carrera hacia el “cero neto” se centrará en tener un esquema de producción que permita asegurar el suministro de los minerales y metales críticos necesarios para su fabricación.⁴⁰



39 US Department of Energy https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html

40 IEA. (2022). Global Supply Chains of EV Batteries. 2 de agosto de 2022, de IEA Sitio web: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4eb8c252-76b1-4710-8f5e-867e751c8dda/GlobalSupplyChainsofEVBatteries.pdf>

Tabla 1. Montos de inversiones obtenidos en 2022

Empresa	Monto de inversión
BP e Iberdrola	Mil millones de dólares para instalar 11 mil cargadores nuevos en Europa.
Blackrock, Daimler Truck y NextEra Energy Resources	Sumaron \$650 millones de dólares de inversión en la red de carga en Estados Unidos.
Electrify America	Recibió \$450 millones de dólares de VW y Siemens para fortalecer su red de carga en Estados Unidos.
NW Storm	\$300 millones de euros
Freewire	\$125 millones de dólares
EVCS	\$69 millones de dólares
Raw Charging	£250 millones de libras
Gridserver	£200 millones de libras
Instavolt	£110 millones de libras de fondos de deuda.

Fuente: INA.

Los sistemas de almacenamiento de energía son esenciales para los vehículos totalmente eléctricos, los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) y los vehículos eléctricos híbridos (HEV). Existen diferentes tipos de sistemas de almacenamiento de energía:⁴¹

Baterías de iones de litio. Las baterías de iones de litio se utilizan actualmente en la mayoría de los dispositivos electrónicos de consumo portátiles, como teléfonos celulares y computadoras portátiles, debido a su alta energía por unidad de masa en relación con otros sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. Tienen una alta relación potencia-peso, alta eficiencia energética, buen rendimiento a altas temperaturas y baja autodescarga. La mayoría de los componentes de las baterías de iones de litio se pueden reciclar, pero el costo de la recuperación de materiales sigue siendo un reto para la industria. La mayoría de los vehículos totalmente eléctricos y PHEV de hoy en día utilizan baterías de iones de litio, aunque la química exacta a menudo cambia respecto de las baterías de productos electrónicos de consumo. La investigación y el desarrollo están en curso para reducir su costo relativamente alto, extender su vida útil y abordar las preocupaciones de seguridad con respecto al sobrecalentamiento.

Baterías de hidruro de níquel-metal. Las baterías de hidruro de níquel-metal, que se utilizan de forma rutinaria en equipos informáticos y médicos, ofrecen una energía específica razonable y capacidades específicas de potencia. Las baterías de hidruro de níquel-metal tienen un ciclo de vida mucho más largo que las baterías de plomo-ácido y son seguras y tolerantes al abuso. Estas baterías han sido ampliamente utilizadas en HEV. Los principales desafíos con este tipo de baterías son su alto costo, alta autodescarga y generación de calor a altas temperaturas, y la necesidad de controlar la pérdida de hidrógeno.

Baterías de plomo ácido. Las baterías de plomo-ácido pueden diseñarse para ser de alta potencia y son económicas, seguras y confiables. Sin embargo, la energía específica disminuye, el bajo rendimiento a bajas temperaturas y el calendario y el ciclo de vida cortos impiden su uso. Se están desarrollando baterías avanzadas de plomo-ácido de alta potencia, pero estas baterías solo se utilizan en vehículos eléctricos disponibles en el mercado para cargas auxiliares.

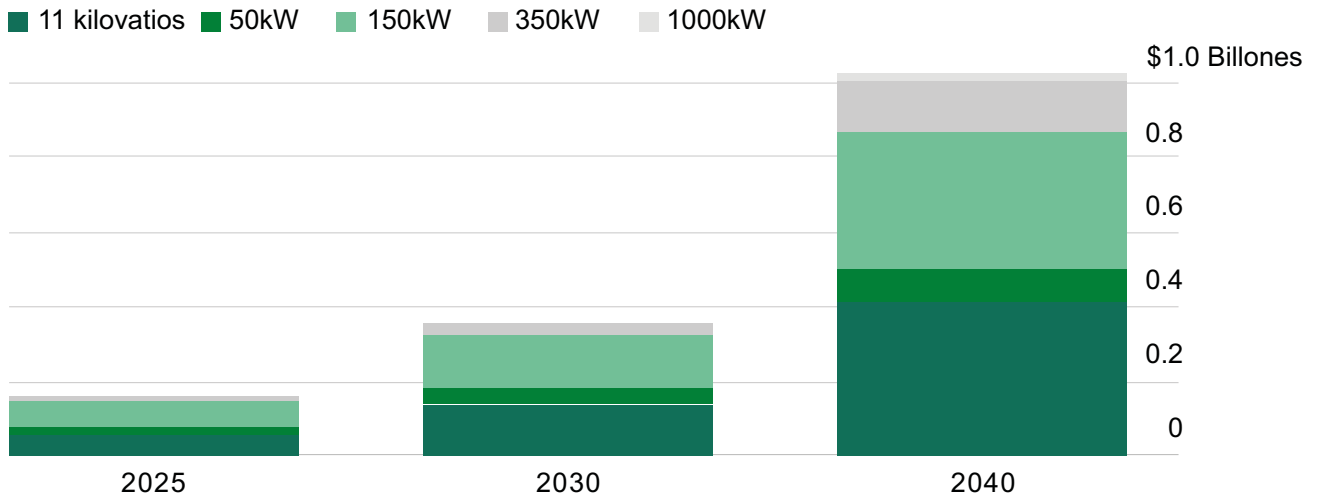
Ultracondensadores. Los ultracondensadores almacenan energía en un líquido polarizado entre un electro-

41 US Department of Energy https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html.

Gráfica 9. Inversión futura en infraestructura de carga

Se necesita más de \$1 billón

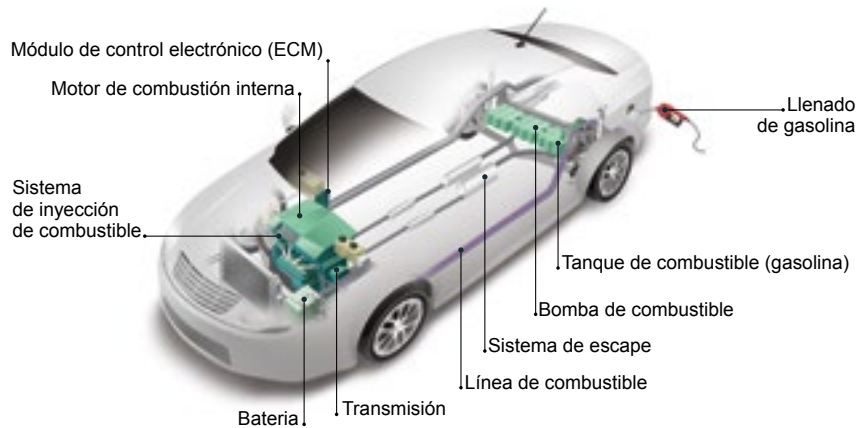
Los vehículos eléctricos requerirán una gran cantidad de inversión de carga acumulada



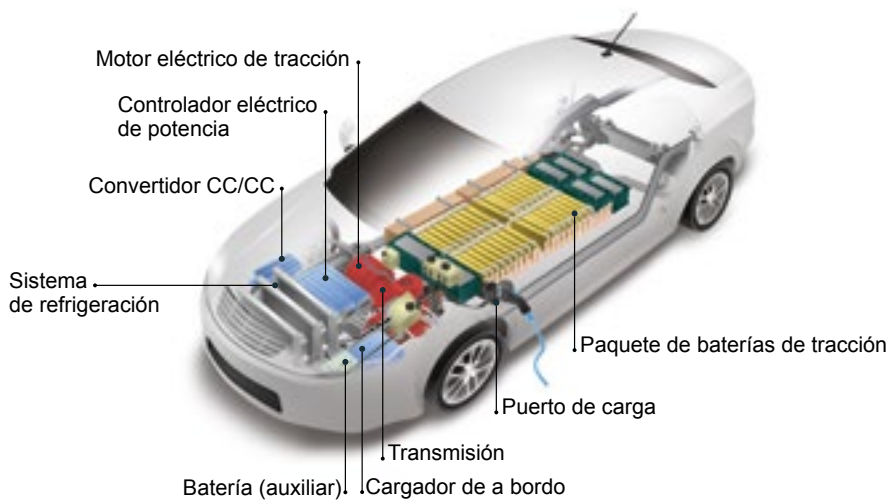
Fuente: INA.



Vehículo de gasolina



Vehículo eléctrico



Fuente: INA.

do y un electrolito. La capacidad de almacenamiento de energía aumenta a medida que se incrementa el área superficial del líquido. Los ultracondensadores pueden proporcionar a los vehículos potencia adicional durante la aceleración y el ascenso de pendientes y ayudar a recuperar la energía de frenado. También pueden ser útiles como dispositivos secundarios de almacenamiento de energía en vehículos eléctricos porque ayudan a las baterías electroquímicas a nivelar la potencia de carga.

Las cadenas de suministro actuales de baterías y minerales giran alrededor de China que produce las tres cuartas partes de todas las baterías de iones de litio y representa el 70% de la capacidad de producción de cá-

todos y el 85% de ánodos. Más de la mitad del litio, cobalto y la capacidad de procesamiento y refinación de grafito, se encuentran en China.

Europa tiene más de una cuarta parte del ensamblaje mundial de vehículos eléctricos, pero tiene muy poco de la cadena de suministro fuera del procesamiento del 20% del cobalto. Estados Unidos tiene un papel aún menor en la cadena de suministro de baterías de VE global, con solo el 10% de la producción de vehículos eléctricos y el 7% de la capacidad de producción de la batería. Corea y Japón tienen una participación considerable en la parte baja de la cadena de suministro, con el procesamiento de materias primas, en particular con

Análisis comparativo entre VCI y VE

	Vehículo de combustión Interna (VCI)	Vehículo eléctrico (VE)
Tren motriz	El tren motriz del VCI convierte el combustible en energía cinética a través del motor.	En el VE la energía directa (DC) de la batería es convertida en energía alterna (AC) y es suministrada al motor.
Eficiencia energética	El promedio de eficiencia energética es tan solo del 40%; el resto de la energía se pierde por calor o fricción.	Los vehículos eléctricos consumen mucha menos energía al recorrer la misma distancia en comparación con un vehículo de combustión interna.
Costo del combustible	El costo promedio de un galón de gasolina es de ~ 3.8 dólares, y un VCI estándar tiene capacidad para ~14 galones (~53L). Por lo tanto, ~53 dólares es el costo de llenar un tanque en promedio.	El costo promedio de 1 kW de electricidad es de 0.14 dólares/hora. Un VE estándar tarda ~7.2 kWh en alcanzar la carga completa de 50 kWh, lo que significa que el costo promedio de una carga completa de VE es de ~7 dólares.
Efecto en medio ambiente	Los VCI emiten CO ₂ y otros gases de efecto invernadero, lo que contribuye negativamente al cambio climático.	Las emisiones de carbono asociadas a los VE ocurren en una planta de energía centralizada. Los vehículos eléctricos requieren baterías hechas con una variedad de productos químicos. La extracción de estos metales de tierras raras y su disposición siguen siendo un desafío.
Incentivos	No hay exenciones gubernamentales para los VCI.	Existen varias subvenciones, subsidios e incentivos gubernamentales para ayudar a reducir el costo de poseer un vehículo eléctrico.
Costo del producto	Los VCI son más baratos de fabricar a escala.	Los BEV son más costosos a escala actual que los VCI y los híbridos cuestan más que los BEV.

Fuente: INA con Información de: RION. (2022). Insider Industrial Automotive Electrification Transformation. 25 de julio de 2022, de RION Global M&A Partners. Sitio web: https://www.globalma.com/news/Automotive_Insider_Electrification_Transformation

Los sistemas de almacenamiento de energía son esenciales para los vehículos totalmente eléctricos, los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) y los vehículos eléctricos híbridos (HEV).

la producción altamente técnica de materiales para cátodos y ánodos. Corea tiene el 15% de la capacidad de producción del material catódico, mientras que Japón representa el 14% de cátodo y 11% de la producción de material de ánodo. Empresas coreanas y japonesas también participan en la producción de otros componentes de la batería como separadores.

Los gobiernos europeos y estadounidense están implementando iniciativas para desarrollar cadenas de suministro que permitan producir baterías en estas regiones, pero es probable que la mayoría de la cadena de suministro siga siendo controlada por China hasta el 2030: el 70% de la capacidad anunciada en la producción de baterías hasta 2030 está en China.⁴²

La presión sobre el suministro de materiales críticos seguirá aumentando a medida que la electrificación del transporte se expande para cumplir con los objetivos de cero emisiones. La demanda de baterías para VE aumenta alrededor de 340 GWh en la actualidad, a más de 3,500 GWh para 2030 en el escenario de compromisos anunciados por diferentes países. Los componentes de las celdas y su suministro también tendrán que expandirse en la misma cantidad.

Se necesitan inversiones adicionales a corto plazo, particularmente en minería, donde los plazos de entrega son mucho más largos que para otras partes de la cadena de suministro, en algunos casos se requieren más de una década desde los estudios iniciales de factibilidad hasta la producción, y luego varios años más para alcanzar la capacidad de producción nominal.⁴³

La cadena de suministro de los vehículos eléctricos se refiere en términos generales a una versión de los siguientes componentes en el proceso:

- Materias primas
- Productos químicos especiales
- Componentes de la batería
- Baterías

La cadena de suministro está bajo una presión muy alta. Conforme aumenta la demanda de vehículos, aumenta la demanda por baterías de ion de litio y en consecuencia los metales como litio, níquel y cobre enfrentarán un aumento de más de cinco veces en los siguientes años. De acuerdo con las estimaciones de Bloomberg⁴⁴ entre 2021 y 2030 estarán experimentando fuertes presiones los mercados de ciertas materias primas. Lo anterior debido principalmente a que existe poco margen entre demanda y oferta de los principales componentes de las baterías actuales.

Por otra parte, algunos especialistas de la IEA comentan que,

*“Un sistema de energía impulsado por tecnologías de energía limpia difiere profundamente de uno alimentado por recursos de hidrocarburos tradicionales. Los vehículos eléctricos (VE) generalmente requieren más minerales que sus contrapartes basadas en combustibles fósiles. Un coche eléctrico típico requiere seis veces más insumos minerales que un automóvil convencional”.*⁴⁵

Es claro que los recursos minerales utilizados varían según la tecnología, pero los que siempre salen a es-

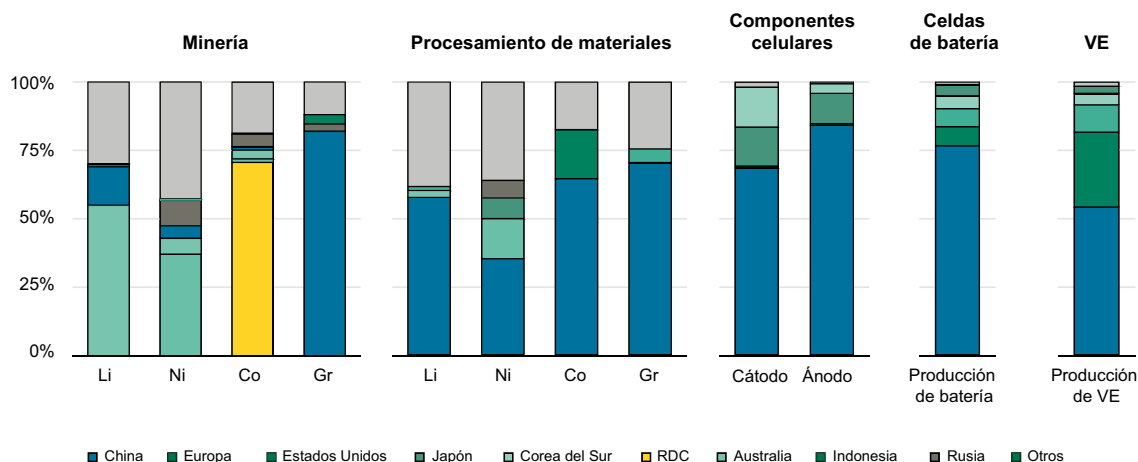
42 International Energy Agency. (2022). Global Supply Chains of EV Batteries. 2 de agosto de 2022, de IEA Sitio web: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4eb8c252-76b1-4710-8f5e-867e751c8dda/GlobalSupplyChainsofEVBatteries.pdf>

43 International Energy Agency. (2022). Global Supply Chains of EV Batteries. 2 de agosto de 2022, de IEA Sitio web: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4eb8c252-76b1-4710-8f5e-867e751c8dda/GlobalSupplyChainsofEVBatteries.pdf>

44 Bloomberg a partir de información del webinar “The rise of electric vehicles and the impact on commodity markets” del 22 de septiembre de 2022.

45 International Energy Agency. (2022). Global EV Outlook 2022 Accelerating ambitions despite the pandemic. 15 de julio de 2022, de IEA Sitio web: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>

Gráfica 10. Distribución geográfica de la cadena de suministro de las baterías eléctricas



Notas: Li=Litio, Ni=Níquel, Co=Cobalto, Gr=Grafito, RDC=República Democrática del Congo.
 El desglose geográfico se refiere al país donde se produce la producción. La minería se basa en datos de producción.
 El procesamiento de materiales se basa en la refinación de los datos de capacidad de producción.
 La producción de componentes celulares se basa en datos de capacidad de producción de materiales de cátodos y ánodos.
 La producción de celdas de batería se basa en datos de capacidad de producción de celdas de batería.
 La producción de VE se basa en los datos de producción de VE.
 Aunque Indonesia produce alrededor del 40% de níquel, poco de éste se utiliza actualmente en la cadena de suministro de baterías VE.
 Los mayores productores de níquel grado batería de clase 1 son Rusia, Canadá y Australia.

Fuente: INA con información de la Agencia Internacional de Energía.

cena son litio, níquel, cobalto, manganeso y grafito, ya que resultan cruciales para el rendimiento, la longevidad y la densidad de energía de la batería. Mientras que las tierras raras son esenciales para los imanes de las turbinas eólicas y motores de vehículos eléctricos. Las redes eléctricas utilizan una gran cantidad de cobre y aluminio. Por último, se estima que, en 2040, el 80% de las baterías se usarán en vehículos eléctricos livianos, y esto requerirá un aumento en 40 veces de la producción de litio y níquel, y 20 veces más de la de cobre, grafito y cobalto en comparación con los niveles de 2020⁴⁶.

La industria automotriz demandará mucho más níquel, litio y cobalto. En cada uno de los mercados de estas materias primas existen elementos de riesgo de abasto y problemas no resueltos en materia de impacto ambiental y social de la minería.

El níquel es importante para la autonomía de la batería. Sin embargo, el metal se usa principalmente en acero

inoxidable y las baterías representan una parte muy pequeña de la demanda mundial de níquel (5%). Hay riesgos de suministro que pueden surgir en 2024. Rusia es una parte importante de la cadena de suministro de níquel, no en minería sino en refinación y el conflicto que mantiene con Ucrania pone en riesgo la cadena.

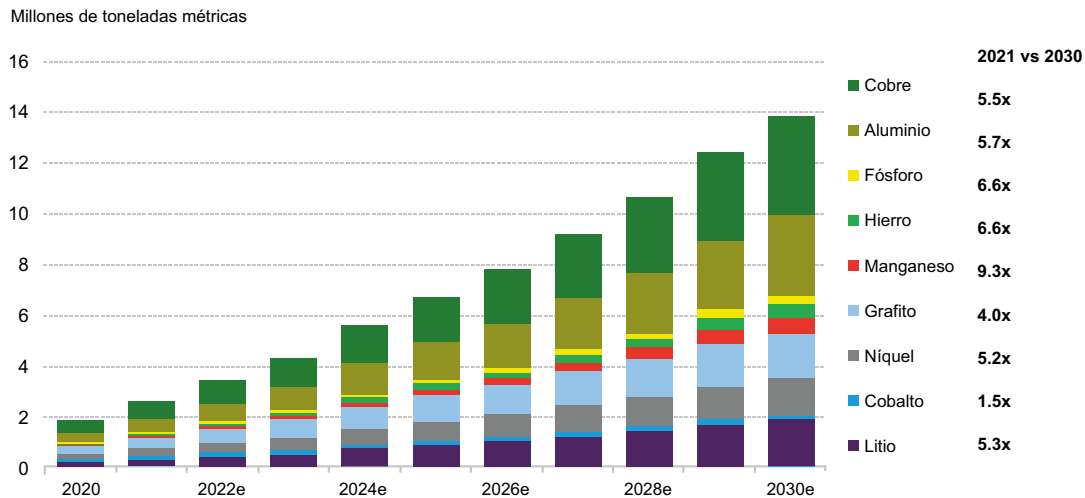
Respecto al litio, la mayoría de los PHEV y VE actuales usan baterías de iones de litio, dichas baterías tienen una alta densidad de energía. Algunos expertos señalan como posible fuente de suministro un proyecto en Salton Sea en California⁴⁷ a partir de salmueras geotérmicas y el enorme potencial de esa mina que podría satisfacer hasta el 40% de la demanda mundial. Sin embargo, todavía existe la resistencia a la minería de litio y está creciendo, incluida la oposición a una mina propuesta en Nevada.

El cobalto es clave para soportar el cátodo en las baterías de iones de litio para VE y el cobalto es casi siempre

46 International Energy Agency. (2021). The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions. 23 de septiembre 2022, de <https://www.iea.org>. Sitio web: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

47 Taylor, T. (2022). 101: Raw Materials and EV Supply Chains. 2022, septiembre 15, de EV HUB. Sitio web: [https://www.atlasevhub.com/weekly_digest/101-raw-materials-and-ev-supply-chains/#:~:text=In%20particular%2C%20let's%20look%20at,electric%20vehicle%20\(EV\)%20batteries](https://www.atlasevhub.com/weekly_digest/101-raw-materials-and-ev-supply-chains/#:~:text=In%20particular%2C%20let's%20look%20at,electric%20vehicle%20(EV)%20batteries).

Gráfica 11. La demanda de metales de las baterías de iones de litio también crecerá



Fuente: INA con información de BloombergNEF.

una extracción secundaria de minerales más grandes de níquel y cobre, lo que significa que no es independiente en el proceso y requiere un procesamiento significativo para que sea útil para la batería. Casi todo el procesamiento tiene lugar en China.

