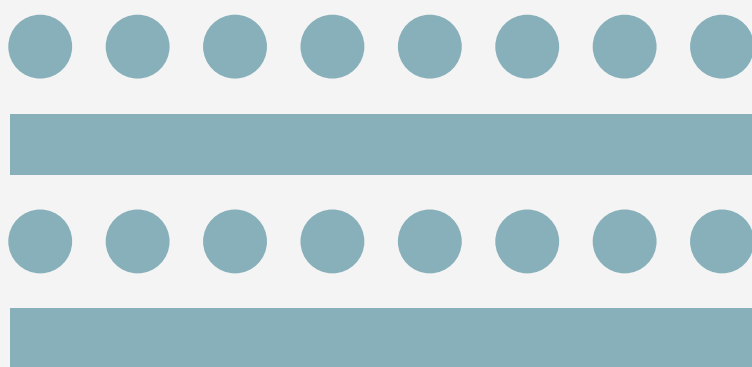


# Electromovilidad en la Argentina

Oportunidades y barreras para su desarrollo

**Desarrollo  
productivo**



Gustavo Baruj  
Tomás Bril Mascarenhas  
Alejandro Gottig  
Matías Gutman  
Fernando Porta  
Jimena Rubio  
Matías Ubogui  
Darío Vázquez

Diciembre 2022

# Electromovilidad en la Argentina

Oportunidades y barreras para su desarrollo

Gustavo Baruj  
Tomás Bril Mascarenhas  
Alejandro Gottig  
Matías Gutman  
Fernando Porta  
Jimena Rubio  
Matías Ubogui  
Darío Vázquez

- Transformar el Estado
- Generar riqueza
- Promover el bienestar



# Índice

## Electromovilidad en la Argentina

### Oportunidades y barreras para su desarrollo

4	<a href="#">Introducción</a>	21	<a href="#">Capacidades productivas</a>
8	<a href="#">El universo de la electromovilidad: tipos de vehículos eléctricos y sus componentes</a>	22	Capacidades en I+D
8	Tipos de vehículos y tendencias a nivel mundial respecto a la curva de electrificación	25	Capacidades para la industrialización
9	Componentes clave de los vehículos eléctricos	29	Capacidades en recursos humanos especializados
11	<a href="#">Estrategia metodológica</a>	30	Capacidades en infraestructura de calidad
12	<a href="#">Oportunidades para la integración local</a>	31	<a href="#">Barreras para los productores y los consumidores</a>
13	Diferenciación a partir de la identificación de nichos estratégicos	31	Escala del mercado
19	Atención de mercados emergentes y nuevos modelos de negocio	32	Regulaciones
21	Conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos	34	Infraestructura de carga
		36	<a href="#">Rutas críticas para impulsar la industria de la electromovilidad en Argentina</a>
		38	Definición de nichos estratégicos y ampliación de mercados
		40	Escalamiento industrial y generación de capacidades productivas
		46	Gestión política de la transición y fortalecimiento de la gobernanza sectorial
		49	<a href="#">Anexo</a>
		52	<a href="#">Bibliografía</a>

# Introducción

La transición hacia la movilidad eléctrica se ha acelerado a nivel global durante la última década. Más allá del ritmo de su evolución futura y de la incertidumbre respecto a las distintas alternativas tecnológicas posibles para reemplazar a los vehículos de motor a combustión interna, el cambio parece ya difícil de detener y plantea enormes desafíos para los países. En particular para aquellos que, como la Argentina, cuentan con una importante industria automotriz local basada en las tecnologías tradicionales.

Los vehículos eléctricos están teniendo una paulatina y creciente penetración en el mercado (Thiel, Tsakalidis y Jäger-Waldau, 2020; Bloomberg NEF, 2022 y IEA, 2022). Las ventas anuales de automóviles eléctricos a nivel global pasaron de 130 mil unidades en 2012 a más de 6,5 millones en 2021 (IEA, 2022)<sup>1</sup>. Aunque todavía representan menos del 9% de las ventas totales, se duplicaron respecto del 2020 y cada año superan [la proyección del año anterior](#) (IEA 2022). Por su parte, otros segmentos de vehículos eléctricos como motos, buses y vehículos comerciales livianos también han tenido un incremento significativo en sus ventas<sup>2</sup>.

Esta expansión se explica por motivaciones de los países vinculadas a la reducción de emisiones de carbono y de la dependencia de los combustibles fósiles, a la mitigación del cambio climático<sup>3</sup> y, en el caso de los países con tradición industrial automotriz, a la necesidad de sostener su competitividad en el marco de una nueva cadena de valor global (Altenburg, Schamp y Chaudhary, 2016).