Los avances en política pública en Estados Unidos en esta materia (análisis en capítulo 2) representan un gran paso, ya que se centra en problemas específicos de la cadena de suministro de baterías, la cual enfrenta problemas relacionados con su aplicación práctica. “Teniendo en cuenta que se necesitan siete años para construir una mina y una planta de refinación, pero solo 24 meses para construir una planta de baterías, se necesita la mayor parte de esta década para establecer una industria completamente nueva en los Estados Unidos”, dijo Simon Moores, director ejecutivo de Benchmark. “Es casi imposible que cualquier país de la Alianza de Comercio Justo, entre los que se destacan Australia y Chile, pueda llenar la brecha de materia prima de China para la demanda de vehículos eléctricos de Estados

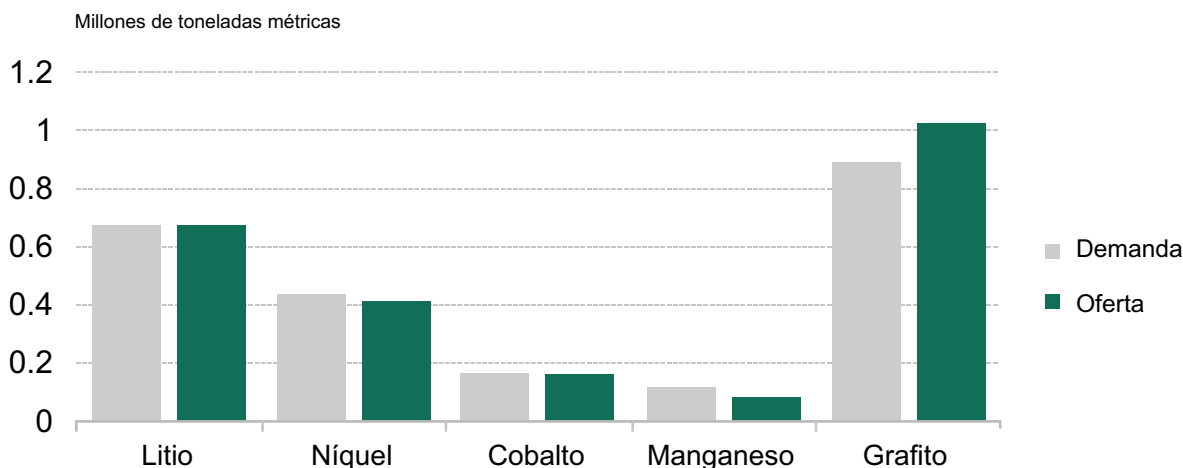
Unidos entre ahora y 2024. Para que el incentivo realmente funcione, necesita extenderlo por 4 años y permitir el desarrollo de la cadena”.⁴⁸

Políticas públicas en materia de vehículos eléctricos

El auge de los vehículos eléctricos, como hemos visto en capítulos anteriores, está siendo impulsado por diferentes factores, donde destaca el nuevo paradigma de las políticas públicas respecto a la industria automotriz. Tradicionalmente, las políticas se enfocan en generar conciencia e información en la población para impulsar ciertos temas; en contraste, ahora los gobiernos deben responder al activismo ambiental y a la preocupación de los consumidores generando regulaciones específicas, así como con incentivos e infraestructura. Ahora, las políticas públicas “crean oferta y apoyan la demanda” (ver diagrama 4 en página 38)⁴⁹.

48 Benchmark Mineral Intelligence. (2022). What does the US Inflation Reduction Act mean for the EV battery supply chain? 12 de agosto de 2022, de Benchmark Mineral Intelligence Sitio web: <https://www.benchmarkminerals.com/membership/what-does-the-us-inflation-reduction-act-mean-for-the-ev-battery-supply-chain/>

49 Transportation electrification: Global Trends Challenges and Opportunities for the US-Mexico Transportation Ecosystem August 2023.

Gráfica 12. Balance de oferta y demanda de metales para baterías en 2022

Nota: El suministro de litio y cobalto es capacidad minada, el níquel y el manganeso están contenidos en sulfato y el grafito es capacidad de ánodo. El litio se mide en equivalente de carbonato de litio.

Fuente: INA con información de BloombergNEF.

Presenciamos alrededor del mundo los anuncios de políticas gubernamentales, estrategias y compromisos presupuestarios que caracterizaron los desarrollos de VE en los últimos años (ver gráfica 13 en página 39). El gasto gubernamental en subsidios para autos eléctricos se duplicó en el año 2021 para alcanzar los 30 mil millones de dólares, a través de una gran variedad de políticas para fomentar su aceptación en el mercado. Un número creciente de países se han comprometido a eliminar gradualmente los motores de combustión interna o tienen importantes objetivos de electrificación de vehículos para las próximas décadas.

Esta tendencia se incrementa: en los últimos meses, gobiernos alrededor del mundo han anunciado los objetivos y políticas ZEV (zero-emission vehicle) más ambiciosos que se hayan registrado (Ver gráfica 13). Además de los países pioneros en el despliegue de ZEV, se han sumado otros con el compromiso de eliminar gradualmente los motores de combustión interna; otros con un objetivo de reducción de CO₂ que, en efecto, prohibiría los autos de combustión interna; y otros más con objetivos ambiciosos de fabricación de vehículos eléctricos para las próximas décadas. Se ha vuelto cada vez más claro que los gobiernos han incorporado la electrifica-

ción de automóviles y camiones como una parte clave de su estrategia para reducir las emisiones, ya sea en las contribuciones determinadas a nivel nacional o los objetivos netos cero.

Las políticas públicas globales se están enfocando a generar un clima que apoye el crecimiento de la demanda y genere las condiciones para una oferta de ZEV. El reto es mayúsculo, aunque las ventas globales de VE siguen en aumento, se requiere hacer mucho más para tener un mercado que cuente con la infraestructura de producción, distribución y carga para vehículos pesados. La pandemia del Sars-Cov-2 y la guerra de Rusia en Ucrania han interrumpido las cadenas de suministro globales y la industria automotriz se ha visto afectada. En un futuro próximo, los retrasos en la entrega de vehículos eléctricos a los clientes pueden frenar el crecimiento de las ventas en algunos mercados.⁵⁰

A pesar de este entorno adverso, pareciera que a largo plazo los esfuerzos gubernamentales y corporativos para electrificar el transporte van generando una base sólida para un mayor crecimiento en las ventas de vehículos eléctricos. La dirección estratégica y los incentivos proporcionados por los gobiernos naciona-

50 International Energy Agency. (2022). Global EV Outlook 2022 Accelerating ambitions despite the pandemic. 15 de julio de 2022, de IEA Sitio web: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>

les y estatales pueden generar señales fundamentales para cambiar la inversión y asegurar las cadenas de suministro de VE, y para que los fabricantes de equipos originales desarrollen una amplia variedad de modelos asequibles de automóviles y camiones ZEV a medida que las empresas manufactureras buscan cumplir con requisitos reglamentarios más estrictos. Es importante señalar que, aunque a nivel global los principales mercados de consumo mantienen esta tendencia, en algunas regiones como Latinoamérica se ven esfuerzos desiguales en este tema.

Algunos mercados, como China, Corea y Reino Unido, están incluso reduciendo constantemente los subsidios directos por vehículo en reconocimiento de la disminución de la brecha entre el precio de compra de los automóviles eléctricos y los autos convencionales, y como estrategia para que los fabricantes de automóviles reduzcan costos. Otros, como la UE, están utilizando medidas regulatorias como estándares de emisiones de CO₂ más estrictos. La Unión Europea, India y Japón están aumentando los subsidios para los vehículos eléctricos, en algunos casos como parte de los paquetes de recuperación post-Sars-Cov-2.

Estados Unidos de América

Destaca sin duda el caso de Estados Unidos en materia de política pública. De acuerdo con Deloitte, los consumidores de este país suelen preferir conducir vehículos con motores de gasolina, pues su precio es significativamente más bajo que en muchos otros mercados del mundo. En este contexto, el gobierno de Estados Unidos se había enfocado en estándares de emisión más flexibles y devoluciones de impuestos, políticas que frenaron la adopción de vehículos eléctricos. Las viejas percepciones sobre el rango de manejo, el costo y el tiempo de carga están resultando difíciles de cambiar a pesar de que la tecnología ha mejorado exponencialmente en un periodo de tiempo muy corto⁵¹.

Derivado de la pandemia de Sars-Cov-2 y la crisis económica, las políticas públicas parecen estar cambiando. El presidente Joe Biden promulgó en 2021 diversas iniciativas que buscan un enfoque integral de su gobierno para evaluar las vulnerabilidades y fortalecer la resiliencia de las cadenas de suministro críticas para su economía. Estas estrategias consideran que años de priorización de la eficiencia y los bajos costos por sobre la seguridad y la sostenibilidad han dado como resultado riesgos importantes que requieren un enfoque renovado. Así se evalúan la cadena de suministro y vulnerabilidades en cuatro productos clave: fabricación de semiconductores y embalaje avanzado; baterías de gran capacidad, como las de los vehículos eléctricos; minerales y materiales críticos; y productos e ingredientes farmacéuticos avanzados (API).⁵²

Se definen medidas para que la administración duplique la infraestructura de innovación, reinvertiendo en investigación y desarrollo (I+D) y acelerando la capacidad para llevar las innovaciones del laboratorio al mercado y reforzando las habilidades en el capital humano.

La reciente aprobación del paquete legislativo “Inflation Reduction Act of 2022” en el Senado de Estados Unidos, marca un hito en la política energética del país. El paquete busca que ese país alcance sus objetivos de transición energética para 2030; compromete \$369 mil millones de USD para políticas climáticas, energía limpia y considera importantes objetivos para extraer y procesar localmente minerales clave para baterías.⁵³

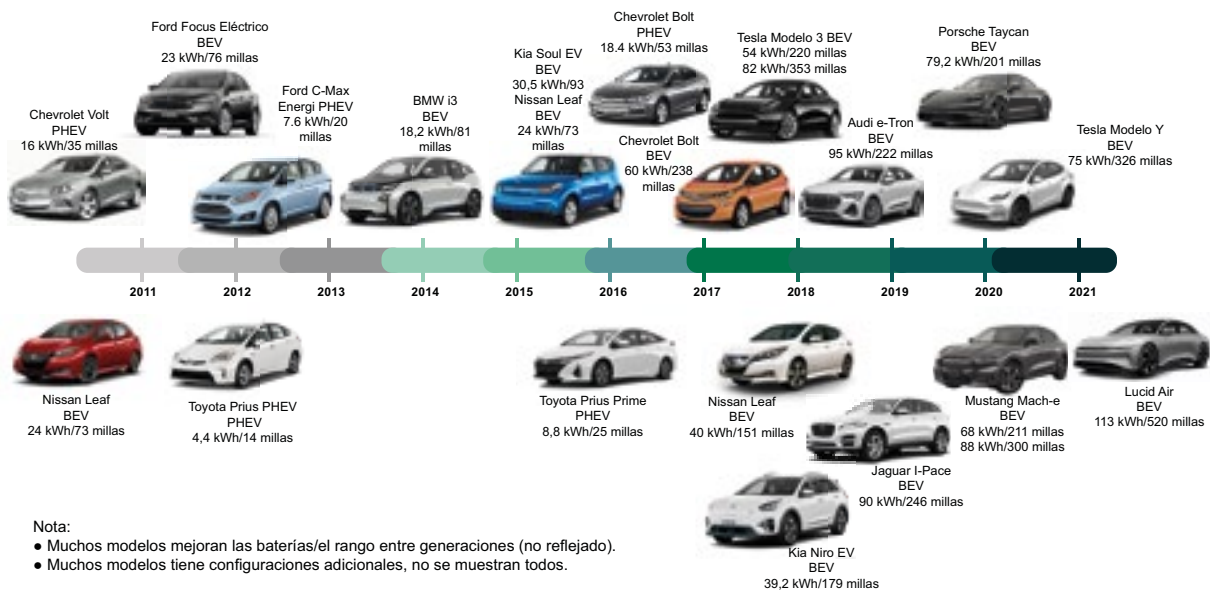
Esta iniciativa representa un enfoque integral, pues incluye medidas para disminuir los costos de la energía de los consumidores, descarbonizar la economía, promover la seguridad energética estadounidense y la fabricación nacional. El proyecto de ley representa un gran impulso para muchos sectores de la economía verde, incluidos los vehículos eléctricos, pues incorpora varios temas (como incentivos a la compra de autos y créditos para las empresas productoras en Norteamérica) y está

51 Robinson, R y Tummalapalli, S. (2018). Plugging into the future. Electrifying the global automotive industry.. 15 de julio de 2022, de Deloitte Sitio web: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4931_plugging-in-to-the-future/DI_Plugging-into-the-future.pdf

52 The White House . (2021). Building resilient supply chains. 15 de julio de 2022, de White House Sitio web: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>

53 The White House . (2022). Bill Signed: H.R. 5376. 17 de agosto de 2022, de The White House Sitio web: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/legislation/2022/08/16/bill-signed-h-r-5376/>

Diagrama 3. Tendencias en los rangos y tamaños de las baterías



Fuente: INA con información de Universidad de California.

vinculado al compromiso de contenido en los componentes, en especial a las baterías.

Si bien esta iniciativa, representa un impulso importante para abatir el rezago de Estados Unidos en el desarrollo su mercado de autos eléctricos, representa también retos importantes en la práctica para los fabricantes nacionales en términos de acelerar y reorientar su cadena de producción en los próximos años, lo que les permitirá generar una nueva industria y capitalizar los incentivos que se establecen.

Inflation Reduction Act: Impactos en mercado de vehículos eléctricos en EUA

Apoyo a consumo:

- Los vehículos eléctricos comerciales que pesen menos de 14 mil libras pueden acceder a un crédito fiscal de \$7,500 USD para vehículos limpios (elimina la cuota actual de 200 mil autos con derecho a subsidio). Los

vehículos más pesados pueden tener la menor de dos cantidades: 30% del diferencial entre el vehículo limpio y un vehículo con motor de combustión interna comparable, o un incentivo de \$40 mil USD.

- Aplican límites para el costo de los vehículos: los incentivos se aplican a sedanes que no cuesten más de \$55 mil dólares y camionetas, camionetas o vehículos deportivos utilitarios que cuesten hasta \$80 mil dólares.

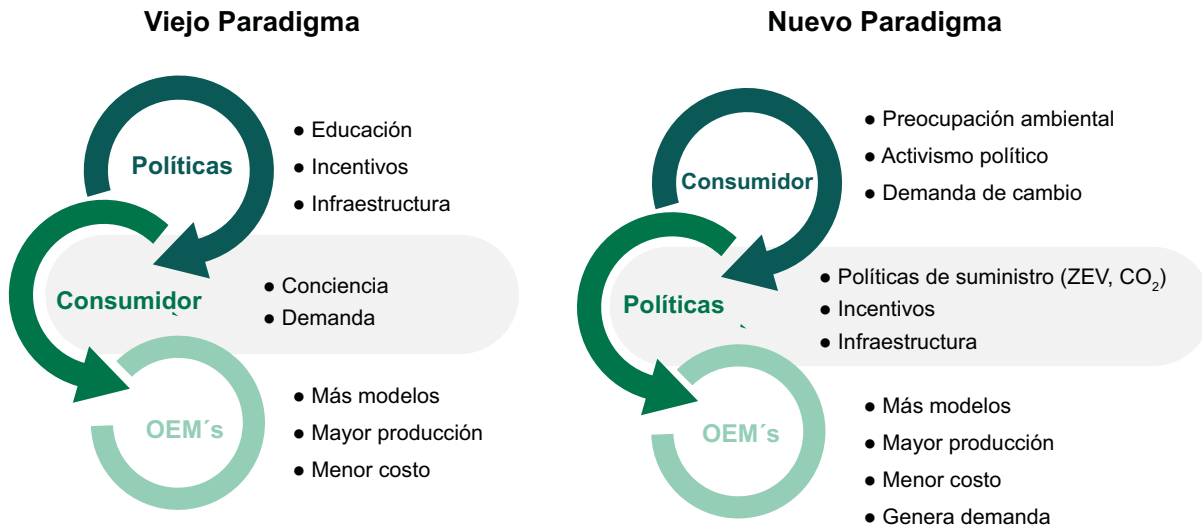
- También hay restricciones a los ingresos de los compradores.

- Los concesionarios pueden obtener créditos de \$4 mil dólares a vehículos eléctricos usados, con pocas condiciones.

El incentivo estaría disponible a partir del 2023 y permitiría a los consumidores acceder al beneficio en el punto de venta en lugar de durante la temporada de declaración de impuestos.

Diagrama 4. Políticas públicas para VE

Las políticas **crean** la oferta y **apoyan** la demanda



Fuente: INA con información de Universidad de California.

El proyecto de ley extendería la disponibilidad del crédito fiscal de VE hasta 2032.

Requisitos de contenido:

El requisito para los subsidios es que los materiales de las baterías y una parte de otros componentes se fabriquen en Estados Unidos o países con tratado de libre comercio.

El subsidio se basa en que el vehículo tenga al menos el 40% de sus minerales críticos para baterías de América del Norte o países con un tratado de libre comercio. El requerimiento aumenta a 80% en 2026 y 100% en 2028.

A partir de 2025, cualquier vehículo con batería de minerales excluirá los componentes de una entidad extranjera de interés del crédito fiscal.

Programas de créditos y apoyos fiscales para fabricantes y cadena de suministro:

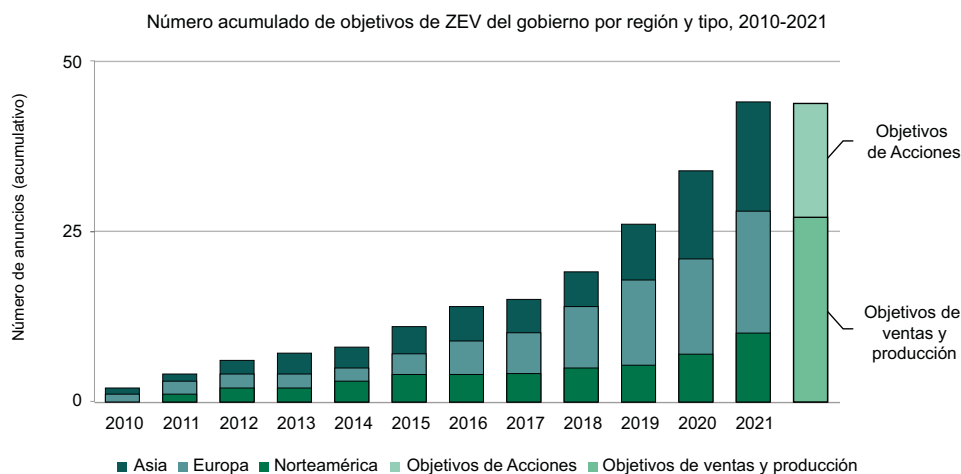
El paquete también incluye \$2 mil millones de dólares para ayudar a los fabricantes de automóviles a reestructurar y convertir las instalaciones existentes para fabricar vehículos limpios, y permite hasta \$20 mil millones en préstamos para ayudar a las empresas automotrices a construir nuevas instalaciones de vehículos limpios en todo el país.

El proyecto también incluye un crédito fiscal del 10% para la fabricación avanzada en toda la cadena de suministro de iones de litio, lo que ayudaría a reducir la carga de costos de los fabricantes de baterías y automóviles.

También se incluye un crédito fiscal por inversión para el crédito fiscal por almacenamiento y producción de

Gráfica 13. Objetivos de neutralidad de carbono

Los objetivos y ambiciones de ZEV se están expandiendo en los principales mercados de automóviles



Fuente: INA con información de la Agencia Internacional de Energía.

energía para la fabricación de celdas de batería con un costo de \$35 dólares por kilovatio-hora.

Mercado doméstico:

El proyecto de ley también incluye \$3 mil millones de dólares para ayudar al Servicio Postal del país a descarbonizar su flota y cambiar a vehículos eléctricos.

China

China ha estado a la vanguardia en la promoción del uso de vehículos eléctricos por diferentes motivos: para combatir el problema de la contaminación, reducir su dependencia del petróleo importado o simplemente alcanzar el liderazgo en la próxima era de movilidad global. Para cumplir con su objetivo de convertirse en el campeón indiscutible de vehículos eléctricos para 2025, China está implementando un enfoque doble al ofrecer subsidios a los compradores de este tipo de vehículos y obligar a las empresas automotrices a acumular créditos en la venta de autos eléctricos que luego puedan ser transferidos o negociados.

En particular, China había extendido los subsidios para automóviles eléctricos durante dos años a raíz de la pandemia, con un plan de reducción del 20% en 2021 y del 30% en 2022. También hay una serie de regulaciones subnacionales que otorgan un trato preferencial a los vehículos eléctricos, como subsidios locales o exenciones fiscales, incentivos financieros y exenciones de las limitaciones de compra. El crecimiento en 2021, a pesar de la disminución de los subsidios, indica la madurez de este mercado en China. Se puede esperar que su mercado se expanda aún más en 2023 y más allá, a medida que las inversiones de años anteriores aumentan la capacidad de producción.⁵⁴

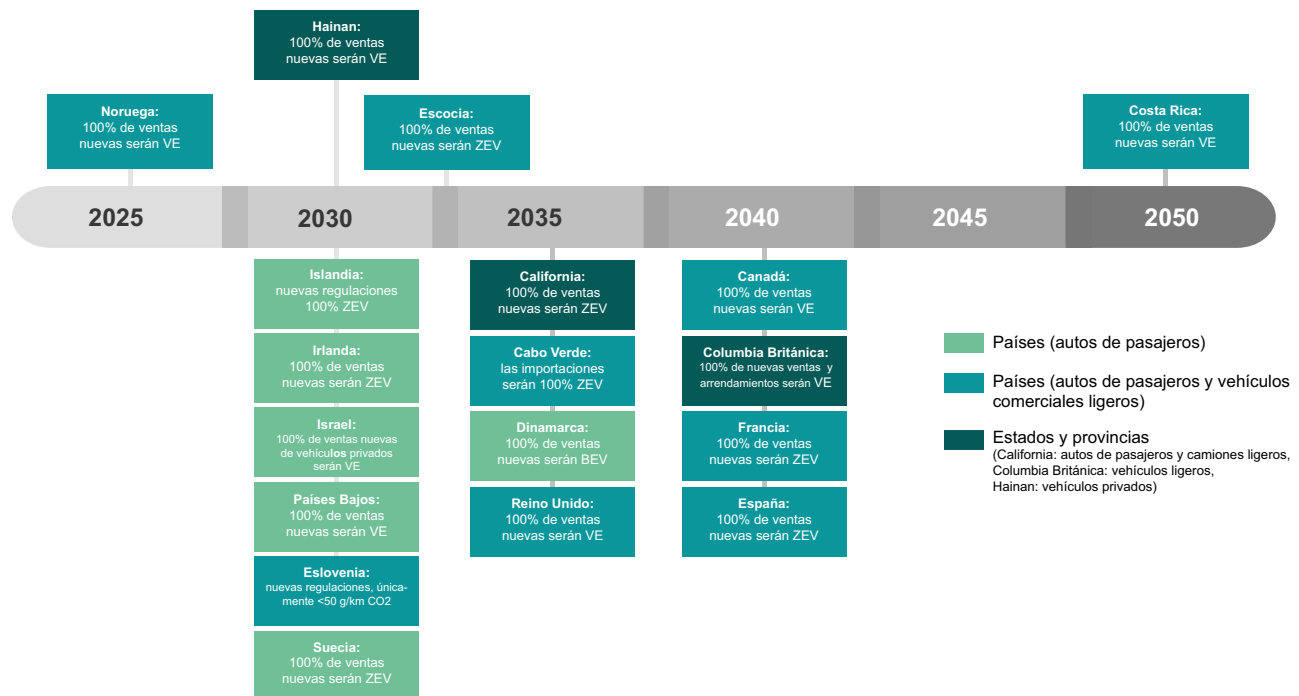
India

India es otro país que depende en gran medida del petróleo importado. En un intento por gestionar su enorme factura de importación de petróleo y al mismo tiempo reducir un problema de contaminación creciente, el gobierno está fomentando la adopción de vehículos eléctricos. Su objetivo es que, para 2030, las ventas de vehí-

54 Robinson, R y Tummalapalli, S. (2018). Plugging into the future. Electrifying the global automotive industry. 15 de julio de 2022, de Deloitte Sitio web: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4931_plugging-in-to-the-future/DI_Plugging-into-the-future.pdf

Diagrama 5. Objetivos de neutralidad de carbono 2025-2050

Cronograma de objetivos globales para lograr ventas totalmente ZEV



Nota: Los objetivos reflejan aquellos que van acompañados de un documento de política oficial, como los planes de acción sobre el cambio climático y las órdenes ejecutivas. No se incluyen las discusiones de objetivos que aún no han sido acompañados por documentos de política o legislación (por ejemplo, Egipto, Alemania, Portugal, Nueva Jersey, Nueva York, Sri Lanka, Taiwán). Si un país ha establecido múltiples objetivos, se incluye el de mayor alcance (por ejemplo, los objetivos del Reino Unido y Dinamarca incluyen un cronograma separado para vehículos diésel y gasolina [2030] y vehículos híbridos [2035]).

Fuente: INA con información de la Agencia Internacional de Energía.

culos eléctricos representen el 30% de todas las ventas de vehículos nuevos.⁵⁵

Europa

La adopción de VE está repuntando en Europa, disminuyendo la proporción de vehículos con motor diésel, mostrando una enorme caída en los últimos años. El declive fue provocado por la reacción de los consumidores al escándalo que afectó a Volkswagen y la decisión posterior del tribunal federal alemán de permitir que ciudades individuales prohíban los vehículos diésel y los impuestos adicionales a este tipo de vehículos en países como Gran Bretaña, que está haciendo que los compradores de automóviles consideren esta tecnología de motor. Además, algunos países, incluidos Noruega,

el Reino Unido, Francia y los Países Bajos ya han anunciado planes para prohibir la venta de vehículos que funcionan con gas convencional y combustible diésel. Esto está planeado para las próximas 2 o 3 décadas, lo que es un buen augurio para los vehículos eléctricos.

De hecho, Noruega está a la vanguardia del movimiento para adoptar una estrategia de vehículos más ecológicos, como lo demuestra el aumento de las ventas de vehículos eléctricos de batería (BEV) y vehículos eléctricos híbridos (HEV): juntos representaron el 52% de todas las ventas de autos nuevos en 2017 en comparación con el 40% en 2016. El movimiento general hacia la tecnología de VE que se ha apoderado del mercado se debe a los generosos subsidios del gobierno noruego

55 Robinson, R y Tummalapalli, S. (2018). Plugging into the future. Electrifying the global automotive industry.. 15 de julio de 2022, de Deloitte Sitio web: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4931_plugging-in-to-the-future/DI_Plugging-into-the-future.pdf

El reto es mayúsculo, aunque las ventas globales de VE siguen en aumento, se requiere hacer mucho más para tener un mercado que cuente con la infraestructura de producción, distribución y carga para vehículos pesados.

en forma de exenciones de impuestos, estacionamiento subsidiado y estaciones de recarga disponibles.⁵⁶

Japón

Japón aprobó el Plan Estratégico de Energía para respaldar su objetivo de 2050 de “net zero energy”. Una de las principales actualizaciones establece objetivos para 2030 para descarbonizar su mix de generación de energía y es relevante para alcanzar la meta de electrificación de la flota de automóviles de Japón en 2035.

Latinoamérica

En América Latina, Chile es líder en las políticas acerca de ZEV de vehículos eléctricos. Su ciudad capital, Santiago, cuenta con una de las flotas de buses urbanos eléctricos más grandes en el mundo. Recientemente anunció su “Estrategia Nacional de Electromovilidad” que establece metas para lograr un 100% de ZEV en el 2030 y 100% en vehículos de transporte público al 2035. Algunas ciudades de Colombia tienen programas de apoyo para la adquisición de autobuses eléctricos que apoyen la meta de que el 10% de las ventas de autobuses urbanos sean ZEV para 2025 y 100% para 2035. Costa Rica otorga beneficios fiscales y apoyos en un programa de adquisiciones para respaldar sus objetivos ZEV del 100% en autos comerciales y 100% en todos los autobuses y taxis en el 2050.

En México no existe una política nacional enfocada en los ZEV. Más allá de esto, diversos analistas consideran que “impulsado por el objetivo histórico del Presidente Andrés Manuel López Obrador de retirar el control del sector energético a las empresas privadas a fin de

que las estatales dominan el mercado, el gobierno está socavando los esfuerzos de expandir la energía renovable y apostando el futuro del país en los combustibles fósiles”.⁵⁷ En julio de 2022, con base en las disposiciones del Capítulo 31 del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), estos dos últimos países solicitaron a México consultas para atender los problemas que enfrentan sus empresas respecto a la reforma energética de México, así como el cambio de políticas y prácticas en el otorgamiento de permisos para la importación, traslado y comercialización de gas, combustible y abasto de energía eléctrica.

Principales retos y tendencias de la electromovilidad:

Los cambios en las percepciones del consumidor, las políticas públicas y las innovaciones de las empresas automotrices nos muestran un cambio sustantivo en el mercado. De acuerdo con el World Economic Forum, estamos ante un cambio en la manera en que las sociedades gestionan sus esquemas de transporte. “La movilidad va a cambiar rápidamente en los próximos años a medida que proliferan los vehículos eléctricos (VE), los viajes compartidos sigan creciendo y los vehículos autónomos (AV) ingresen a las flotas urbanas”. Esto será más claro en ciudades donde se concentran nuevas formas de movilidad y donde se realicen inversiones en infraestructura de apoyo para adaptarse a este crecimiento. Estos cambios coinciden con la evolución hacia sistemas más limpios, descentralizados y digitalizados y el aumento de la electrificación.⁵⁸

La Encuesta global de ejecutivos automotrices de KPMG 2021 mostró por primera vez que en el 2030 la

56 Ibid.

57 López, O. (2022). México apuesta su futuro energético al petróleo, no a las energías renovables. 18 de agosto de 2022, de The New York Times Sitio web: <https://www.nytimes.com/es/2022/08/17/espanol/mexico-petroleo-amlo-pemex.html>

58 World Economic Forum. (2018). Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility. 15 de agosto de 2022, de WEF Sitio web: https://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf

mayoría de los vehículos no serán únicamente de motor de combustión interna (ICE). Esto coincide con el estudio del consumidor de Deloitte de este año que muestra una combinación que varía por regiones en los tipos de automóviles.⁵⁹

Estos cambios podemos verlos desde una perspectiva tecnológica integral: un estudio de la Unión Europea muestra que no solo el proceso de fabricación de la industria automotriz está impactado por las tecnologías emergentes, también el automóvil en sí está moldeado por la innovación digital. Hay cuatro tendencias conocidas como CASE: Conectado, Autónomo, Compartido y Eléctrico.⁶⁰

Los siguientes ejemplos explican el impacto de estas tendencias en el mercado automotriz:⁶¹

Alrededor de una cuarta parte de todos los automóviles de pasajeros en uso en todo el mundo estarán conectados en 2023. Esto significa que el producto automotriz está cambiando con la creciente importancia de la electrónica y el software. Se estima que en 2030 el software de los vehículos representará el 30% de su valor. Los componentes electrónicos y eléctricos comprenderán el 25% del valor del vehículo.

La digitalización ofrece la oportunidad para iniciativas de vehículos compartidos y las empresas ya han encontrado formas de monetizar esto. McKinsey predice que en 2030 el 10% de los autos vendidos podrían ser autos compartidos.

Se ha visto un incremento en los puntos finales de IoT (Internet of the Things) en la industria automotriz, cuyo objetivo es habilitar el concepto de “vehículo para todo” (V2X); es decir, la capacidad de conectarse de forma inalámbrica a múltiples fuentes de información.

La conectividad, entre todas estas fuentes, requiere la transmisión de grandes cantidades de datos. La tecnología 5G es clave para transmitir grandes cantidades de datos, con más confiabilidad, con menor latencia y a

velocidades más rápidas que otras soluciones, y se cree que este es el futuro de la comunicación en el sector del automóvil.

La inteligencia artificial (IA) definida por la Comisión Europea como un conjunto de tecnologías que combinan datos, algoritmos y poder de cómputo, juega un rol importante en la industria. Las tecnologías de IA como el aprendizaje automático permiten que las máquinas realicen tareas más complejas y las empresas de la industria automotriz aprovechan esto en sus productos para mejorar la experiencia del conductor. La cantidad de sistemas de inteligencia artificial utilizados en información, entretenimiento, controladores avanzados y sistemas de asistencia (ADAS) pasarán de 7 millones en 2015 a 122 millones en 2025, según un informe de IHS Technology.

La transformación de la industria es cada vez más palpable. La encuesta “Global Automotive Executive Survey 2021”, realizada por KPMG en todo el mundo a partir de las respuestas de ejecutivos de la industria automotriz y de sectores adyacentes destaca los siguientes puntos:⁶²

- Los sectores tecnológico y automotor convergen y dan origen a nuevas alianzas
- Intensa competencia y la cooperación entre actores establecidos y nuevos
- Nuevos fabricantes recurren a terceros para fabricar sus vehículos
- Los directivos pronostican que empresas tecnológicas como Google, Apple, Amazon o Huawei entren al mercado
- Una tendencia de reutilización y reciclaje en el mercado de baterías avanzadas derivados de las regulaciones y saturación del mercado
- La fabricación avanzada, basada en IA, machine learning, IoT darán una ventaja competitiva en la producción y calidad.

Estas tendencias nos muestran la importancia de analizar las innovaciones en la industria automotriz desde

59 2022 Global Automotive Consumer Study Key findings: Global focus countries

60 Advanced Technologies for Industry – AT WATCH

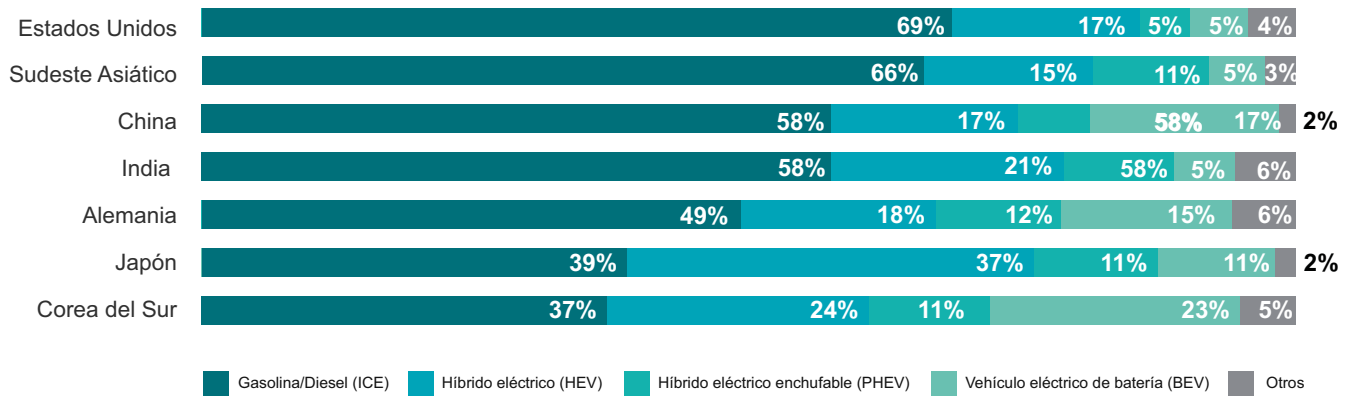
61 Advanced Technologies for Industry – AT WATCH. UE <https://ati.ec.europa.eu/reports/technology-watch/technology-focus-sustainability-automotive-industry-europe>

62 KPMG Global Automotive Executive Survey 2021 (GAES 2021)

Se puede esperar que su mercado se expanda aún más en 2023 y más allá, a medida que las inversiones de años anteriores aumentan la capacidad de producción.

una visión integral que considere las aplicaciones tecnológicas relacionadas. El diagrama 6 (ver página 45) muestra una prospectiva de la ruta de la innovación disruptiva que representan los autos eléctricos y si bien hoy ya podemos ver su impacto en diferentes fabricantes y en la cadena de suministro, sus impactos y desarrollos aún están por verse en los próximos años a la luz de las sinergias con otros desarrollos.



Gráfica 14. Preferencias del consumidor para su próximo vehículo

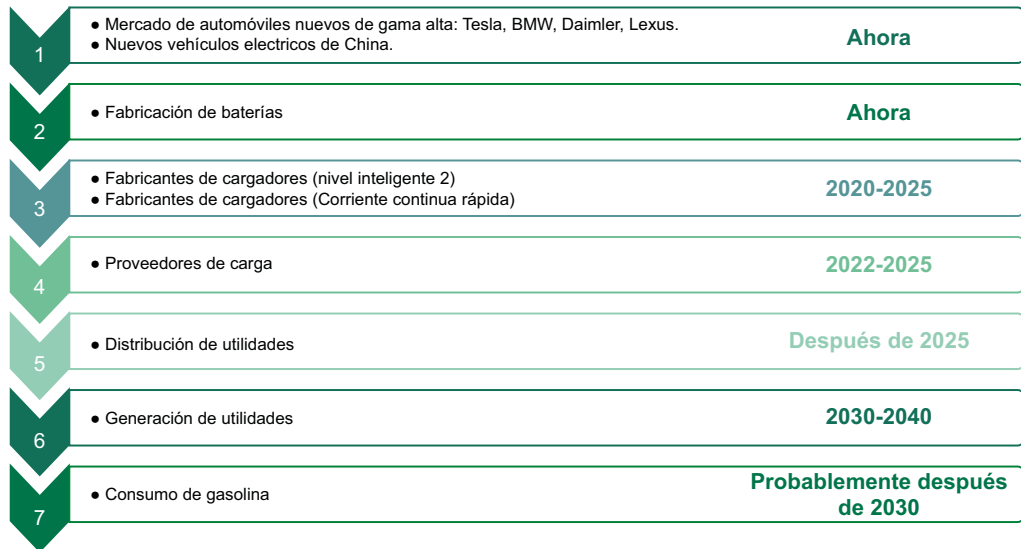
Nota: "Otros" incluye tipos de motores como gas natural comprimido, etanol y celdas de combustible de hidrógeno.
 Tamaño de la muestra: China=881, Alemania=1150, India=895, Japón=608, Corea del Sur=843, Sudeste Asiático=5070, Estados Unidos=918.

Fuente: INA con información de KPMG.



Diagrama 6. Innovación en VE

VE como innovación disruptiva



Fuente: INA con información de Universidad de California.





Capítulo 3.

**Estado de la electromovilidad
en México**

Industria automotriz terminal

De acuerdo con INEGI⁶³, la industria automotriz comprende las siguientes ramas de actividad: fabricación de automóviles y camiones, fabricación de carrocerías y remolques; fabricación de partes para vehículos automotores y fabricación de otro equipo de transporte, esto basado en el *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN)*.

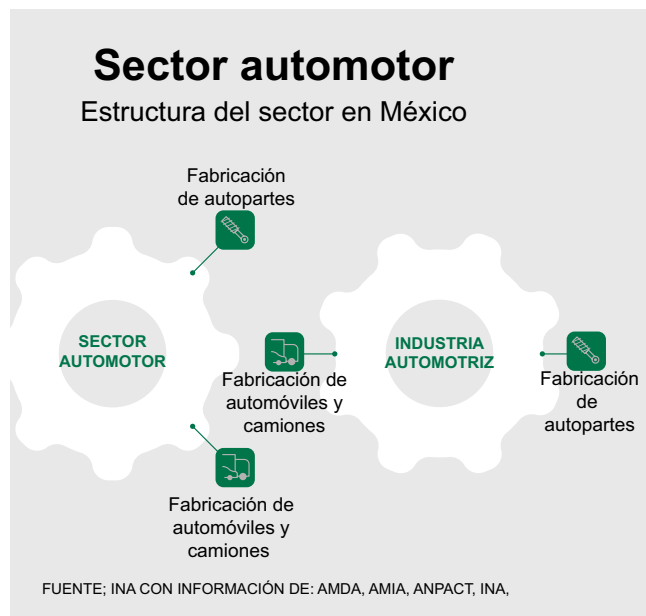
Durante los últimos 25 años esta industria ha sido uno de los componentes más activos de la industria de manufactura en México y desde el punto de vista económico, el sector automotor contribuyó en 2021 con el 3.5% del Producto Interno Bruto, generó alrededor de 930 mil empleos directos y atrajo más de 5 mil 300 millones de dólares en inversión extranjera directa, asociada a nuevos proyectos productivos⁶⁴. En ese año, México ocupó el 7° lugar como productor de vehículos ligeros en el mundo, el 1° en América Latina y el 4° como productor de autopartes.

En las últimas décadas, el gobierno federal en México desarrolló instrumentos de promoción y apoyo a la industria automotriz entre los que destaca el Decreto para el apoyo de la competitividad de la industria automotriz

terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles (Decreto Automotriz) y mediante, la figura del Registro para empresas automotrices fabricantes de vehículos ligeros⁶⁵ las empresas del sector se benefician de reducciones arancelarias que permiten importar vehículos ligeros de terceros países sin acuerdo comerciales y con esto complementar su oferta doméstica de manera competitiva, entre otros beneficios.

No obstante, estas definiciones relacionadas con la producción de los vehículos ligeros, pesados y sus componentes, la cadena productiva del sector automotor es más amplia e incorpora a las empresas comercializadoras de los vehículos, así como de sus componentes y refacciones. De esta manera logramos ver el impacto general de esta industria en la economía mexicana.

A partir de 2019, la industria automotriz, tanto en el segmento de vehículos ligeros como pesados, experimentó una ruptura de la tendencia de crecimiento tanto en producción como en exportaciones, misma que durante casi 8 años se había mantenido al alza (ver gráficas 1 y 3). Las causas que se pueden distinguir de este comportamiento fueron el problema de salud pública que provocó la pandemia de SARS-Cov-2 a finales de 2019 y el subsecuente choque de demanda y oferta de los primeros meses de 2020. Adicionalmente, durante los últimos 24 meses se han observado desajustes muy marcados en la cadena de suministro de componentes críticos en la producción de vehículos pesados y ligeros, por ejemplo, la escasez de semiconductores y de algunas materias primas como el gas neón, paladio y carbón negro; también la volatilidad en el precio de algunos componentes como acero y aluminio afectaron la oferta de vehículos. Por otro lado, la persistencia de los niveles inflacionarios globales y de México ha representado un desafío por parte de la demanda, haciendo que el desempeño de la industria todavía sea inferior a los niveles previos a 2019. La relación entre las unidades producidas y exportadas de vehículos ligeros ha variado entre el 80% y el 89% en el periodo entre 2012-2022 siendo el principal mercado destino Estados Unidos.

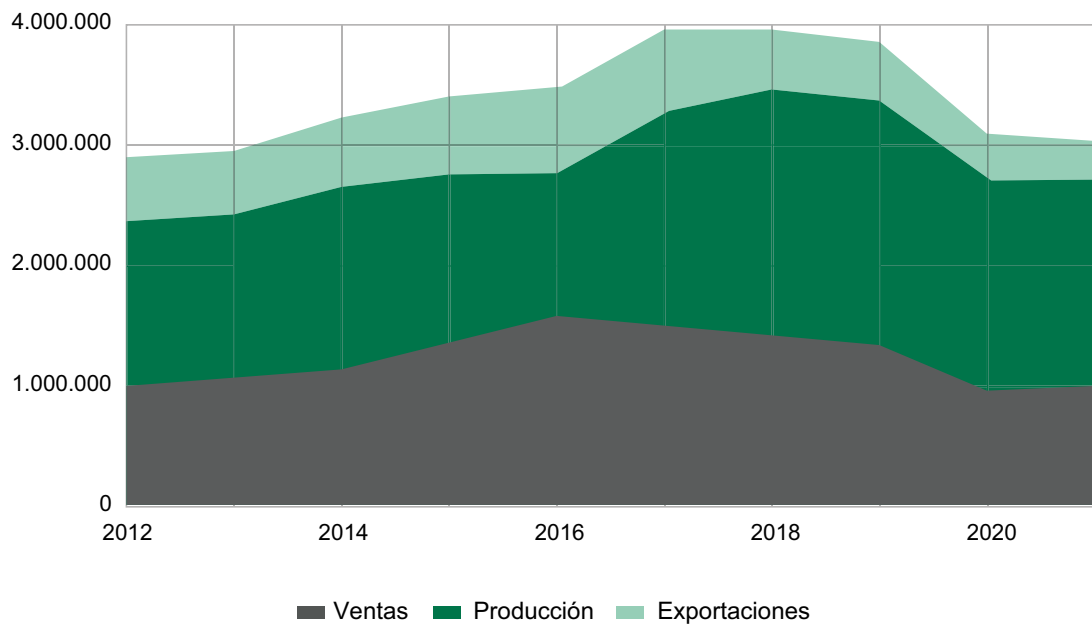


63 INEGI y AMIA. (2016). Estadísticas a propósito de... la Industria automotriz. 15 de agosto de 2022, de INEGI Sitio web: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825079963.pdf

64 Asociación Mexicana de la Industria Automotriz. (2022). Datos de la industria. 15 de agosto de 2022, de AMIA Sitio web: <https://www.amia.com.mx/>

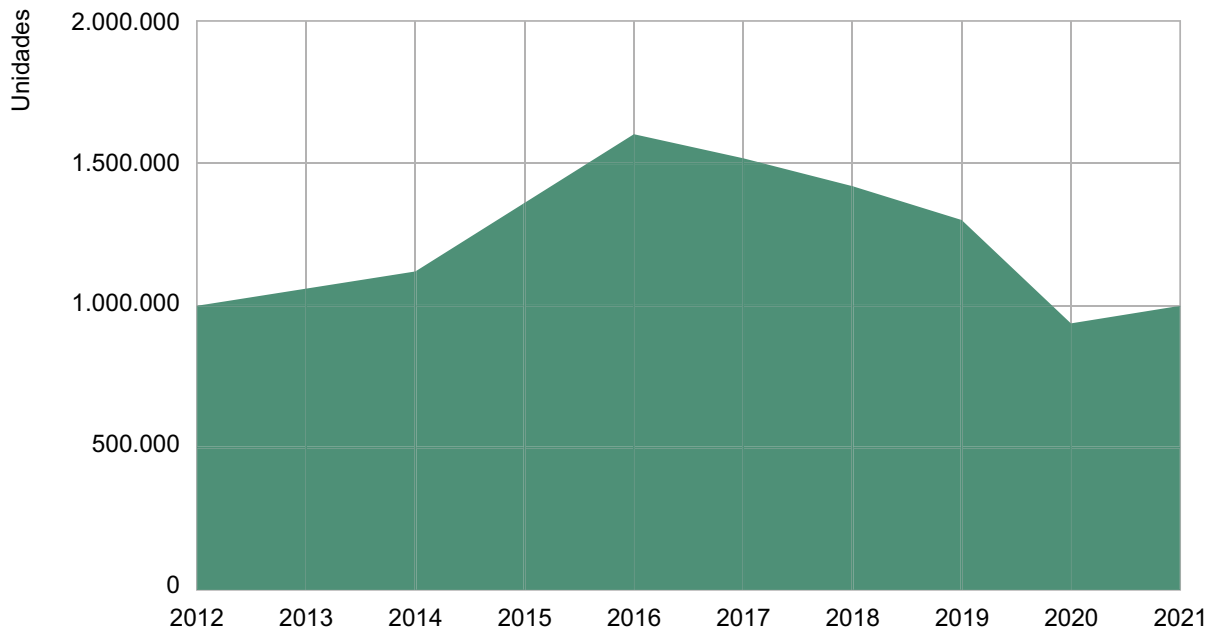
65 Las empresas armadoras deben cumplir con requisitos estrictos de montos de inversión en plantas productivas o desarrollo de la cadena de suministro en México, además del cumplimiento de todas las normas emitidas tanto en materia de seguridad como de requisitos comerciales.

Gráfica 1. Ventas, producción y exportaciones de vehículos ligeros en México



Fuente: INA con información de INEGI.

Gráfica 2. Ventas de vehículos ligeros en México



Fuente: INA con información de INEGI.

Tabla 1. Venta de vehículos eléctricos e híbridos en México

Año	Vehículos eléctricos (VE)	Híbridos plugin (PHEV)	Híbridos (HEV)
2021	1140	3,492	42,447
2020	449	1,986	21,970
2019	305	1,365	23,938
2018	201	1,584	16,022
2017	237	968	9,349
2016	254	521	7,490

Fuente: INA con información de INEGI.

En 2021 se exportaron a ese mercado 2 millones 71 mil 668 unidades que representaron 77% del total de las exportaciones. Las exportaciones totales fueron de 2 millones 706 mil 980 con un valor aproximado de 40 mil millones de dólares.⁶⁶

De acuerdo con las cifras de INEGI⁶⁷ en 2020, las ventas totales de vehículos ligeros en el país sumaron 950 mil 063 unidades comercializadas, siendo el periodo de mayor afectación económica durante la pandemia. Mientras que, en 2021, se registró un ligero incremento al venderse un millón 14 mil 735 automóviles; sin embargo, dicha cifra se mantuvo aún lejana a la registrada en 2019, año en que se vendieron un millón 317 mil 931 autos. Ciertamente, 2022 ha sido un año con retos semejantes a 2021, esto se observa en las cifras de ventas al mes de julio siendo éstas muy semejantes: 601 mil 561 y 602 mil 681 en términos de unidades.

Por su parte, la venta de vehículos eléctricos, si bien ha crecido en los últimos 3 años y particularmente entre 2020 y 2021, se duplicó el número de vehículos vendidos, los montos totales de las categorías de eléctricos e híbridos enchufables alcanzaron la suma de 4,623 unidades⁶⁸, que representó apenas 11% si se compara con los vehículos híbridos vendidos el mismo año. Según algunos expertos, la venta de los vehículos eléctricos podría crecer a partir de los siguientes 5 años.⁶⁹

En el segmento de vehículos pesados el comportamiento de las principales variables es similar al de vehículos ligeros; la disminución en 2020 y el crecimiento en 2021 es similar sin llegar aún a las cifras prepandemia.

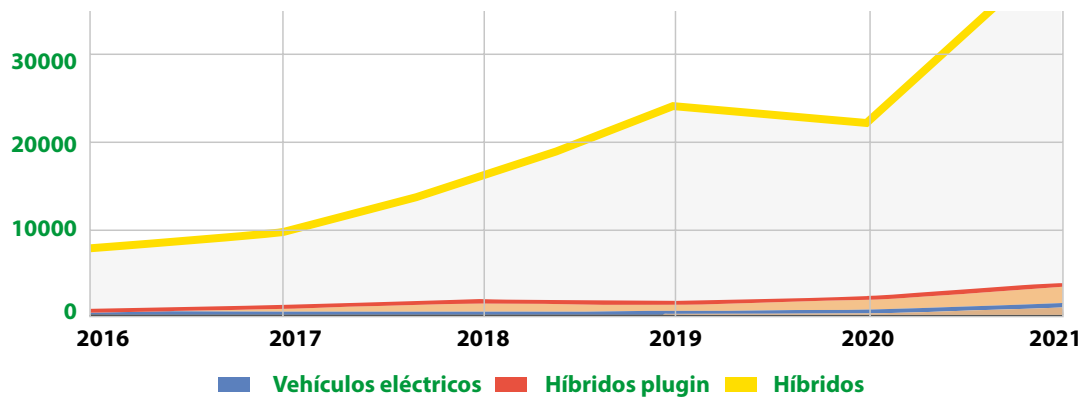
66 INA (2022). Perspectivas de la industria automotriz en México. 30 de agosto de 2022, de INA Sitio web: <https://ina.com.mx/?p=11070>

67 INEGI. (2022). Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros. 20 de agosto de 2022, de INEGI Sitio web: https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/#Informacion_general

68 INEGI. (2022). Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros. 20 de agosto de 2022, de INEGI Sitio web: https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/#Informacion_general

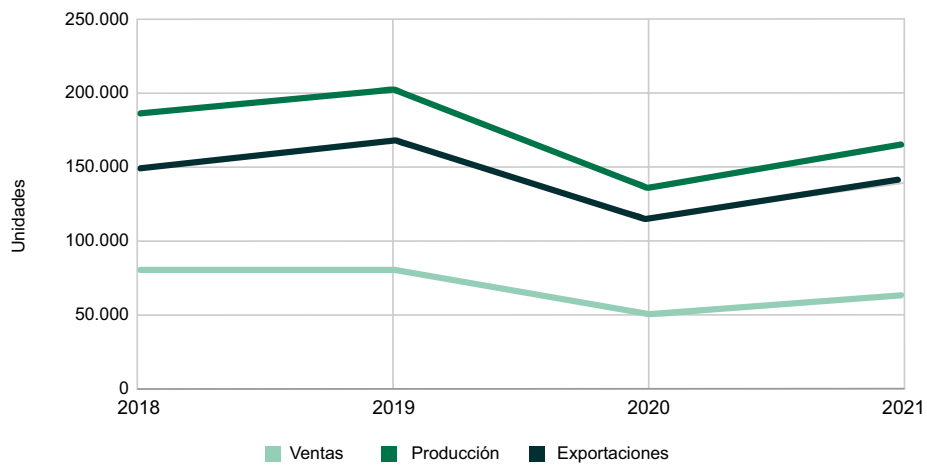
69 Deloitte. (2022). Autos 'verdes' ¿Podrá 'acelerar' la producción de sus componentes en México?. 15 de agosto de 2022, de Deloitte Sitio web: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/produccion-de-autos-verdes-en-mexico.html>

Gráfica 3. Ventas de vehículos eléctricos, híbridos plugin e híbridos en México



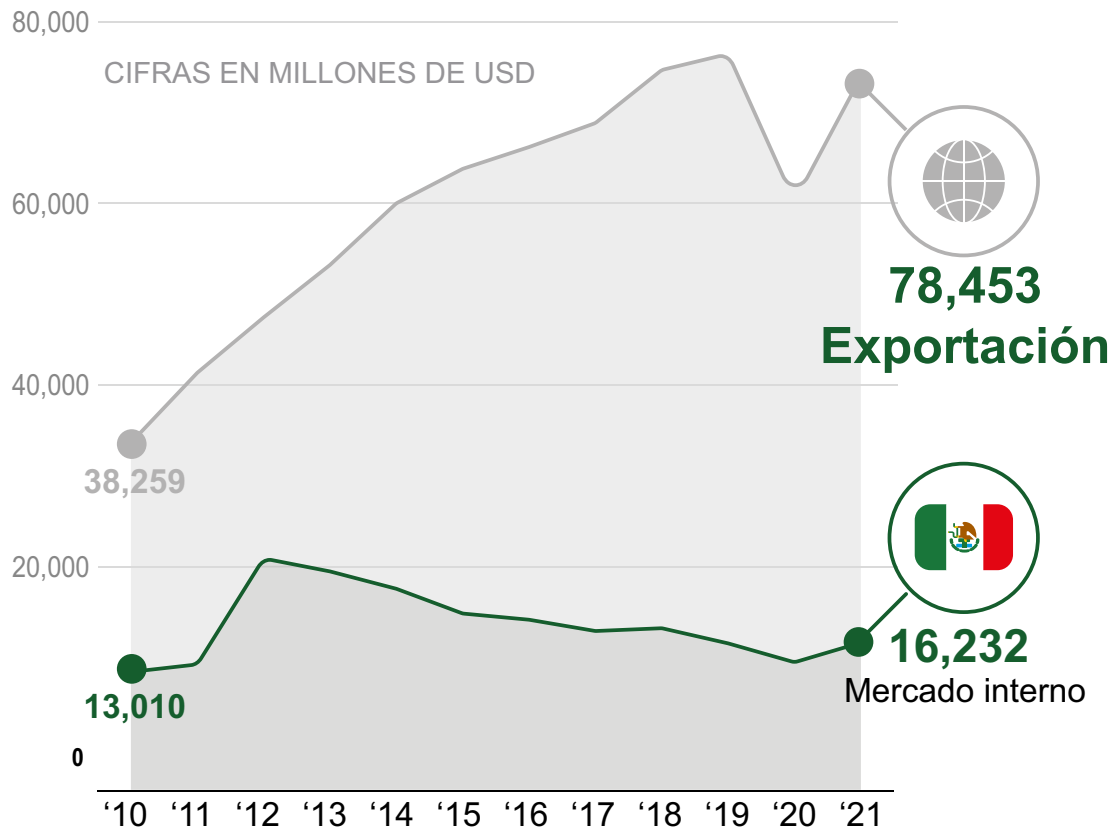
Fuente: INA con información de INEGI.

Gráfica 4. Ventas, producción y exportaciones de vehículos pesados en México



Fuente: INA con información de ANPACT e INEGI.

Producción de autopartes



Fuente: INA con información de INEGI.

Industria de autopartes

La industria de autopartes en México está compuesta por cerca de 2000 empresas y produjo en 2021 un total de 94 mil 685 millones de dólares. Ocupó el primer lugar como proveedor de autopartes en Estados Unidos. El valor de las exportaciones representó el 83% de la producción total, siendo el principal destino nuestro vecino del norte.

México forma parte de una sofisticada cadena de suministro en la región de América del Norte siendo un contribuyente muy importante de autopartes y con procesos que representan un alto valor en el contenido de los vehículos. Esto también se explica mediante el ori-

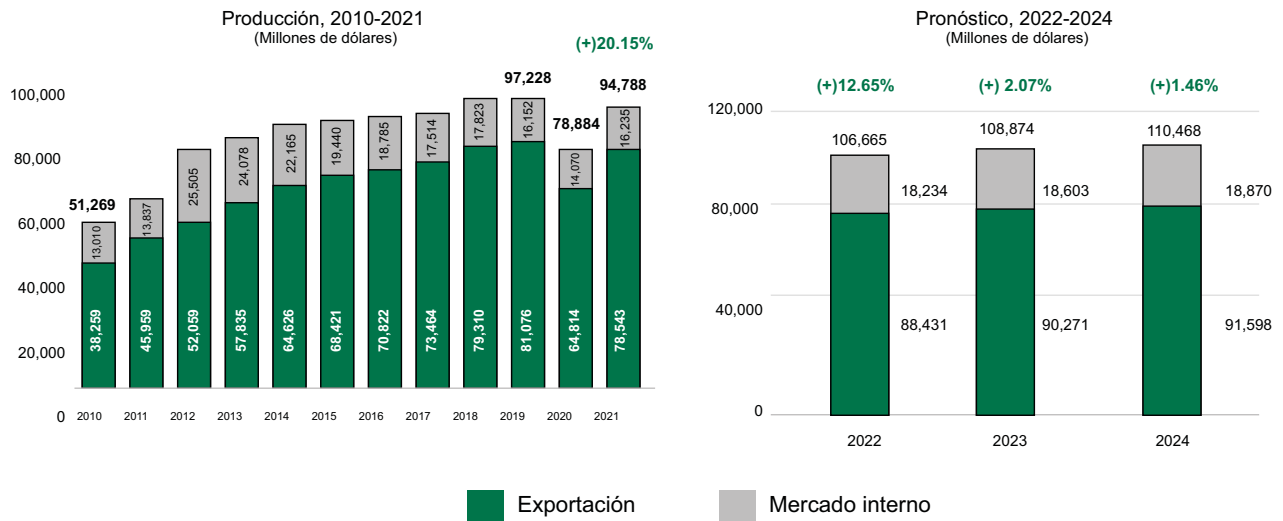
gen de la inversión extranjera en el sector, que proviene principalmente de Estados Unidos.

Mapa de la industria del vehículo eléctrico en México y sus principales actores

México es un protagonista en la industria automotriz global, con una industria consolidada en el rubro de fabricación y componentes. Hoy un gran porcentaje de los vehículos que se hacen en México tanto para el mercado nacional y de exportación siguen siendo de motores de combustión interna (ICE); sin embargo, se estima que, en 10 años, del total de vehículos que se consumirá en el mundo, al menos 50% de ellos será híbridos y eléctricos⁷⁰.

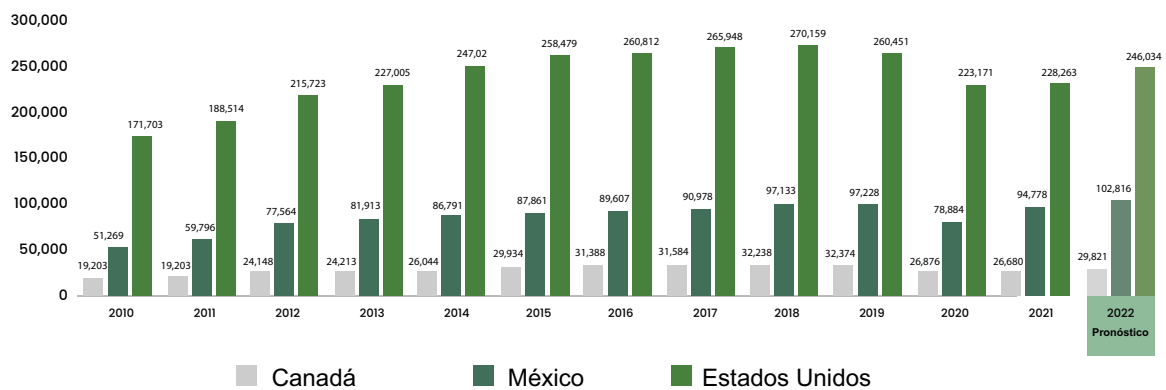
70 Deloitte. (2022). Autos 'verdes' ¿Podrá 'acelerar' la producción de sus componentes en México?. 15 de agosto de 2022, de Deloitte Sitio web: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/produccion-de-autos-verdes-en-mexico.html>

Producción de autopartes en México



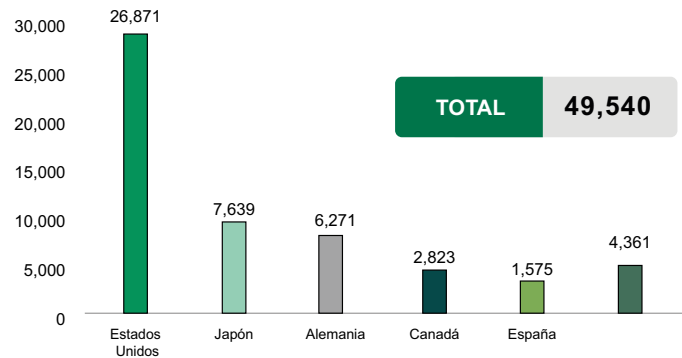
Fuente: INA con información INEGI, incluye autopartes que están consideradas en otras Ramas del Código SCIAN (2019 - 2020).
 *Pronóstico 2022 basado en datos de IHS Markit.

Producción de autopartes en Norteamérica, 2010 - 2022 (Millones de dólares)



Fuente: INA con información INEGI, StatCan, Census Bureau.

Origen de la IED en el sector de autopartes mexicano (Millones de dólares) Acumulado 1999 - Sep 2022



Fuente: INA con información de Secretaría de Economía 2022 - No se consideran retiros de inversión.

A pesar del rezago de Norteamérica en el mercado global de automóviles eléctricos, se espera que la fabricación de estos tenga una tendencia al alza, para rebasar los 2 millones en 2024, en EUA, México y Canadá. Para 2029, la cifra llegará a los 5 millones de vehículos eléctricos. La previsión de la INA es que, entre 2035 y 2040, el 50% de los automóviles que se fabriquen en la región serán cero emisiones.

Lo que veremos en los próximos años es justamente este cambio tecnológico tan importante, no solamente en México, sino a nivel mundial. En Norteamérica se fabrican actualmente aproximadamente 17 millones de vehículos de combustión interna. Para después de 2035 podríamos ver que el 50% de esos vehículos serán cero emisiones, aunque no necesariamente eléctricos⁷¹.

Así, impulsados por la demanda de los consumidores, los compromisos e incentivos de gobiernos y el cambio tecnológico, el pronóstico de producción de vehículos eléctricos en Norteamérica muestra una tendencia creciente en los próximos años.

Actualmente en Estados Unidos existen 32 plantas que producen vehículos eléctricos de algún tipo y en Canadá hay tres. Sin duda, el mercado de EUA es estratégico y algunas marcas llevan décadas intentando posicionarse en un territorio donde las marcas extranjeras tienen muy difícil la penetración.

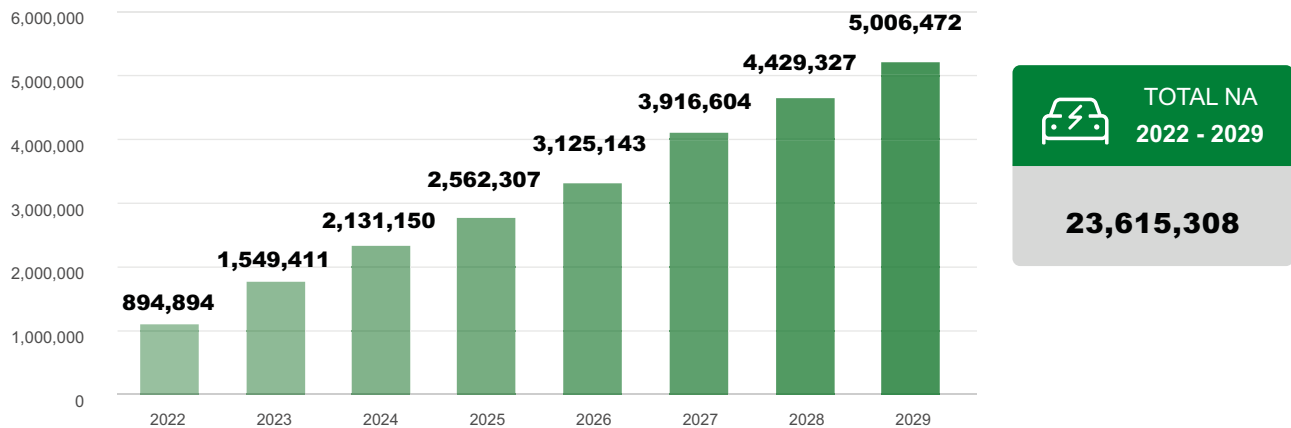
Tomemos el caso del Grupo Hyundai, formado por las marcas: Genesis, KIA y la propia Hyundai, interesados en dominar el sector eléctrico. Hyundai recientemente presentó su agenda para el futuro más inmediato y plantean que antes de que acabe la década esperan conquistar un 7% de cuota de mercado mundial de coches eléctricos. Eso supone un volumen de ventas de casi dos millones de vehículos para 2030, y para satisfacer las necesidades del mercado Hyundai planea abrir una fábrica en EUA, su primera planta dedicada a coches eléctricos en el territorio americano. El objetivo era iniciar la producción a partir de 2025, pero se espera que la construcción de la planta arrancará antes, con una inversión programada de 5,500 millones de dólares.⁷²

71 Mexico Industry. (2022). Producción de autos eléctricos crecerá 242.3% en Norteamérica, entre 2022 y 2023: INA. 15 de agosto de 2022, de Mexico Industry Sitio web: <https://mexicoindustry.com/noticia/produccion-de-autos-electricos-crecera-2423-en-norteamerica-entre-2022-y-2023-ina>

72 Híbridos y Eléctricos. (2022). Hyundai busca acelerar la producción de coches eléctricos en Estados Unidos. 28 de agosto de 2022, de HyE Híbridos y Eléctricos Sitio web: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/hyundai-produccion-coches-electricos-estados-unidos/20220823082907061630.html>

México es un protagonista en la industria automotriz global, con una industria consolidada en el rubro de fabricación y componentes.

Pronóstico de producción de vehículos eléctricos en Norteamérica (Unidades)



Fuente: INA con información de IHS Markit.

Existe una fuerte competencia por lograr los primeros puestos de la fabricación del vehículo eléctrico y la competitividad de cada marca. La viabilidad comercial de los vehículos eléctricos crece a ritmo constante y conjuga empresas que producen solo autos eléctricos como fabricantes de larga historia.

Derivado de la competitividad y presencia de la industria automotriz global, en México hay actualmente 11 empresas⁷³ fabricando autos eléctricos o en proceso de iniciar operaciones.

La empresa mexicana Questum (empresa filial de Grupo Quimmco) anunció sus planes para abrir una nueva microfábrica de vehículos eléctricos en 2024 con ayuda de su aliado alemán E-Go, un fabricante de autos experimentado ubicado en Alemania, con quien están

realizando pruebas y prototipos para la creación de un vehículo de reparto.⁷⁴

Con sus modelos, la empresa pretende ingresar al mercado de flotillas profesionales y el primer modelo es el llamado e.Go Life, un auto urbano especializado en mover personas para la supervisión de trabajo en las ciudades.⁷⁵

Ford se fijó el reto de ser la marca americana con mayor producción de autos eléctricos para el 2026, y México será un actor clave para conseguirlo, ya que a partir del 2023 triplicará la manufactura de unidades verdes en su planta de Cuautitlán, Estado de México, que pasará de 70,000 a 210,000 vehículos eléctricos.⁷⁶

73 Cabe advertir que algunas de las empresas de manufactura que aparecen como nuevos jugadores en la producción de vehículos eléctricos no cuentan con registro de empresa armadora al amparo del Decreto Automotriz que se señaló anteriormente.

74 Arena Pública. (2022). Producción de vehículos eléctricos en México, limitada por ausencia de incentivos. 15 de agosto de 2022, de Arena Pública Sitio web: <https://www.arenapublica.com/politicas-publicas/produccion-de-vehiculos-electricos-en-mexico-limitada-por-ausencia-de-incentivos>

75 Somos Industria. (2022). Fabricarán vehículos eléctricos en México. 17 de julio de 2022, de Somos Industria Sitio web: <https://www.somosindustria.com/articulo/fabricaran-vehiculos-electricos-en-mexico/>

76 El Economista . (2022). Ford triplicará su producción de autos eléctricos en México en 2023. 15 de agosto de 2022, de El Economista Sitio web: <https://www.economista.com.mx/empresas/Ford-Mexico-triplicara-produccion-de-autos-electricos-en-2023-20220801-0020.html>



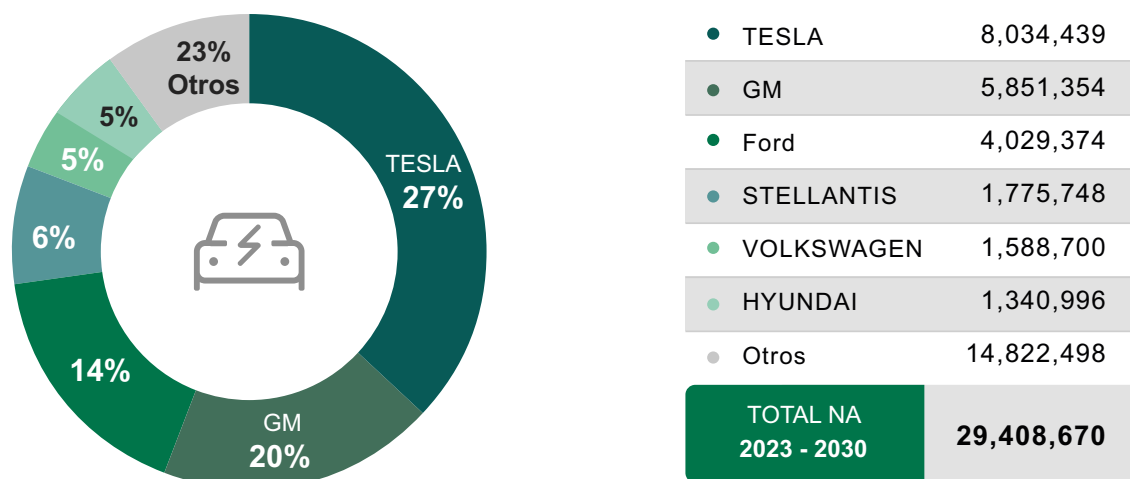
Electromovilidad en Norteamérica

PLANTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EUA Y CANADÁ 2022-2029



Fuente: INA con información de IHS Markit.

Pronóstico de producción de vehículos eléctricos en NA, 2023 - 2030 (Vehículos)



Fuente: INA con información de IHS Markit.

Chevrolet, una marca propiedad de General Motors, presentó su modelo Blazer EV, para ampliar su oferta en la categoría de crossover eléctricas de tamaño mediano, y anticipó que el próximo año estarán disponibles dos modelos más: Silverado EV y Equinox EV como parte de su ambicioso proyecto de convertirse en *carbono neutral* en 2040, plan que incluye el desarrollo de por lo menos 30 vehículos eléctricos y autónomos para el año 2025, mediante una inversión de 35 mil millones de dólares.

El nuevo modelo Chevrolet Blazer EV se producirá en la Planta de Ramos Arizpe, Coahuila, donde ya se fabrica la Chevrolet Blazer a gasolina, y que actualmente se encuentra en un proceso de reacondicionamiento menor para comenzar la producción.

En abril de 2021, General Motors anunció una inversión de mil millones de dólares para ampliar las capacidades de su complejo de Ramos Arizpe, y justo prepararlo para recibir la fabricación de autos eléctricos,

y convertirlo en el quinto sitio de manufactura de GM Norteamérica en donde producir este tipo de unidades.⁷⁷ Stellantis está considerando renovar una planta en México para construir vehículos híbridos y eléctricos al tiempo que transforma su línea para satisfacer la creciente demanda de transporte a batería. La empresa está investigando la posibilidad de renovar su sitio de producción en Saltillo, en el Estado de Coahuila, e invertir en su planta en Toluca, Estado de México.⁷⁸

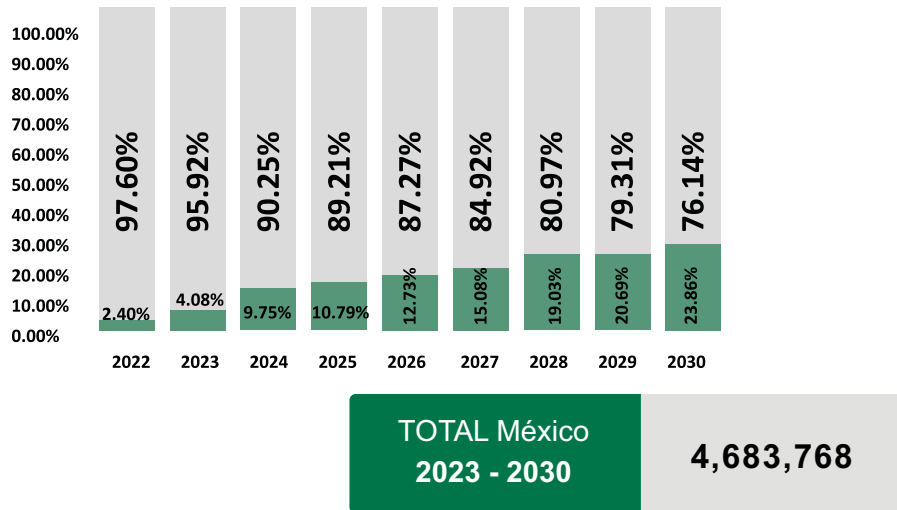
Moldex, una empresa filial de grupo Bimbo, a través de su línea Evolve dedicada a la movilidad sostenible a través de vehículos utilitarios eléctricos, se enfoca a la carga ligera con funciones de distribución de productos de consumo. Su modelo VDT2 cuenta con un motor eléctrico mexicano, al igual que el sistema de administración de energía, el monitoreo de seguridad y un tablero digital y su capacidad de producción es de 20 unidades por semana, pero se tiene la capacidad de duplicarla.⁷⁹

77 Forbes. (2022). Crece atractivo de México para fabricación de autos eléctricos. 4 de agosto de 2022, de Forbes Sitio web: <https://www.forbes.com.mx/crece-atractivo-de-mexico-en-fabricacion-de-autos-electricos/>

78 PUNTODINCONTRO. (2022). Stellantis evalúa inversión para producir vehículos eléctricos en México. 25 de agosto de 2022, de PUNTODINCONTRO Sitio web: <https://puntodincontro.mx/es/2022/08/14/stellantis-evalua-inversion-para-producir-vehiculos-electricos-en-mexico/>

79 Metalmecánica. (2022). Camionetas eléctricas con motor 100% mexicano. 15 de agosto de 2022, de Metalmecánica Sitio web: <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/camionetas-electricas-con-motor-100-mexicano>

Producción de vehículos eléctricos en México



Fuente: INA con información de IHS Markit.

WTech tiene planes de inversión en una planta en Jalisco, la cual estará dedicada a la producción de vehículos tácticos, de seguridad y de transporte. El ensamble de estas unidades es de la empresa holandesa Defenture B.V., ayudará con la transferencia de tecnología especializada para el desarrollo de estos autos. La nueva fábrica de la empresa mexicana producirá más de 1,000 vehículos tácticos en su primera etapa.⁸⁰

La empresa Zacua (nombrada en honor al ave favorita del emperador Moctezuma) es la primera marca de autos eléctricos mexicana. Nació hace más de veinte años y ha vendido sus primeros 100 vehículos eléctricos compactos. En 2018 abrió su primera planta de producción, en el estado de Puebla. Zacua tiene actualmente dos modelos en la línea de producción, el MX2 y el MX3, ambos cuestan 599,000 pesos mexicanos (\$30,500 dólares) y la empresa tiene la posibilidad de subsidiar una parte del precio para sus usuarios (con alrededor de \$2,500 dólares). Sus coches compactos se presentan como vehículos urbanos, con una autonomía de 160 km y baterías que, según se afirma, son capaces de realizar 3,000 ciclos de carga completa, lo que se traduce en una vida útil estimada de ocho años.⁸¹

Por parte de los vehículos pesados, es decir autobuses y vehículos de carga clase 4 o superior, de manera acumulada desde enero de 2019 a julio de 2022 se produjeron 68 unidades eléctricas destinadas principalmente a la exportación al mercado de Estados Unidos⁸², las empresas productoras que reportaron cifras a INEGI son Dina y Kenworth.

Mercado doméstico en México

Si bien el mercado global de autos eléctricos mantiene un ritmo de crecimiento importante, uno de los temas que destaca es la diferencia en los procesos de adopción de los vehículos de cero emisiones en los diferentes países. La brecha de adopción entre mercados emergentes y países desarrollados, no se reducirá en los próximos años, sino que se incrementará de forma significativa, si se mantienen los factores actuales.

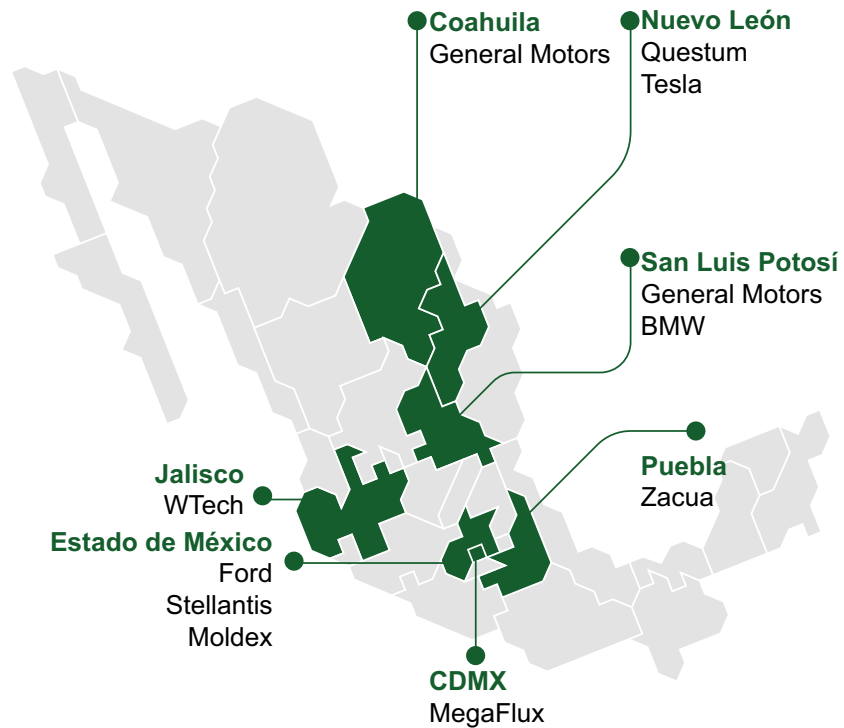
Este fenómeno es significativo para el caso mexicano. Si bien hay un liderazgo en la presencia de armadoras globales de autos, el mercado y presencia de autos eléctricos aún es limitado.

80 Mexico Industry. (2022). WTech ensamblará vehículos tácticos en Jalisco; invertirá 180 mdd. 15 de agosto de 2022, de Mexico Industry Sitio web: <https://mexicoindustry.com/noticia/wtech-ensamblara-vehiculos-tacticos-en-jalisco-invertira-180-mdd>

81 Diálogo Chino. (2022). <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/54752-entrevista-conoce-a-zacua-la-primera-marca-de-autos-electricos-de-mexico/>. 15 de agosto de 2022, de Diálogo Chino Sitio web: <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/54752-entrevista-conoce-a-zacua-la-primera-marca-de-autos-electricos-de-mexico/>

82 INEGI. Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados. Fecha de publicación: 09/08/2022

Electromovilidad en México Plantas de vehículos eléctricos, 2022 - 2029



Fuente: INA con información de IHS Markit.

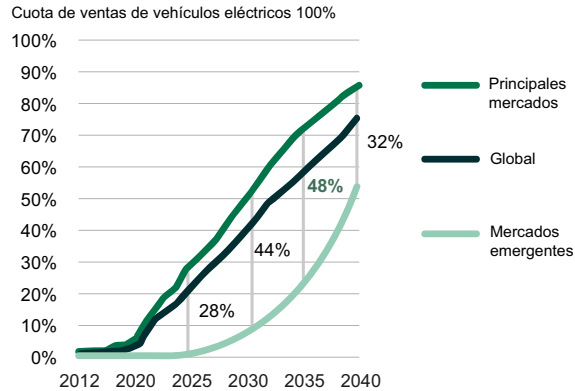
México impulsando la electromovilidad y el valor de contenido regional (VCR) de Norteamérica



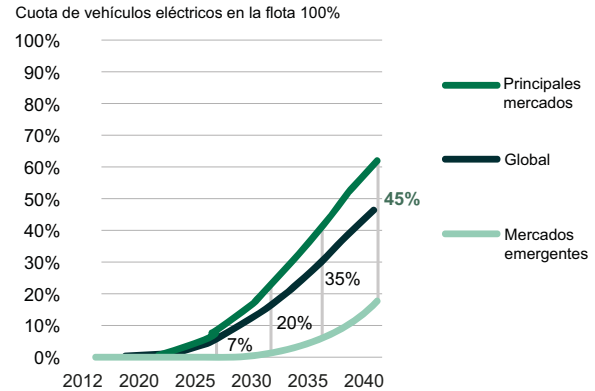
Fuente: INA con información de United States Department of Transportation.

La brecha de la adopción de vehículos de cero emisiones entre países líderes y emergentes está aumentando

Cuota de ventas de VE de pasajeros - ETS



Cuota de ventas de VE de pasajeros - ETS



Fuente: INA con información de BloombergNEF.

Política pública en materia de electromovilidad: Integración de Norteamérica

El gobierno mexicano ha realizado compromisos en materia ambiental, en especial en los temas de movilidad y energías limpias. En 2022, en el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima, se dieron a conocer las diez acciones que lleva a cabo esta administración para hacer frente al cambio climático.

El tercer punto de este decálogo hace referencia al hecho que México se suma al compromiso colectivo de las principales economías del mundo para alcanzar en 2030 el objetivo de producir el 50% de vehículos de cero emisiones contaminantes. También considera que en 2022 el país nacionalizó el litio, mineral estratégico en la elaboración de baterías.

El punto diez se refiere al compromiso de producir en 2024, cuando menos, el 35% de toda la energía que consumimos en el país de fuentes limpias y renovables. Destaca el hecho que el presidente Joe Biden agrade-

ció a México el trabajo conjunto y aseguró que Estados Unidos y México seguirán colaborando en enfrentar el cambio climático.⁸³

Este compromiso se deriva de trabajos anteriores de esta administración. En febrero de 2022, el gobierno mexicano lanzó el “Grupo de Trabajo México-Estados Unidos para la Electrificación del Transporte” entre peticiones de los principales productores de autos de invertir en infraestructura, energías renovables y regulaciones.

El grupo tiene origen en la reunión que hubo en Washington (noviembre, 2021) donde los presidentes de México y Estados Unidos, así como el primer ministro de Canadá, acordaron colaborar en cadenas de suministro y metas climáticas. Se pretende reducir las emisiones a la mitad para 2030 y alcanzar el nivel cero para 2050, además de que la mitad de los vehículos vendidos en EUA para 2030 deben ser eléctricos.

“En particular, tenemos el objetivo compartido de hacer que las cadenas de suministro en Norteamérica sean

83 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Presidente presenta decálogo de acciones contra el cambio climático en Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima. 17 Jun 2022, Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/articulos/presidente-presenta-decalogo-de-acciones-contra-el-cambio-climatico-en-foro-de-las-principales-economias-sobre-energia-y-clima>

más fiables, ya que buscamos acercarlas a casa, y estas cadenas de suministro actuales y futuras necesitan un suministro de electricidad limpio”, observó David Turk, secretario adjunto de Energía de EUA.⁸⁴

Igualmente, el Secretario de Relaciones Exteriores, Marcelo Ebrard Casaubon, encabezó en febrero de 2023 la presentación del “Diagnóstico y Recomendaciones para la Transición de la Industria Automotriz”, realizado por el Grupo de Trabajo de Alto Nivel México-Estados Unidos para la Electrificación del Transporte. Esta iniciativa, de acuerdo con la Cancillería, es la hoja de ruta que marca los primeros pasos que México debe dar para transitar industrialmente hacia la fabricación de vehículos menos contaminantes.

En este sentido, toma relevancia la evolución de la política económica de Estados Unidos, primero con la iniciativa “Build Back Better Plan” propuesta por el Presidente Biden en meses pasados. Esta propuesta incluía entre otros temas importantes incentivos como un crédito fiscal actual de \$7,500 dólares para comprar un vehículo eléctrico, así como \$500 dólares si la batería del vehículo se fabricaba en los EUA. También consideraba un crédito fiscal de \$4,500 dólares si el vehículo se ensambla en el país con trabajo sindicalizado. El gobierno mexicano e importantes organizaciones industriales realizaron un importante cabildeo para que esta propuesta de la administración Biden no excluyera de este incentivo a los países con los que Estados Unidos tiene un acuerdo comercial, en especial los miembros del T-MEC.

En agosto de este año el Congreso Estadounidense aprueba la “Inflation Reduction Act” (ver pág. 37), una iniciativa con un enfoque integral en materia energética, pues refuerza la cadena de producción con los socios comerciales de EUA manteniendo los incentivos a los consumidores estadounidenses ampliando las opciones de fabricación de autos a países con los que se tengan acuerdos comerciales. Actualmente las empresas automotrices globales se encuentran en proceso de análisis para identificar los ajustes necesarios en sus esquemas

de producción para poder acceder a los beneficios fiscales que plantea esta ley.

En nuestro país resalta el interés del Gobierno Federal por explotar a favor del estado recursos naturales usados en la fabricación de baterías. En este sentido resalta la publicación del decreto para la creación del organismo público denominado Litio para México, con el acrónimo ‘LitioMx’ agrupado en el sector coordinado por la Secretaría de Energía.

La nueva empresa estatal mexicana tiene como objetivo “la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio, ubicado en territorio nacional”, así como “la administración y control de las cadenas de valor económico de dicho mineral”.

La empresa estatal Litio para México es el resultado de las reformas aprobadas por el congreso mexicano en 2022 y por las cuales se “declara de utilidad pública al litio”. Entre estas disposiciones también se establece que “no se otorgarán concesiones, licencias, contratos, permisos o autorizaciones en la materia y señala que serán consideradas zonas de reserva minera aquellas en que haya yacimientos de litio”.

De acuerdo con la Cámara Minera de México (Cami-mex), aún “no existen reservas ubicadas de litio que se puedan procesar” en el país y tampoco se cuenta con la tecnología ni los métodos para procesar económicamente yacimientos de litio. Se hacen más relevantes las funciones de la empresa estatal LitioMx, pues será la encargada de desarrollar y ejecutar proyectos de ingeniería, investigación, actividades geológicas y todas aquellas relacionadas con la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio. También será responsable de ubicar y reconocer áreas geológicas potenciales de litio, de la mano del Servicio Geológico Mexicano, así como de investigar y desarrollar la tecnología requerida en la industria relacionada con la utilización del litio, entre otras.⁸⁵

84 Agencia EFE. (2022). México lanza iniciativa para autos eléctricos entre peticiones de productores. 15 de agosto de 2022, de Agencia EFE Sitio web: <https://www.efe.com/efe/usa/economia/mexico-lanza-iniciativa-para-autos-electricos-entre-peticiones-de-productores/50000106-4735704>

85 Agencia EFE. (2022). Gobierno de México crea empresa estatal para explotar el litio. 25 de agosto, de Agencia EFE Sitio web: <https://www.efe.com/efe/america/economia/gobierno-de-mexico-crea-empresa-estatal-para-explotar-el-litio/20000011-4871605>

Retos para el mercado mexicano: Trabajo conjunto gobierno-industria

Derivado de los compromisos del gobierno mexicano de contar para el año 2030 con un 50% de automóviles cero emisiones en nuestro país, es necesario identificar los retos que esto implica, pues se estima abastecer al mercado doméstico con variedad de modelos y precios.

Adicionalmente es fundamental contar con una política que permita mantener la competitividad de la planta productiva nacional en las cadenas globales de producción y desarrollar capital humano en los nuevos procesos de fabricación.

El Grupo de Trabajo México-EUA para la Electrificación del Transporte tiene un reto importante al integrar los jugadores relevantes y desarrollar una agenda nacional que considere los siguientes temas:

Producción nacional

- Mercado nacional: Es necesario incentivar en los próximos años la oferta de autos en el mercado nacional con una importante variedad de modelos y precios que cumplan con la normatividad nacional.
- Mercado de exportación: Trabajo conjunto con socios comerciales para mantener y fortalecer el rol de México en las cadenas globales de proveeduría, así como reconvertir procesos nacionales hacia nuevas tecnologías y desarrollo de capital humano.

Importaciones: Aprovechar incentivos a autos cero emisiones para complementar la producción nacional. Evitar desplazar producción nacional con importaciones de bajo valor agregado en la industria nacional.

Infraestructura: Desarrollo de red de estaciones de recarga, lo cual representa una oportunidad para la Comisión Federal de Electricidad y empresas privadas bajo un modelo de precios competitivos.

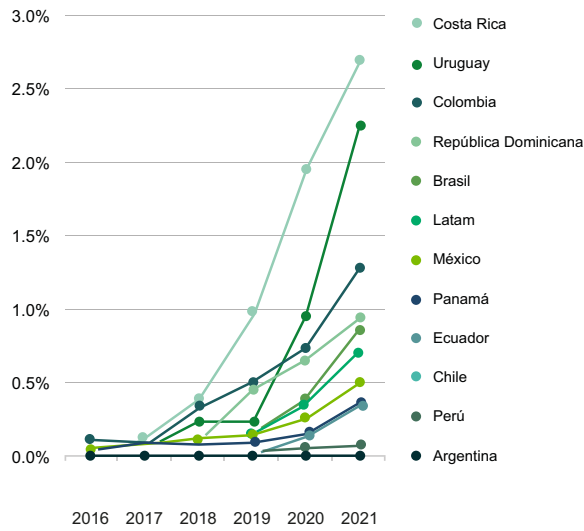
Incentivos fiscales e inversión pública: Homologar los incentivos de nuestros socios comerciales a través de incentivos fiscales a consumidores, productores e

inversiones en vehículos y transporte público cero emisiones, por nombrar algunos.

Análisis y planeación del parque vehicular: Analizar en forma integral el parque vehicular: autos de combustión interna más contaminantes, antigüedad de autos (16 años promedio), importación de autos usados y chatarrización, entre otros.



Ventas de vehículos eléctricos frente a ventas totales de automóviles, por país

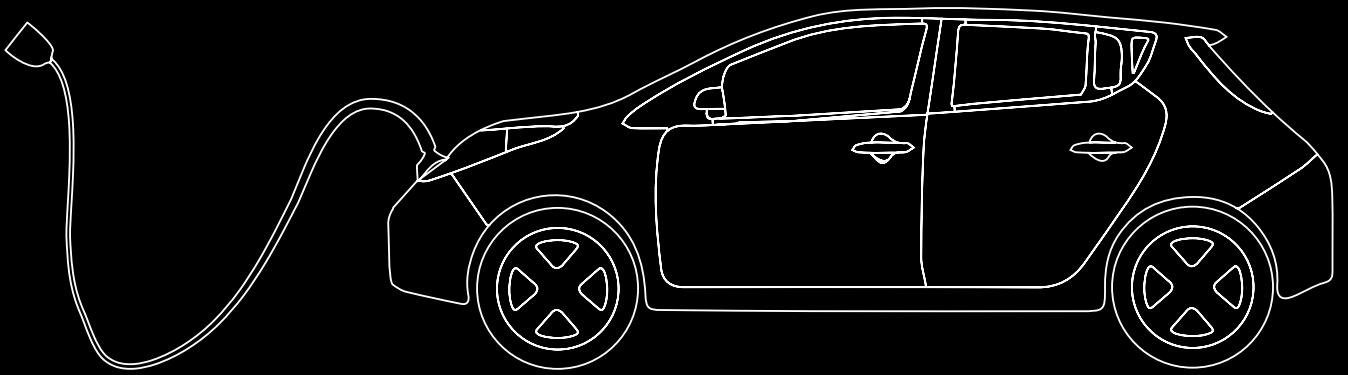


Perspectivas para 2025 por país



Fuente: INA con información de BloombergNEF.





Capítulo 4.

**Desarrollo de cadenas de valor:
necesidades tecnológicas**

5G y digitalización de la industria de autopartes

Es necesario destacar los cambios en el esquema de producción de autos eléctricos. Hoy sabemos que la cadena de suministro es aún más compleja, pues los fabricantes requieren mayor tecnología para brindar soluciones inteligentes, prácticas y eficientes dentro de sus sistemas de producción.

A su vez, las cadenas de suministro tienen una tendencia más impredecible para adquirir insumos, materiales y componentes y existe una presión para mantener altos niveles de calidad con líneas de producción más cortas, anteriormente diseñadas para procesos de producción en masa estandarizados.⁸⁶

La forma en que se arman los vehículos ha impactado las cadenas de valor. Carlos Meneses, coordinador del programa automotriz en la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) afirma que:

“Los fabricantes de equipo original estaban acostumbrados a altos volúmenes, a imponer barreras de entrada, a megafábricas de zonas geográficas complejas, pero de pronto llegan una serie de competidores (Lucid, Rivian, Canoo, Nikola, Arrival) que traen un estilo nuevo, no el tradicional automotriz, uno totalmente tecnológico, de electrónica, de computación y reinventan el tema del auto. El producto ahora es una especie de robot y de computadora, poderosísima, sobre ruedas”.

Estas compañías disruptivas han generado ecosistemas de proveeduría distintos, con centros de manufactura cercanos a los mercados de consumo y nuevos suministradores y materiales para la industria automotriz.⁸⁷ Meneses también subrayó que es necesario analizar el rol de nuestro país en estas cadenas: “México puede estar en el mercado Tier 1, empresas que posiblemente ya evolucionaron y van a solicitar cosas nuevas, laminados más delgados, menos pesados, carcasas. Hay otros ma-

teriales compuestos y fibras de carbono. Las empresas que estaban fabricando diferentes aplicaciones de fibras de carbono para el sector aeroespacial pueden entrar en esta cadena. Los centros de investigación y diseño mexicanos tienen potencial para diseñar interiores, partes eléctricas, electrónicas y de aire acondicionado, por mencionar algunos rubros.

Destaca el hecho de que México es uno de los países mejor preparados en el área de autopartes y está haciendo una evolución muy rápida a la parte de híbridos y electrificación. Francisco González Díaz, Presidente Ejecutivo de la INA, afirma que: “Cuando hablamos de híbridos, los que más ganan son las empresas de autopartes, porque venden combustión interna y venden motor eléctrico; pero este momento es muy importante para la industria porque está entendiendo que se tiene que migrar y hay varias formas de hacerlo”. Así una forma de migrar en la industria es producir piezas nuevas en la infraestructura existente: “En ese contexto, en el año de 2021 México alcanzó una cifra de casi 95,000 millones de dólares y esto representa un incremento de 20% con relación al año previo; realmente tenemos una solidez desde el punto de vista de proveeduría”.⁸⁸

Industria electrónica

La industria electrónica en nuestro país ocupa el lugar número uno en América Latina y es el octavo exportador de unidades de almacenamiento de datos informáticos. México destaca como el país con menores costos de operación en manufactura de equipo y componentes electrónicos de América.⁸⁹

Como muchas industrias, este sector está atravesando por una coyuntura global: el reshoring. El COVID-19, ha planteado al mundo y acelerado la necesidad de relocalizar los centros productivos y la creación de clústeres de cercanía, sostenibles y competitivos, con garantías de continuidad operacional.

86 Katsouris, A. (2022). El futuro de los autos eléctricos está en las cadenas de suministro mexicanas. Europartners Group. <https://www.europartnersgroup.com/blog/autos-electricos-futuro-em-las-cadenas-de-suministro-mexicanas/>

87 Vázquez, Víctor. (2022) Autos eléctricos ¿Cómo entrar a su cadena de proveeduría? Mexico Industry. <https://mexicoindustry.com/noticia/autos-electricos-como-entrar-a-su-cadena-de-proveeduria>

88 Pineda, M. (2022). México: Oportunidad para la manufactura de autos eléctricos. Modern Machine Shop. <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/mexico-oportunidad-para-la-manufactura-de-autos-electricos>

89 Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI).

México destaca como el país con menores costos de operación en manufactura de equipo y componentes electrónicos de América.

Estas condiciones representan para México una oportunidad para fortalecer a la industria electrónica en nuestro país, dada nuestra situación geográfica, el acceso preferencial que ofrece el T-MEC y el conflicto comercial de China con Estados Unidos.

La industria electrónica tiene la oportunidad de detonar un encadenamiento productivo, que le permita atraer las inversiones en productos de alta especialización tecnológica, y desarrollar el talento para hacerlo. El índice de contenido nacional del sector es de solo el +/- 9%.

La vinculación y dependencia de esta industria con la automotriz es cada vez mayor, la integración de los componentes electrónicos en un vehículo ha pasado de 20% a 70% en diversos modelos y sin duda la evolución de la industria lo acentuará.

Principalmente los países asiáticos han logrado retener e incrementar el mercado y las inversiones en productos de alta especialización. Los expertos del sector afirman que es necesario explotar su vocación exportadora y generar talento para atraer más inversiones e incrementar su encadenamiento productivo.

Industria de telecomunicaciones

Actualmente, enfrentamos un cambio tecnológico en el sector: 5G es la próxima generación de tecnología móvil, la cual continúa el desarrollo de las generaciones anteriores de tecnología móvil 3G y 4G. Como contexto histórico de evolución de las redes, 2G introdujo la mensajería, 3G brindó acceso a Internet y 4G, que surgió alrededor de 2009, implicó un incremento en las velocidades de descarga de datos, permitiendo a los usuarios, por ejemplo, transmitir películas en dispositivos móviles.

Ahora bien, los sistemas 5G traen consigo nuevas posibilidades que incluyen servicios de mayor ancho, ma-

yor capacidad de transmisión de datos, menor tiempo de espera o latencia, las cuales, en su conjunto, crearán nuevas oportunidades de acceso inalámbrico para todo tipo de usuarios y diferentes necesidades pues facilitan comunicaciones masivas tipo máquina.

Además, estas redes tendrán la capacidad de que toda la gama de dispositivos de quinta generación se pueda conectar entre sí, convirtiendo el ecosistema de radiocomunicaciones móvil en un mundo “todo conectado”.⁹⁰ La tecnología 5G es considerada la arquitectura que consolida el potencial de la industria 4.0 en México. El Internet de las cosas en el sector industrial (IIoT) solo se habilitará y aprovechará su máximo potencial cuando se despliegue la red 5G en todo el país. Las redes 5G en México habilitarán el que las fábricas inteligentes sean supervisadas remotamente, lo que traerá condiciones más seguras para el personal operativo e incrementará la productividad de las plantas.

La evolución de la conectividad en las plantas también incrementará la captura de información de los equipos en las nubes industriales lo que privilegiará un mayor monitoreo de condiciones (temperatura, presión, humedad, entre otros) y también el desarrollo de gemelos digitales más precisos.

La llamada “producción inalámbrica” que integrará humanos y robots colaborativos solo podrá alcanzarse en términos operativos cuando contemos con sistemas de conectividad aún más rápidos y con una mayor capacidad de procesamiento de datos que las que actualmente están instaladas en las plantas manufactureras del país.⁹¹

Así, la necesidad de habilitar plantas mejor conectadas con tecnología 5G se vuelve casi una urgencia para México, si consideramos la demanda de operaciones industriales que vendrán al país con el llamado “nearshoring” o relocalización de procesos industriales y cadenas de suministro o la necesidad de incrementar la producción

90 Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2020). Visión y prospectiva de la conectividad 5G. IFT. <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/otros-documentos/visionyprospectivadelaconectividad5g.pdf>

91 Ogazón, A. (2022). 5G es la arquitectura para consolidar la industria 4.0 en México. Cuatro Cero. <https://cuatro-cero.mx/ideas/5g-es-la-arquitectura-para-consolidar-la-industria-4-0-en-mexico/>

La comunicación inalámbrica de 5G posibilita las fábricas inteligentes y la industria 4.0, pues permite una conectividad confiable, generalizada y escalable, cualidades especialmente sensibles al hablar de industrias.

de automóviles eléctricos ante las nuevas regulaciones en Estados Unidos, principal socio comercial de México.

La tecnología 5G también habilitará la transformación digital de las pequeñas y medianas empresas (pymes) y facilitará el intercambio de información en cadenas de suministro complejas o amplias como las del sector automotriz o aeroespacial. Los pequeños proveedores de estas grandes industrias, con ayuda de la tecnología 5G, podrán compartir con mayor facilidad datos relevantes que son muy útiles para las grandes armadoras o integradoras de servicios.

Es necesario considerar que el despliegue de la red de quinta generación o 5G está en etapa inicial en México. Y es bien cierto que esta red tendrá un impacto en la experiencia de los usuarios de dispositivos móviles, su mayor potencial está en la industria, pues la red 5G permitirá consolidar las industrias de manufactura en el sector automotor.

La comunicación inalámbrica de 5G posibilita las fábricas inteligentes y la industria 4.0, pues permite una conectividad confiable, generalizada y escalable, cualidades especialmente sensibles al hablar de industrias.⁹² De acuerdo con el Dr. Andreas Müller, Vicepresidente de la Comisión México 4.0 y Subdirector de CAMEXA, ya es una realidad, pero aún tiene un largo camino por recorrer en las industrias verticales. Actualmente, existen 213 redes de 5G activas en el mundo y estimaciones de Ericsson señalan que 35% de la población mundial tuvo una cobertura 5G hacia finales de 2022. Explicó que para que la industria adopte la 5G, uno de los retos es romper barreras entre distintas industrias para probar el potencial del 5G industrial.

Aunque este año se han realizado diversos esfuerzos para impulsar la adopción de la tecnología de última generación (5G) en México, expertos mencionan la necesidad de trabajar en conjunto para que los beneficios y alcances de esta puedan encontrarse disponibles para las empresas y usuarios en el país.

Hoy la discusión tiene que centrarse en la necesidad del desarrollo temprano de casos de uso de 5G en diez industrias prioritarias para el país, donde destacan la manufactura, energía, transporte público y automotriz, para que México sea percibido como un destino atractivo para inversionistas, lo que se traduce en crecimiento y desarrollo económico y social.⁹³

Inversiones en la industria automotriz

El futuro de la industria automotriz estará basado en la tecnología de vehículos que utilicen fuentes de energía más limpias, ya sea por adopción de los consumidores que prefieran fuentes de energía renovables o porque las autoridades obliguen a la industria y al consumidor a cambiar de paradigma.

La industria reconoce que las inversiones en tecnología y nuevas líneas de producción serán elevadas y deberán ser de largo plazo. Las inversiones las harán empresas automotrices tradicionales adecuando sus líneas de producción y también las empresas que nacieron eléctricas. Existen otro tipo de inversiones necesarias que de hacerse permitirán la adopción masiva del vehículo eléctrico, tanto en economías avanzadas como en las emergentes, y son las destinadas a incrementar y fortalecer la infraestructura de cargadores públicos y la ampliación de la red 5G para la administración de las estaciones de carga eléctrica, entre otras.

92 Cuatro Cero. (2022). 5G Industrial: ¿Dónde estamos y a dónde vamos?. Cuatro Cero. <https://cuatro-cero.mx/noticias/5g-industrial-donde-estamos-y-a-donde-vamos/>

93 El Economista. (2022). Industria mexicana quiere una revolución 5G. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Industria-mexicana-quiere-una-revolucion-5G-20220915-0092.html>



En el sector de los vehículos eléctricos (VE), la red 5G es crítica para garantizar la seguridad y la fiabilidad de la carga de los vehículos eléctricos. El mercado de vehículos eléctricos ya está creciendo rápidamente, y algunos incluso ven el punto de inflexión inevitable, cuando más personas conducirán vehículos eléctricos que automóviles con motores de combustión interna. La agencia ABI Research⁹⁴ pronostica que en 2030 existirán 41 millones de automóviles conectados a 5G en las carreteras y esta cifra podría duplicarse en 2035.

Debido al mayor uso de los vehículos eléctricos en las carreteras, es necesario contar con infraestructura de red que sea confiable para respaldar las estaciones de carga de los autos. Por lo tanto, los operadores deberán proporcionar una conectividad siempre activa y confiable que no sea susceptible a interrupciones o fallas. Desafortunadamente, las redes fijas no siempre pueden garantizar esto y aquí es donde 5G puede desempeñar un papel fundamental como respaldo para la conectividad fija.

Sin embargo, para que 5G sea una herramienta de respaldo efectiva, los operadores deben adaptarse a eventos de emergencia, por ejemplo, cuando una tormenta provoque cortes de energía o en áreas rurales donde la

conectividad sea débil, y entonces cambiar instantáneamente a 5G como canal de comunicación de respaldo entre las estaciones de carga y el sistema de gestión de estaciones de carga.⁹⁵ En el caso de México, el despliegue de la tecnología 5G demanda la existencia de un marco regulatorio que promueva la inversión, además de temas regulatorios como la asignación de espectro para su desarrollo y su costo.

Recientemente, algunos líderes de la industria automotriz en México han resaltado la capacidad de nuestro país para participar en la cadena de suministro global del vehículo eléctrico. Sin dejar de anotar que se requieren inversiones, Jorge Vallejo, CEO de Mitsubishi México, declaró que “desde el punto de vista de producción, México está preparado. Se necesita una serie de inversiones bastante amplias para transformar esa manufactura y la manera de gestionar la producción hacia una tecnología totalmente eléctrica”, además de que “se necesita la proveeduría, una gran inversión, capacitación, desarrollo y mano de obra. Estoy hablando de al menos unos 7,000 millones de dólares para iniciar la manufactura de vehículos eléctricos”.⁹⁶

Mientras que la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) piensa que la certidumbre y re-

94 ABI Research (2020). 5G Will Shift C-V2X into High Gear. ABI Research. <https://www.abiresearch.com/press/5g-will-shift-c-v2x-high-gear/>

95 Stein, Y. (2021). How can 5G operators enable an electric future? Automotive World. <https://www.automotiveworld.com/articles/how-can-5g-operators-enable-an-electric-future/>

96 Guglielmetti, F. (2022). Mitsubishi: “México necesita al menos USD 7.000 millones para iniciar manufactura de vehículos eléctricos”. Portal Movilidad. <https://portalmovilidad.com/mitsubishi-mexico-necesita-al-menos-usd-7-000-millones-para-iniciar-manufactura-de-vehiculos-electrico>

El futuro de la industria automotriz estará basado en la tecnología de vehículos que utilicen fuentes de energía más limpias.

glas claras hacia una movilidad sostenible son necesarias para asegurar la adopción de nuevas tecnologías. Recientemente declaró que “Ya hay anuncios, ya hay fabricantes en México de vehículos eléctricos por parte de las empresas establecidas, y hay anuncios que se han hecho públicos de nuevas inversiones. Sin embargo, lo que nosotros hemos estado buscando en nuestros acercamientos con el gobierno federal es que haya una política pública clara, definida, que dé orientación a esta transición hacia la electromovilidad.”⁹⁷

Aunque en estos últimos meses algunas armadoras han hecho anuncios sobre el arranque de la producción de unidades electrificadas en el país, aún la línea de producción no es relevante y como se ha visto en la sección anterior las cifras de producción de vehículos sigue centrada en las unidades de combustión interna e híbridas.

Recientemente, la industria terminal ha hecho anuncios en materia de producción de vehículos eléctricos⁹⁸, por ejemplo:

- La empresa MegaFlux comenzó a ensamblar camiones eléctricos de reparto, con tren motriz manufacturado 100% en México con tecnología nacional, pensado para el mercado local.
- General Motors declaró que su planta de Ramos Arizpe, Coahuila, comenzará a producir su nuevo vehículo eléctrico Chevrolet Blazer EV 2024.
- Por su parte, Ford dio inicio a la producción del Mustang Mach-E desde 2021 en la planta de Cuautitlán Izcalli.
- Audi anunció que a partir de 2027 comenzará a producir su modelo Q5 en su planta de San José Chiapa, Puebla, como parte de su estrategia para electrificar toda su producción y oferta en 2033, pues dejará de producir autos de combustión interna a partir de 2026.

- En el segmento de vehículos pesados, la armadora Navistar anunció que tendrá la primera planta en el estado de Nuevo León que producirán camiones eléctricos con capacidad para 37,000 libras (16,782.92 kilos) en la región de Norteamérica y la empresa mexicana WTech a través de acuerdos de transferencia tecnológica con la empresa de origen holandés Defenture y la división militar de KIA planea invertir 180 millones de dólares para fabricar vehículos tácticos, de seguridad y transporte de pasajeros.

- LG Electronics y Magna International crearon LG Magna e-Powertrain con el propósito de fabricar motores, cargadores y otros componentes de automóviles eléctricos. Anunciaron una planta en México que iniciará operaciones en 2023 en Ramos Arizpe, Coahuila.

- La automotriz alemana BMW informó sus planes para integrar su planta en San Luis Potosí a la red global de electromovilidad, a través de la fabricación de baterías de alto voltaje para el modelo Neue Klasse.

- Tesla Motors anunció la construcción de una megaplanta (o “gigafactory”) para la producción de vehículos eléctricos en Nuevo León.



97 Cantú, C. (2022) Autos eléctricos, la otra manzana de la discordia entre México y EU. Ensamble Global. <https://www.clautedomex.mx/ensambleglobal/autos-electricos-la-otra-manzana-de-la-discordia-entre-mexico-y-eu/>

98 El Economista, Modern Machine Shop, Imagen, etc.

Prospectos y anuncios de inversiones en México

Empresa	País de origen	Fecha del anuncio	Proyecto	Monto de inversión	Lugar	Producto
Link EV Electric Vehicles	Estados Unidos	enero 2022	Planta de manufactura con cuatro líneas de producción para fabricar 1,400 vehículos al año y crear 400 empleos directos y 1,250 indirectos.	265 mdd	Puebla	Vehículos utilitarios
NEMAK	México	febrero 2022	3 plantas para producir carcasas para baterías eléctricas. Proveduría para la empresa Ford para producción del vehículo Mustang Match E.	200 mdd	Nuevo León /Europa	Carcasas para baterías de vehículos eléctricos
Magna y LG	Canadá y Corea del Sur	abril 2022	La planta de 260,000 pies cuadrados será la primera base de producción de ambas marcas en América del Norte y creará alrededor de 400 nuevos empleos.	ND.	Ramos Arizpe, Coahuila	Motores, inversores y cargadores integrados.
WTech	México	mayo 2022	Autobuses tácticos eléctricos. Empresa mexicana en alianza con Defenture y la división militar de KIA. El mercado de los vehículos tácticos es la Federación, la Secretaría de la Defensa Nacional (Sedena), la Marina (Semar) y las fiscalías estatales y municipales.	180 mdd	Jalisco	Primera etapa producción de 1000 autobuses en 2023.
Stellantis	Estados Unidos	julio 2022	Renovación de planta para cambiar línea de ensamble para iniciar producción en 2024.	ND.	Saltillo, Coahuila	Jeep Compass VE
Contemporary Amperex Technology	China	julio 2022	Plantas de producción de baterías para vehículos eléctricos de TESLA y Ford de 80 gigawatt-hora.	5,000 mdd	Ciudad Juárez, Chihuahua o Saltillo, Coahuila.	Baterías
Navistar	Estados Unidos	agosto 2022	Creación de línea de producción para tractocamiones eléctricos.	ND.	Escobedo, Nuevo León.	Camiones eléctricos con capacidad para 37,000 libras (16,782.92 kilos).
PPG	Estados Unidos	agosto 2022	Ampliación de planta	11 mdd	Querétaro	Polvos industriales para la industria automotriz
LS e-Mobility Solutions	Corea del Sur	septiembre 2022	Planta de manufactura de interruptores eléctricos para vehículos eléctricos	50 mdd	Durango	Productos eléctricos para baterías de vehículos.
GM	Estados Unidos	septiembre 2022	Línea de producción para vehículos eléctricos. SUV Chevrolet Equinox EV (eléctrica).	1,000 mdd	Coahuila	Vehículos eléctricos
Bombardier Recreational Products	Canadá	octubre 2022	Planta para fabricar baterías para vehículos eléctricos y para producir motocicletas eléctricas.	65 mdd	Querétaro	Baterías para vehículos y motocicletas eléctricas. Producción de motocicletas eléctricas.
BMW	Alemania	febrero 2023	Planta para fabricar baterías de alto voltaje.	800 millones de euros	San Luis Potosí	Baterías de alto voltaje para vehículos eléctricos modelo Neue Klasse.
TESLA	Estados Unidos	marzo 2023	Construcción de una <i>Gigafactory</i>	5,000 mdd	Nuevo León	Planta de producción de vehículos eléctricos.

Fuente: INA con fuentes diversas de medios de comunicación.

Necesidades de capital humano

El cambio que se dará en las líneas de producción de un vehículo con motor de combustión a un vehículo eléctrico necesitará de técnicos expertos en la movilidad eléctrica y, sobre todo, de mecánicos especializados en vehículos eléctricos, tanto para la producción de estos como para su mantenimiento. Es probable que haya demanda de expertos en sistemas de administración de baterías, optimización del tren motriz, química de baterías, arneses eléctricos y sistemas de seguridad. Esto tan solo en la línea de manufactura. Lo anterior debido a que los vehículos eléctricos comparten muchos de los componentes básicos que se encuentran en los automóviles tradicionales, pero tienen componentes únicos que los diferencian de los vehículos convencionales, como la batería de iones de litio y el motor eléctrico.

¿Qué perfiles técnicos se necesitarán en el futuro del vehículo eléctrico?

De acuerdo con el US Bureau of Labor Statistics⁹⁹, la industria automotriz en el segmento de vehículos eléctricos emplea trabajadores de una amplia variedad de antecedentes educativos y laborales, tales científicos que realizan investigaciones en tecnología de accionamiento eléctrico, trabajadores de fabricación que construyen los vehículos y los técnicos de mantenimiento automotriz que reparan los vehículos. En el estudio sobre las carreras necesarias para la industria automotriz en su variante eléctrica se señala la necesidad de impulsar carreras como ingeniería química, ingeniería eléctrica e ingeniería de materiales entre otras.

El perfil de los ingenieros es el siguiente:

Los ingenieros químicos aplican los principios de la química para diseñar o mejorar equipos o diseñar procesos para la fabricación de productos químicos y productos. Debido a que las baterías de los vehículos eléctricos almacenan energía a través de procesos químicos, los ingenieros químicos son responsables de desarrollar nuevos diseños de baterías y mejorar las tecnologías de baterías actuales. También son vitales en el diseño de equipos y procesos para la fabricación a gran escala y

en la planificación y prueba de los métodos de fabricación de baterías.

Los ingenieros eléctricos diseñan, desarrollan, prueban y supervisan la fabricación de componentes eléctricos. Son responsables de diseñar el circuito eléctrico que permite que un motor de gas cargue la batería y distribuye la electricidad de la batería al motor eléctrico. Los ingenieros eléctricos también pueden trabajar en los sistemas de calefacción y aire acondicionado, iluminación de vehículos y pantallas visuales.

Los ingenieros electrónicos diseñan, desarrollan y prueban componentes y sistemas electrónicos para vehículos. Estos ingenieros se enfocan principalmente en los sistemas de control y componentes electrónicos adicionales para el vehículo. Se diferencian de los ingenieros eléctricos en que no se centran en la generación y distribución de electricidad.

Los ingenieros de materiales están involucrados en el desarrollo, procesamiento y prueba de materiales utilizados en vehículos eléctricos. Muchos vehículos eléctricos están fabricados con materiales más nuevos que son más ligeros y resistentes que los de los coches tradicionales. Los ingenieros de materiales también pueden incorporar materiales ecológicos que se derivan de materiales de origen vegetal o materiales reciclados.

Los dibujantes mecánicos preparan dibujos detallados que muestran cómo ensamblar maquinaria y dispositivos mecánicos. Son responsables de producir pautas visuales que ilustran los métodos de construcción de los componentes mecánicos de los vehículos. La mayoría de los dibujantes usan sistemas Computer-Aided Design & Drafting (CADD) para preparar dibujos.

Los desarrolladores de software diseñan y crean software. Aplican las teorías de las ciencias de la computación y el análisis matemático para crear y evaluar aplicaciones y sistemas de software que hacen funcionar las computadoras. Los vehículos modernos están ampliamente controlados por computadora y los desarrolladores de software crean el software que controla estos vehículos. Además, los vehículos híbridos y eléctricos utilizan computadoras a bordo para producir y distribuir



la cantidad adecuada de electricidad para impulsar el vehículo en determinadas condiciones. La computadora a bordo también determina cuándo usar el motor de gasolina para impulsar el vehículo y cuándo usar el motor para recargar la batería.

Mientras que del conjunto de técnicos destacan los siguientes:

Los ensambladores de equipos eléctricos y electrónicos fabrican productos como motores eléctricos, computadoras, dispositivos de control electrónico y equipos de detección. Algunos de estos componentes pueden ser demasiado pequeños o frágiles para el ensamblaje humano, por lo que se ensamblan mediante sistemas automatizados. Los ensambladores de equipos eléctricos y electrónicos unen las partes de componentes más grandes o controlan sistemas automatizados que se utilizan para piezas más pequeñas.

Los ensambladores de equipos electromecánicos utilizan una variedad de herramientas para construir y ensamblar componentes electromecánicos utilizados en vehículos eléctricos, como motores de gasolina, motores eléctricos y generadores. Esta ocupación es similar a la de los ensambladores de equipos eléctricos y electrónicos. Sin embargo, estos trabajadores se enfocan más en los componentes mecánicos que en la electrónica.

Los operadores de máquinas herramienta controladas por computadora utilizan máquinas para fabricar componentes metálicos y plásticos de vehículos. Para configurar la máquina para ciertas operaciones, descargan

un programa y arreglan las herramientas apropiadas en la máquina. Después de posicionar la pieza en la que se está trabajando, los operadores de máquinas herramienta controlados por computadora arrancan la máquina.

Los maquinistas utilizan máquinas herramienta, como tornos, fresadoras y amoladoras, para producir piezas metálicas de precisión. La producción de grandes cantidades de una sola pieza puede automatizarse parcial o totalmente y los maquinistas son responsables de monitorear las máquinas y la calidad de la producción. Los maquinistas también son responsables de producir lotes pequeños o fabricar piezas únicas para prototipos o pruebas. Si se necesitan muchas más piezas, a menudo se producen en masa utilizando máquinas controladas por computadora.

Si bien en México los egresados de las universidades, tanto a nivel de ingeniería como técnico, ya tienen presencia en la industria automotriz, la necesidad de acentuar los perfiles y hacerlos más pertinentes para atender los requerimientos de la industria es una tarea permanente y demandará esfuerzos de vinculación entre tres actores: academia, industria y gobierno.

Políticas públicas

En general, América Latina enfrenta un rezago en materia de política públicas e incentivos para el desarrollo de la industria y el mercado interno de autos cero emisiones. Las diferentes economías globales están desarrollando esquemas agresivos para consolidar sus industrias: históricamente, Estados Unidos es el principal

destino de las exportaciones de autos hechos en México y el presidente estadounidense Joe Biden ha impulsado una variedad de iniciativas para favorecer la movilidad eléctrica.¹⁰⁰

De acuerdo con la industria, para que México se beneficie de las oportunidades de esta coyuntura histórica, deberá “mantener sus capacidades existentes en la cadena de I+D, diseño, testeado y ensamble. Además, México debe crear nuevas oportunidades trabajando en el estímulo a la inversión, el talento y el acceso a servicios de energía”.¹⁰¹

La industria nacional considera que México es muy competitivo por su tamaño, ubicación geográfica y desarrollo de industria. Además, cuenta con alta disponibilidad, pero no ilimitada, de ingenieros calificados y vocación exportadora. Sin embargo, reconocen que se compite por inversiones con varios países que han diseñado programas de devoluciones, exclusiones y créditos fiscales en el área de semiconductores.

En México, los esfuerzos del Gobierno Federal por promover estrategias hacia la fabricación de autos eléctricos se han dado desde una perspectiva de análisis y colaboración: industria, academia y gobierno.

A inicios de 2022 iniciaron los trabajos del Grupo de Trabajo México-Estados Unidos para la Electrificación del Transporte (GTE), una iniciativa binacional de alto nivel caracterizado por grupos técnicos de análisis en los siguientes temas:

- Innovación
- Capital humano
- Desarrollo de proveedores
- Desarrollo de infraestructura
- Estructuras de gobernanza

Esta iniciativa tiene un carácter plural al integrar dependencias del sector público (Economía; Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; Educación Pública;

Trabajo y Previsión Social; Comisión Federal de Electricidad, entre otras), gobiernos estatales, empresas del sector automotor y universidades y centros de investigación.

En materia de telecomunicaciones destaca el debate actual sobre la adopción de la tecnología 5G en nuestro país. Javier Juárez Mojica, comisionado presidente del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) afirma que algunos de los retos identificados para el desarrollo 5G es el costo del espectro, que es 60% más caro que en el resto del mundo, afecta al desarrollo del sector y a las finanzas públicas.¹⁰²

Las inversiones están buscando los lugares que les den las mejores condiciones para invertir y en tanto México no baje el costo del espectro, no será competitivo (...) Lo vimos con la licitación IFT-10 donde se quedaron desiertos bloques de espectro y se dejaron de percibir 1,300 millones de pesos al año. Además, un operador ya ha devuelto este insumo al Estado provocando pérdidas a las finanzas públicas por 4,500 millones de pesos anuales.

Por su parte, Rogelio Jiménez Pons Gómez, subsecretario de Transporte de la Secretaría de Comunicaciones, Infraestructura y Transportes (SCIT) aseguró que para la implementación de 5G es necesario tener políticas públicas adecuadas, además de que el desarrollo de la red 5G tiene retos como la garantía de la certeza jurídica y de la ciberseguridad.¹⁰³

Mercado nacional

De acuerdo con los expertos en la industria, aunque México ha dado pruebas de que puede fabricar autos eléctricos de calidad, el proceso de venta y desarrollo del mercado ha sido lento.

Según José Zozaya, presidente de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA): “El número de vehículos eléctricos que se venden en México sigue

100 Valladolid, M. (2022). México anticipará su producción y uso de autos eléctricos, influenciado por EU: experto. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/mexico-anticipara-su-produccion-y-uso-de-autos-electricos-influenciado-por-eu-experto/>

101 González, H. (2022). Semiconductores y política industrial: todo listo. El Universal. <https://www.eluniversal.com.mx/opinion/hugo-gonzalez/semiconductores-y-politica-industrial-todo-listo>

102 El Economista. (2022). Industria mexicana quiere una revolución 5G. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Industria-mexicana-quiere-una-revolucion-5G-20220915-0092.html>

103 IBID.

siendo muy pequeño y hay varias razones para ello, como son los incentivos fiscales y no fiscales, así como la infraestructura existente para que este tipo de vehículos pueda circular”.¹⁰⁴

Por su parte, Jorge Vallejo, de Mitsubishi Motors de México, afirma que en materia de comercialización México sí está desfasado: “Yo no quisiera decir que vamos a ser de los últimos países en adoptar esta tecnología y básicamente creo que no lo haremos por la gran huella de manufactura y la gran huella de inversión que tenemos; pero si solamente hablásemos de comercialización, si seríamos de los últimos países en implementar esta tecnología”. Detalló que en el país hace falta infraestructura de cargadores, centros de abastecimiento, corredores eléctricos, además de incentivos fiscales y no fiscales, crédito, entre otros aspectos clave para la comercialización de estos vehículos.¹⁰⁵

Incentivos vigentes

En México, los incentivos fiscales vigentes al uso de vehículos híbridos y eléctricos son los siguientes:¹⁰⁶

- Descuento de 20% en casetas de cobro y segundos pisos de CDMX y Estado de México.
- Tarifa preferencial de electricidad para estaciones de recarga domiciliaria.
- Instalación gratuita de medidores para estaciones de recarga domiciliaria.
- Exentos de pago del Impuesto sobre automóviles nuevos (ISAN).
- Exentos de pago del impuesto a la tenencia en los estados que existe el impuesto.
- Deducibilidad de hasta \$250,000 pesos para personas morales.

Otros incentivos al uso de vehículos con tecnologías híbrida o eléctrica:

- Exentos de Verificación Vehicular en Zona CAME (Comisión Ambiental de la Megalópolis): Vehículos eléctricos, eléctricos conectables y strong hybrids.
- Renovación de la flota de taxis: bono de chatarrización por cada unidad entregada para ser sustituida, por concepto de enganche de los vehículos nuevos, de \$100,000 para vehículos híbridos o eléctricos.

El desarrollo de infraestructura de carga es uno de los puntos más importantes a considerar para los encargados en el desarrollo de políticas para el desarrollo de la electromovilidad. Diversos estudios han comprobado que el desarrollo de infraestructura de carga disponible en casa, lugares de trabajo, centros comerciales, corredores carreteros y en espacios públicos, disminuye el sentimiento de ansiedad generada por el usuario por quedarse sin carga. Así mismo es un incentivo per se para comprar un vehículo eléctrico o un híbrido conectable.

En México, a la fecha, hay un total de 2,089 estaciones de carga públicas para autos eléctricos, mientras que para el 2041 se necesitarán unas 38,000 estaciones más, de acuerdo con funcionarios y expertos del sector y se estiman que circularán unos 43,000 vehículos con tecnologías electrificadas. “De acuerdo al crecimiento en los últimos años, se calcula que para 2041 en el país estarán en circulación cerca de 700,000 vehículos eléctricos. Esto quiere decir que, para satisfacer la demanda de energía, serán necesarias 40,00 estaciones de recarga”, dijo Enrique Álvarez, Gerente del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).¹⁰⁷

Especialistas advierten sobre la necesidad de alistar más estaciones de carga, y que éstas sean seguras tanto para los usuarios como para los automóviles. Víctor Villalobos, consejero titular de la Sección XV de Elec-

104 Pineda, M. (2022). México: Oportunidad para la manufactura de autos eléctricos. Modern Machine Shop. <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/mexico-oportunidad-para-la-manufactura-de-autos-electricos>

105 IBID.

106 AMIA,. (2022) Transición a la electromovilidad en México. <https://amia.com.mx/wp-content/uploads/2022/03/electromovilidad28022022-V2.pdf>

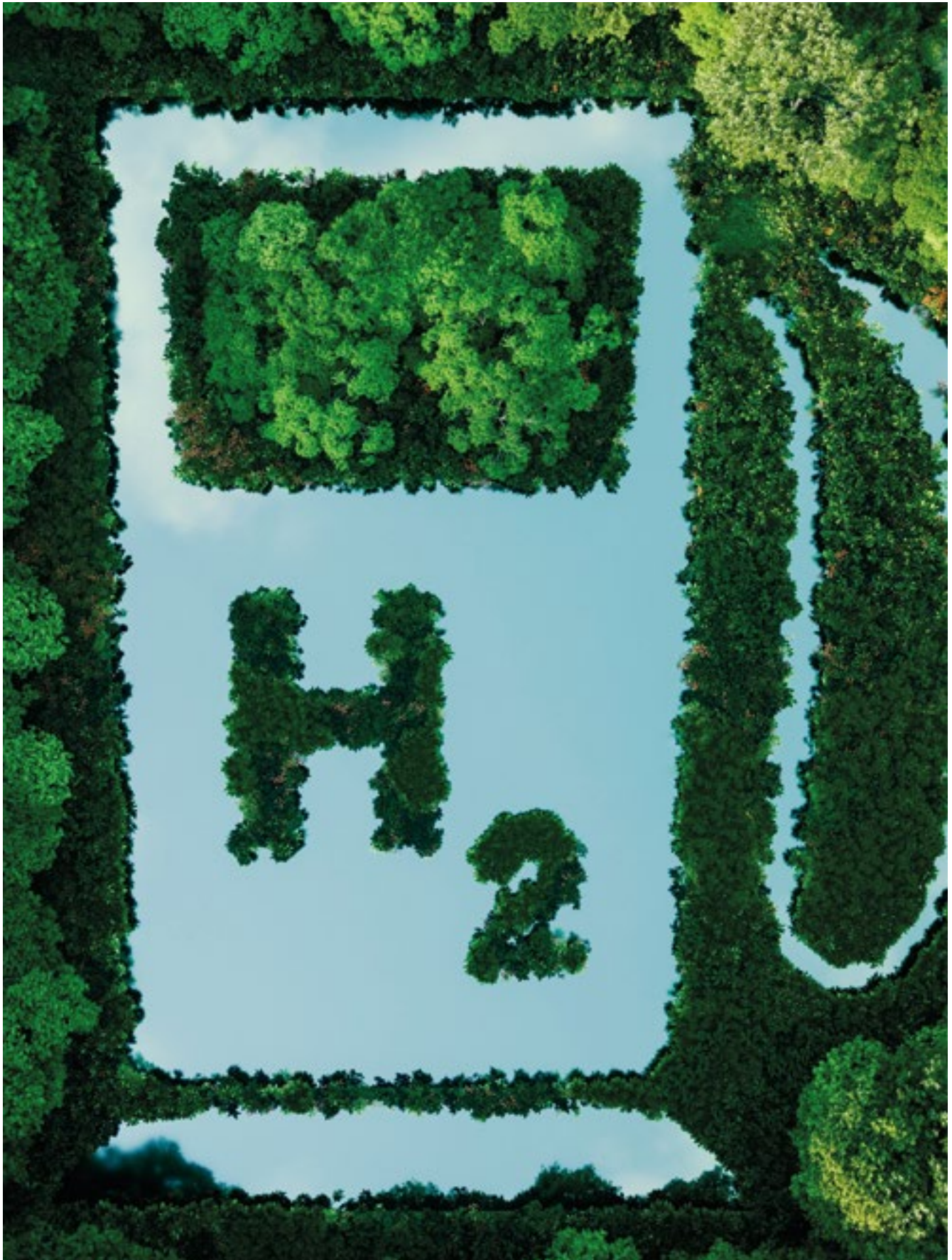
107 Forbes. (2022). Urgen estaciones de carga para autos eléctricos, pero deben ser seguras, dicen expertos. Forbes. <https://www.forbes.com.mx/urgen-estaciones-de-carga-para-autos-electricos-pero-deben-ser-seguras-dicen-expertos/>

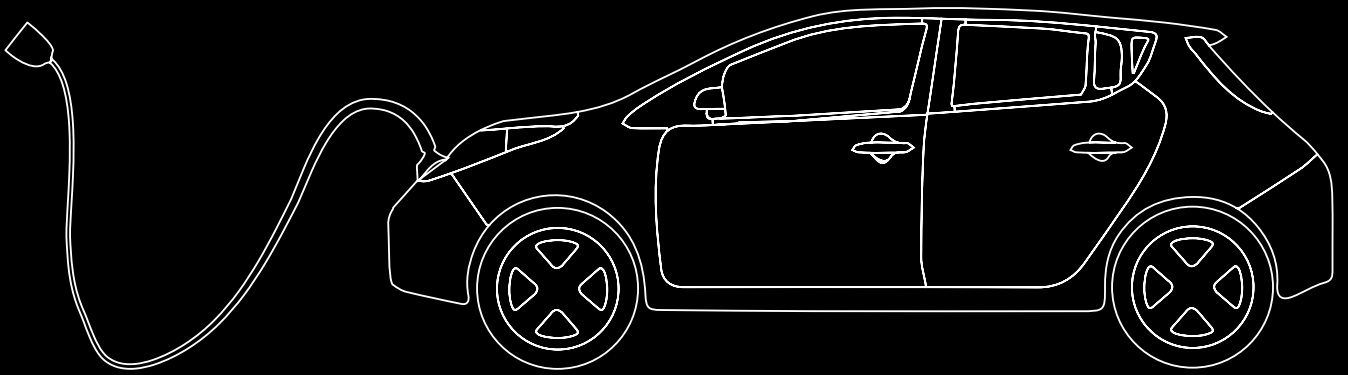


tromovilidad de la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME), señala que se debería ya de considerar en las construcciones habitacionales la instalación de las estaciones de carga que serán necesarias para conectar los autos en los que próximamente nos trasladaremos. Además, aunque ya existe la norma para las instalaciones de carga adecuadas en los hogares, hay un riesgo de que falte la supervisión de éstas. “El reto para México es que haya suficientes recursos para validar que todo mundo haga las cosas bien. Porque puedes poner la norma, la iniciativa, pero si todo mundo hace lo que quiere, hay el riesgo de instalaciones no seguras”, expuso. Los riesgos de instalar una estación de carga sin cumplir con las normas, advirtió, son un incendio o el daño de la instalación eléctrica de la vivienda o incluso de la red eléctrica.¹⁰⁸



108 Valladolid, M. (2022). México anticipará su producción y uso de autos eléctricos, influenciado por EU: experto. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/mexico-anticipara-su-produccion-y-uso-de-autos-electricos-influenciado-por-eu-experto/>







Capítulo 5.

Tendencias tecnológicas y opinión de los expertos



Alternativas a autos eléctricos de batería ¿Cómo funciona un FCEV?¹¹¹

Con el incremento de los autos cero emisiones, aparecen nuevas opciones tecnológicas de movilidad: los vehículos eléctricos de pila o celda de combustible (Fuel Cell Electric Vehicle o FCEV), los cuales utilizan hidrógeno como fuente de combustible. Un vehículo FCEV a diferencia de un vehículo eléctrico de batería tradicional (BEV), usa una celda de combustible para producir la energía eléctrica pues cuenta con un tanque donde se almacena hidrógeno, el cual se utiliza junto con el oxígeno del aire en un proceso de oxidación y liberación de la corriente eléctrica que alimenta el motor¹⁰⁹.

Según un reciente informe de PreScouter Intelligence, a falta de una infraestructura que permita el desarrollo de los FCEV, los vehículos eléctricos de batería siguen siendo la opción más atractiva en la actualidad. Sin embargo, esta situación podría cambiar en los próximos cinco a diez años a medida que aumenten las inversiones en la producción e infraestructura de hidrógeno, lo que podría hacer que los FCEV superen a los de batería en algunos segmentos y se conviertan en la alternativa más sostenible.¹¹⁰

Los FCEV son vehículos que obtienen su energía de una pila de combustible de hidrógeno en lugar de una batería. La electricidad se produce mediante las reacciones electroquímicas entre el hidrógeno y el oxígeno suministrado en los depósitos de hidrógeno del FCEV. Solo se produce agua pura y destilada como subproducto.

Los FCEV utilizan esta electricidad para la tracción y necesitan la batería para operaciones auxiliares como el arranque o el almacenamiento de la energía obtenida por el frenado regenerativo. Los FCEV, a diferencia de los vehículos eléctricos, se basan en la energía almacenada en las pilas de combustible del vehículo, que tienen una serie de ventajas sobre las baterías. Siempre que haya combustible disponible para alimentar la pila de combustible, ésta puede generar energía. Esta es una de las ventajas más significativas de las pilas de combustible.

Un automóvil eléctrico típico puede cargarse completamente en algo más de seis horas (varía dependiendo de las tecnologías disponibles), mientras que un FCEV podría recargarse en cinco minutos y tener una autonomía de más de 350 millas. Se necesita una pequeña cantidad de hidrógeno para llegar más lejos.

109 Otero, A. (2018). Coches de hidrógeno: así funciona esta tecnología de cero emisiones contaminantes. Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/tecnologia/coches-de-hidrogeno-asi-funciona-esta-tecnologia-de-cero-emisiones>

110 World Energy Trade. (2022) En la batalla de los vehículos eléctricos, ¿podría el hidrógeno ser el ganador? WET. <https://www.worldenergytrade.com/innovacion/movilidad/en-la-batalla-de-los-vehiculos-electricos-podria-el-hidrogeno-ser-el-ganador>

111 IBID

Comparación entre BEVs y FCEVs



BEVs vs **FCEVs**

Largo
(-6 horas)

Carga/Tiempo de repostaje

Corto
(-5 minutos)

El litio es el metal más ligero de la tierra, reacciona violentamente con el oxígeno y es tóxico.



Seguridad*

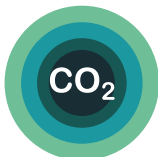
El hidrógeno es un gas combustible, explosivo, no tóxico, incoloro, inodoro e insípido.



Costo*



Las emisiones de CO₂ en BEVs dependen del combustible que se utilice para generar la energía eléctrica.



Emisiones Well to wheel



Un subproducto del uso de hidrógeno como combustible es la producción de agua.

* En comparación con motores de combustión interna

El hidrógeno es muy poderoso: tiene tres veces más energía que la gasolina, pero, a diferencia de ésta, es una fuente de energía limpia, ya que solo libera agua (H₂O), en forma de vapor, y no produce dióxido de carbono (CO₂).

Opciones de pilas de hidrógeno¹¹²

Aun dentro de la tecnología de pilas de hidrógeno hay dos opciones: La pila de combustible de hidrógeno (FCEV) y el hidrógeno caliente (H₂-ICE). A pesar de que en ambos casos el hidrógeno sea el gran protagonista, tienen un enfoque muy distinto. Aunque se consideran coches eléctricos, los FCEV o automóviles con pila de combustible no tienen un enchufe bajo la tapa de «combustible». Hay una boca de llenado similar a la que tienen los coches de gas y que es utilizada para el repostaje de hidrógeno. El sistema de propulsión está compuesto por depósitos para almacenar el hidrógeno, la pila de combustible, un motor eléctrico y una batería de alto voltaje que principalmente es de iones de litio.

El hidrógeno caliente o H₂-ICE

El motor H₂-ICE es, como bien indican dichas siglas, un motor de combustión interna debidamente adaptado para utilizar hidrógeno como carburante en lugar de un combustible tradicional (gasolina o diésel). Las principales modificaciones se llevan a cabo en el sistema de inyección de combustible y de encendido. El depósito de combustible también debe estar preparado para el almacenamiento de hidrógeno. Esta es una tecnología que está ganando popularidad rápidamente ya que para muchos fabricantes significa alargar la vida del motor de combustión interna.

En la actualidad no hay disponible ningún coche con motor de hidrógeno en el mercado. Sin embargo, marcas como Toyota ya han desarrollado prototipos funcionales que, por ejemplo, están siendo usados en carreras deportivas para desarrollar la tecnología y aplicarla en un futuro.

Las ventajas de la pila de combustible de hidrógeno

- No hay emisiones contaminantes
- Conducción silenciosa y confortable
- Sin limitación de autonomía y tiempos de carga

Las ventajas del hidrógeno caliente

- Experiencia de conducción equiparable a un coche de gasolina o diésel
- Mantiene con vida el motor térmico
- Bajos niveles de emisiones (no genera CO₂)

Hidrógeno: energía del futuro¹¹³

El hidrógeno es el elemento químico más abundante en el universo, puede ser gas (las estrellas, como el sol están formadas principalmente de este gas) o tomar estado líquido. El hidrógeno es muy poderoso: tiene tres veces más energía que la gasolina, pero, a diferencia de ésta, es una fuente de energía limpia, ya que solo libera agua (H₂O), en forma de vapor y no produce dióxido de carbono (CO₂).

No obstante, aunque existen hace muchos años tecnologías que permiten usar el hidrógeno como combustible, es muy peligroso por ser altamente inflamable, por lo que transportarlo y almacenarlo de manera segura es complejo y lo más retador son las dificultades para producirlo. En la Tierra el hidrógeno solo existe en combinación con otros elementos. Está en el agua, junto con el oxígeno, y se combina con el carbono para formar hidrocarburos como el gas, el carbón y el petróleo. Por ende, hay que separar al hidrógeno de las otras moléculas para usarlo como combustible. Y lograr esto

¹¹² Fernández, A. (2022). Hidrógeno, las diferencias entre la pila de combustible y el H₂-ICE. Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/hidrogeno-pila-combustible-h2-ice-202289262.html>

¹¹³ Smink, V. (2021). Hidrógeno verde: 6 países que lideran la producción de una de las “energías del futuro” (y cuál es el único latinoamericano). BBC News. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777>

Aunque algunos fabricantes de automóviles venden o alquilan actualmente FCEV, la tecnología es todavía nueva.

requiere de grandes cantidades de energía, además de ser muy costoso.

Hace unos años se empezó a producir hidrógeno a partir de energías renovables como el sol y el viento, usando un proceso llamado electrólisis. La electrólisis emplea una corriente eléctrica para dividir agua en hidrógeno y oxígeno en un aparato llamado electrolizador. Para muchos, el resultado es el llamado hidrógeno verde, que es 100% sostenible, pero mucho más costoso de producir que el hidrógeno tradicional. No obstante, muchos creen que podría ofrecer una solución ecológica para algunas de las industrias más contaminantes, incluyendo el transporte, la producción química y de acero, y la generación de energía.

En la actualidad, el 99% del hidrógeno usado como combustible se produce a partir de fuentes no renovables. En tanto, menos del 0.1% se produce a través de la electrólisis del agua, según la Agencia Internacional de la Energía. Muchos expertos en energía anticipan que esto cambiará pronto, pues diversos países y compañías están apostando por esta nueva forma de energía limpia, que muchos creen será clave para “descarbonizar” el planeta.

Petroleras como Repsol, BP y Shell están entre quienes han lanzado proyectos de hidrógeno verde y varias naciones ya han publicado sus planes de producción de este combustible renovable.

Almacenamiento de hidrógeno y recarga de autos¹¹⁴

Dado que el hidrógeno tiene una escasa densidad energética volumétrica, el almacenamiento de una cantidad suficiente a bordo plantea problemas de peso, volumen, cinética, seguridad y coste. El hidrógeno solo puede almacenarse a alta presión, a temperaturas extremadamente bajas como líquido, o en sistemas de hidruros

metálicos para maximizar la densidad energética volumétrica.

El hidrógeno comprimido es el método más utilizado para almacenar hidrógeno en los vehículos. Los depósitos de hidrógeno comprimido de los FCEV de pasajeros son complejos y ocupan mucho espacio. Este es un defecto de la actual generación de vehículos eléctricos impulsados por pilas de combustible de hidrógeno. En el futuro, los hidruros metálicos o no metálicos podrían sustituir a los pesados depósitos de hidrógeno. Esto está empezando a tomar forma, ya que la evaporación del hidrógeno sigue siendo un problema técnico clave que hay que superar.

Así, aunque algunos fabricantes de automóviles venden o alquilan actualmente FCEV, la tecnología es todavía nueva. Los FCEV no serán comercialmente viables a menos que los compradores estén seguros de que podrán acceder fácilmente a las estaciones de servicio. Por eso, la adopción de los vehículos de pila de combustible debe complementarse con una infraestructura habilitadora. Según H2 Tools, a finales de 2021 había más de 492 estaciones de repostaje de hidrógeno operando en todo el mundo. Japón contaba con unas 141 estaciones, seguido de Corea del Sur (112) y Alemania (91).

Tendencias de mercado¹¹⁵

Varios estudios, entre ellos uno del Laboratorio Nacional de Argonne, han demostrado que la creación y el uso de hidrógeno para los vehículos de pila de combustible es más respetuoso con el medio ambiente que el uso de la electricidad de la red para alimentar los vehículos eléctricos de batería. Los FCEV son también la mejor opción en términos de impacto medioambiental, ya que las pilas de combustible pueden ser un sistema energético 100% renovable y respetuoso con el medio ambiente. La falta de sistemas de reciclaje adecuados

114 World Energy Trade. (2022) En la batalla de los vehículos eléctricos, ¿podría el hidrógeno ser el ganador? WET. <https://www.worldenergy-trade.com/innovacion/movilidad/en-la-batalla-de-los-vehiculos-electricos-podria-el-hidrogeno-ser-el-ganador>

115 World Energy Trade. (2022) En la batalla de los vehículos eléctricos, ¿podría el hidrógeno ser el ganador? WET. <https://www.worldenergy-trade.com/innovacion/movilidad/en-la-batalla-de-los-vehiculos-electricos-podria-el-hidrogeno-ser-el-ganador>



puede provocar que las baterías de iones de litio utilizadas en los BEV provoquen una grave crisis medioambiental cuando lleguen al final de su vida útil.

Durante la conducción, el vehículo emite vapor de agua y filtra el polvo ultrafino de la atmósfera. Esta característica fundamental del FCEV ha atraído la atención del público como el futuro de la movilidad ecológica. Esta tecnología puede tener un gran impacto en nuestro estilo de vida en términos de sostenibilidad, debido a la abundancia de hidrógeno en la Tierra y a que el propio proceso de producción es muy ecológico.

En general, los FCEV son más limpios que los BEV y los vehículos de combustión interna, con un margen de mejora adicional a medida que avanza la generación y distribución de hidrógeno. La producción de los FCEV también es más limpia que la de los BEV debido a que se necesitan menos materias primas en comparación con la extracción de minerales de los BEV y el consumo de metales pesados como el litio y el cobalto. Los FCEV también son más fáciles y baratos de reciclar que los BEV.

Toyota, Hyundai Motor Group y General Motors han sido los principales fabricantes que han apostado por la pila de combustible de hidrógeno como solución de movilidad sostenible. La distribución geográfica de los FCEVs varía significativamente. Corea, Estados Unidos y Japón se han concentrado en los vehículos de pasajeros, con un pequeño número de autobuses y vehículos comerciales. En cambio, con sus políticas de autobuses y vehículos comerciales con pila de combus-

tible, China domina hoy las existencias mundiales en estos segmentos.

Se prevé que esta tendencia continúe, ya que la política china de subvenciones a los coches de pila de combustible para 2020 se centra en el empleo de pilas de combustible en vehículos comerciales medianos y pesados. China se ha fijado el objetivo de utilizar más de un millón de FCEV para fines comerciales en 2030. En Europa habrá más autobuses y camiones de pila de combustible en un futuro próximo. Está previsto que haya más de mil autobuses durante la próxima década.

Hoy se estima que ambas tecnologías coexistirán en el futuro debido a sus evidentes similitudes, siendo los BEV más apropiados para vehículos de corto alcance y pequeños, y los FCEV la mejor opción para los vehículos de mediano y largo alcance.

Entrevistas con expertos **Paradigma del vehículo eléctrico**

Sin duda estamos en un periodo de transición hacia la electromovilidad, que implica la convivencia de diferentes tecnologías durante los próximos años. La de los vehículos con motores de combustión interna que dejarán de producirse totalmente hacia 2040 y la de los vehículos híbridos (HEV*), que combinan un motor de combustión interna (ICE*) con una batería que impulsa el vehículo en combinación con el ICE y se recarga mediante la energía cinética al frenar o dejar de acelerar y utiliza gasolina para el motor ICE; los híbridos enchufables (PHEV*) que también combinan un motor ICE con una batería que impulsa el vehículo en combinación con el ICE pero se recarga conectándolo a una estación

de recarga de la red eléctrica y utiliza gasolina para el motor ICE; los vehículos eléctricos (BEV*) que son propulsados por uno o varios motores eléctricos alimentados de la energía eléctrica almacenada en una batería que se recarga conectándolo a una estación de recarga de la red eléctrica; y los vehículos eléctricos de celdas de combustible (FCEV) propulsados por uno o varios motores eléctricos alimentados de la energía eléctrica almacenada en una batería que se recarga mediante la transformación de hidrógeno en la energía eléctrica que requiere la batería (*José Zozaya, presidente ejecutivo de la AMIA*).

Oportunidades para México en la cadena de valor del vehículo eléctrico

La industria de alta tecnología, en especial de servicios de tecnología de la información, que incluye el desarrollo de software, siempre ha crecido a una tasa de dos y, en ocasiones, hasta cuatro veces más que el resto de la economía. Nuestra industria genera 1.2 millones de empleos, específicamente en el segmento de desarrollo de software existen entre 300 y 400 mil personas con salarios muy por encima de la media nacional. En nicho de juegos, somos un participante de clase mundial,



estamos entre los diez primeros países exportadores de este tipo de software, incluso llegamos a estar entre los primeros tres. Esto nos muestra que vamos en la dirección correcta, pero no a la velocidad que quisiéramos. Algunas estimaciones muestran que con el crecimiento esperado del sector de vehículos eléctricos, la industria del software tendrá la oportunidad de crecer hasta tres y cuatro veces con relación a su nivel actual. Sin duda alguna, la industria de software está lista para competir por nuevos proyectos, esto es un factor que está jugando a nuestro favor como país para atraer nuevas inversiones o bien para hacer crecer las inversiones que existen actualmente (*Alfredo Pacheco, Director General de la CANIETI*).

La principal ventaja es que contamos con una cadena de valor desde la fabricación de partes y componentes automotrices hasta la fabricación de los vehículos terminados con estándares de calidad, eficiencia y competitividad comprobados, como lo demuestra el hecho de que nuestro país ocupe el séptimo lugar entre los principales países fabricantes de vehículos en el mundo. Adicionalmente la red de tratados comerciales que nos ha llevado a colocarnos como el quinto país exportador de vehículos en el ámbito internacional (*José Zozaya, presidente ejecutivo de la AMIA*).

En México hay empresas que están tomando la vanguardia en distintos materiales. Empiezo por la parte del aluminio, empresas que se están transformando y están pasando de hacer componentes del motor de combustión interna a hacer lo que requiere el vehículo eléctrico, como son charolas para baterías y otro tipo de extruidos; por cierto, estos productos requieren de un tipo de elaboración mucho más delicada y precisa. También se están procesando otros materiales como el carbón y el grafeno, y hay mucha inversión en investigación tecnológica por parte de algunas empresas para mejorar la conectividad del vehículo, porque la conectividad de una batería de un vehículo eléctrico demanda más grafeno que cobre y las empresas de la industria automotriz buscan la manera de producir estos materiales de la mejor manera posible en México. Otro ejemplo son las empresas que producen fluidos que se utilizan en vehículos de combustión interna; ahora han incrementado sus productos para tener materiales que ayuden a resolver el tema de las altas temperaturas que se generan en

las baterías eléctricas (*Francisco González, Presidente Ejecutivo de la INA*).

Se puede mencionar que existen otros hitos en esta materia: uno de ellos fue la reunión del canciller mexicano Marcelo Ebrard con el secretario de estado Antony Blinken de Estados Unidos el 12 de septiembre de 2022 en la que México entregó un primer resumen de estos trabajos. Y en noviembre se llevó a cabo la reunión de la COP27 en Egipto y en el marco de esa reunión México presentó el primer avance del mapa de ruta en materia de electrificación del transporte. Aunque debe tenerse en cuenta que el trabajo en esta materia en nuestro país será permanente y continuará en 2023 (*Iker Jiménez, entonces Director General de Impulso Económico Global en la Secretaría de Relaciones Exteriores*).

Retos de la industria automotriz

En el futuro, la industria deberá cumplir con lo acordado en el TMEC. Si recuerdas en vehículos pesados, ahora estamos cumpliendo con el 60% de valor de contenido regional, pero en 2024 pasaremos del 60% al 64%, y al 70% en 2027. Entonces, al mismo tiempo que se necesitará cumplir con mayor contenido regional derivado de la regla de origen, el cambio tecnológico le dará mayor valor al motor y a las baterías en el vehículo. Entonces, será necesario fortalecer más la cadena de proveeduría de la región de Norteamérica, sobre todo por el hecho de que el 95% de la producción de nuestra industria se dirige a Estados Unidos y apenas un 2% o 3% a Canadá. En este contexto, tendrán mucha relevancia los incentivos que se contemplan en el plan anti inflacionario del presidente Biden, específicamente para las autopartes que provengan de la región. Es muy importante incrementar el contenido regional en baterías y motores principalmente (*Miguel Elizalde Lizárraga Presidente Ejecutivo de la ANPACT*).

“La infraestructura es el principal reto y vemos al hidrógeno como la principal solución para vehículos de carga de largo recorrido”, ya que “te puede dar una autonomía de 320 hasta 640 kilómetros, cosa que no hemos logrado obtener con la electrificación, por el peso, el consumo y la evaporación de la energía en las baterías” (*Javier Valadez Ortega, Director de Operaciones de Kenworth Mexicana*).

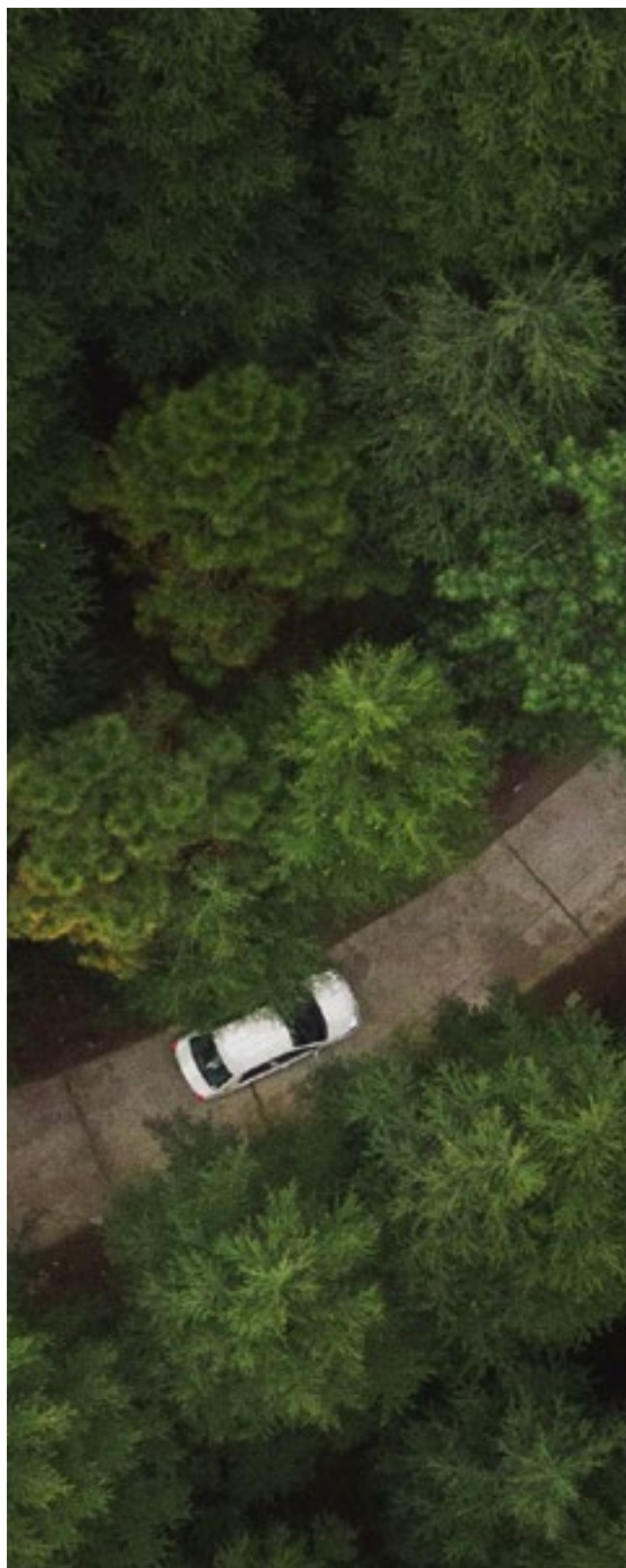
Lo que no debe perderse de vista es que para las empresas armadoras puede ser muy complicado tener líneas de producción de vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos simultáneamente; debemos cuidar que esto no resulte muy complicado para las armadoras porque de lo contrario, México podría perder las plataformas de vehículos eléctricos. Con plantas altamente automatizadas, las armadoras podrían migrar a países donde se consuman los vehículos eléctricos sin temor del costo de la mano de obra. El entorno de negocios amigable es el verdadero incentivo y también fomentar desde las escuelas técnicas y las universidades la formación del talento que requieren estas nuevas tecnologías (*Abraham Tijerina, líder de las estrategias de desarrollo de negocios del Tecnológico de Monterrey*).

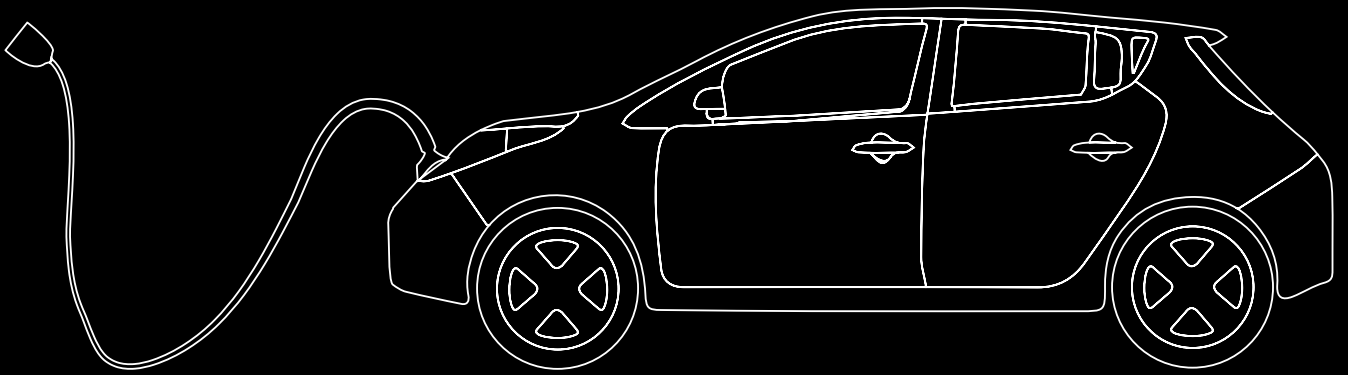
¿Qué falta por hacer?

Uno de los componentes del vehículo eléctrico que más peso agrega es la batería. La carrera de proveeduría será en el sistema de baterías, tanto para buscar eficiencia como menores costos. Considero que es importante la búsqueda de fuentes alternas de energía para el vehículo eléctrico. En el tema de desarrollo de baterías creo que México tiene oportunidades, en particular, en el área de investigación científica y también en el sistema de tracción para hacerlo más eficiente. Otro elemento importante de la cadena de suministro es el origen de la electricidad. Porque es claro que no es congruente comprar vehículos eléctricos que se muevan con energía eléctrica de origen fósil. El aspecto adicional es aligerar el peso del vehículo y eso resulta una oportunidad para los proveedores, ya que será necesario crear componentes con nuevos materiales y nuevas propiedades (*Abraham Tijerina, líder de las estrategias de desarrollo de negocios del Tecnológico de Monterrey*).

Los recursos humanos en México son un plus definitivamente y debemos enfocarnos en el tema de investigación y desarrollo. Se debe reconocer que ha habido esfuerzos, pero son esfuerzos aislados; por ejemplo, en Jalisco existen muy buenos proyectos y empresas de talla mundial. En otros estados como Guanajuato, Querétaro y Yucatán hay iniciativas importantes y por supuesto la Ciudad de México. Como industria y país es necesario homogeneizar las iniciativas y los proyectos, tenemos que estandarizar, que dejen de ser casos de

éxito aislados y se conviertan en el estándar (*Alfredo Pacheco, Director General de la CANIETI*).







Glosario

de Acrónimos

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

A

ANPACT– Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones

AMIA – Asociación Mexicana de la Industria Automotriz

AV – Vehículo Autónomo (Autonomous Vehicle)

B

BEV – Vehículo Eléctrico de Batería (Battery-powered Electric Vehicle)

C

CA – Corriente Alterna

CADD – Computer-Aided Design & Drafting

CAMe – Comisión Ambiental de la Megalópolis

CC – Corriente Continua

CFE – Comisión Federal de Electricidad

F

FUMEC – Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia

G

GTE – Grupo de Trabajo México-Estados Unidos para la Electrificación del Transporte

HEV – Vehículo Híbrido Eléctrico (Hybrid Electric Vehicle)

I

IA – Inteligencia Artificial

ICE – Motor de Combustión Interna (Internal Combustion Engine)

IEA – Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency)

IED – Inversión Extranjera Directa

IFT – Instituto Federal de Telecomunicaciones

IIoT – Internet de las cosas en el sector industrial (Industrial Internet of the Things)

IoT – Internet de las cosas (Internet of the Things)

INA – Industria Nacional de Autopartes

N

NA – Norteamérica

O

ONU – Organización de las Naciones Unidas

P

PHEV – Vehículo Híbrido Enchufable (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PyMEs – Pequeñas y Medianas Empresas

S

SCIT – Secretaría de Comunicaciones, Infraestructura y Transportes

T

T-MEC – Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá

U

UE – Unión Europea

V

V2X – Vehículo para todo (Vehicle-to-everything)

VCR – Valor de contenido regional

VE – Vehículo Eléctrico

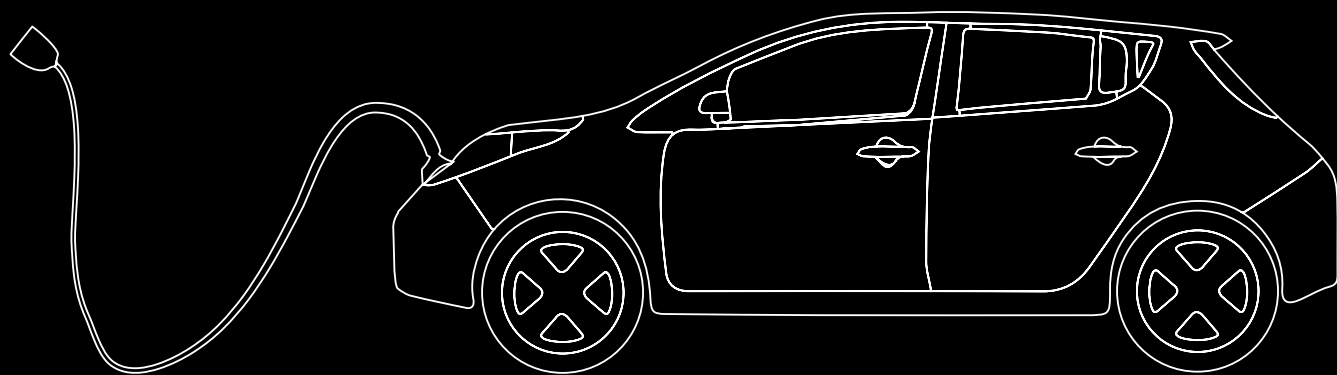
VCI – Vehículo de Combustión Interna

W

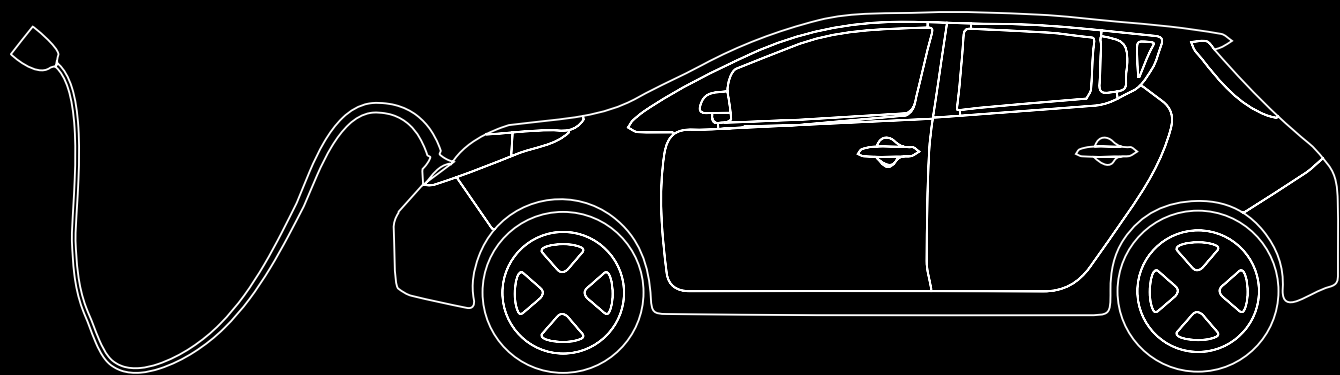
WEF – Foro Económico Mundial (World Economic Forum)

Z

ZEV – Vehículo Cero Emisión (Zero-Emission Vehicle)



Evolución de las autopartes para vehículos eléctricos en México se terminó de imprimir en abril de 2023 en los talleres de Estela Ivonne Jiménez Hernández, ubicados en Calle Norte 1J No 4523, Col. Defensores de la República, CP 07780, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México





Industria Nacional de Autopartes, A.C.



Industria
Nacional de Autopartes, A.C.



INA
Industria Nacional de
Autopartes A.C.



@inaoficialmx



INA
Industria Nacional de
Autopartes A.C.



www.ina.com.mx

+52 (55) 5682 5862