## Evolución de las ventas anuales de automóviles eléctricos a nivel global 2015-2021 (en cantidad de vehículos)

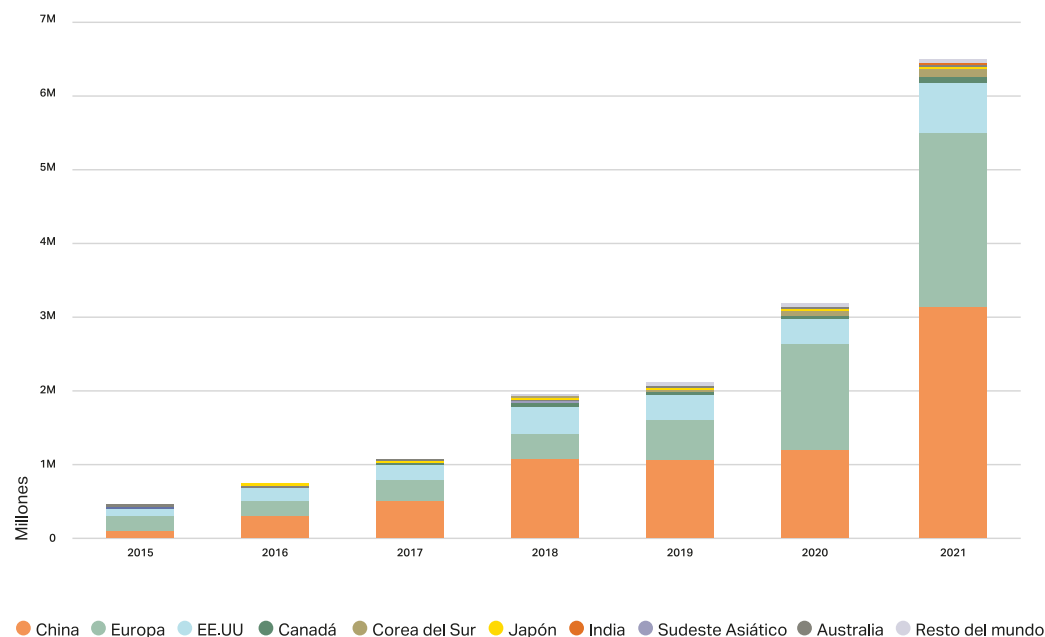


Gráfico 1

Fuente: Los datos incluyen las ventas de automóviles eléctricos a batería (BEV) y automóviles híbridos enchufables (PHEV). Outlook 2021 Bloomberg NEF (2022). Disponible en <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>.

<sup>1</sup> Se incluyen los automóviles eléctricos a batería (BEV) y los automóviles híbridos enchufables (PHEV). Los países que lideran las ventas son China (3,3 millones), los europeos, principalmente los nórdicos (2,3 millones), y Estados Unidos (630.000). En conjunto representaron el 95% del total de ventas en 2021.

<sup>2</sup> Las ventas de motos estuvieron traccionadas por China, Vietnam e India. En el caso de los buses y camiones, quienes lideraron las ventas fueron China, Europa y Estados Unidos.

<sup>3</sup> Según cálculos "del pozo a la rueda" (que comparan las emisiones que se generan en la producción y distribución de energía o combustible, así como en el uso de los vehículos) los vehículos eléctricos emiten en promedio un 60% menos de gases de efecto invernadero (medidos en CO2 equivalente por kilómetro recorrido) que sus equivalentes con motor de combustión interna (Dulcich, 2022). De acuerdo a las metas establecidas por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), para 2050 el tráfico de vehículos debería estar en su mayor parte descarbonizado.

## Introducción

A diferencia de China, India y los países desarrollados de Europa y América del Norte, la transición hacia la electromovilidad en América Latina es todavía muy incipiente. En 2021 se vendieron en total 13.898 automóviles eléctricos a batería (BEV) e híbridos enchufables (PHEV), casi el doble de los vendidos en 2020 (6921 unidades) (ANDEMOS, 2022). En la región, México (4632) y Colombia (3008) lideraron las ventas (ANDEMOS, 2022); muy por detrás se sitúa Argentina, con solo 62 unidades vendidas en 2021<sup>4</sup>. La penetración aún marginal de estos vehículos se basa casi exclusivamente en importaciones facilitadas por la reducción de aranceles y exenciones impositivas para la compra (Dulcich, Otero y Canzian, 2019).

## Evolución de ventas de automóviles eléctricos en América Latina 2020-2021 (en cantidad de vehículos)

Tabla 1

País	BEV			PHEV			TOTAL		
	2020	2021	VAR	2020	2021	VAR	2020	2021	VAR
México	449	1140	153.9%	1986	3492	75.8%	2435	4632	90.2%
Colombia	1321	1296	-1.9%	460	1712	272.2%	1781	3008	68.9%
Brasil	182	719	295.1%	619	2141	245.9%	801	2860	257.1%
Costa Rica	627	1045	66.7%	N/D	N/D	N/D	627	1045	66.7%
Chile	536	629	17.4%	79	300	279.7%	615	929	51.1%
Rep. Dominicana	396	746	88.4%	42	144	242.9%	438	890	103.2%
Ecuador	106	348	228.3%	43	33	-23.3%	149	381	155.7%
Perú	26	33	26.9%	10	58	480.0%	36	91	152.8%
Argentina	39	55	41.0%	N/D	7	N/D	39	62	59.0%
<b>TOTAL</b>	<b>3682</b>	<b>6011</b>	<b>63.3%</b>	<b>3239</b>	<b>7887</b>	<b>143.5%</b>	<b>6921</b>	<b>13.898</b>	<b>100.8%</b>

Fuente: elaboración propia con base en el Anuario 2021 de la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (ANDEMOS) de Colombia. Los datos son provistos por las asociaciones de distribuidores de vehículos de cada país e incluyen las ventas de automóviles eléctricos a batería (BEV) y automóviles híbridos enchufables (PHEV). Recuperado de: "[Anuario sector automotor 2021](#)".

La transición hacia la electromovilidad crea nuevas vinculaciones entre los sistemas de transporte y los sistemas de energía (Altenburg, Schamp y Chaudhary, 2016), conlleva sustanciales transformaciones en la organización de la producción y de las cadenas de valor global y genera un escenario para el reposicionamiento de empresas y países y el surgimiento de nuevos competidores<sup>5</sup>. En este sentido, representa un desafío y, a la vez, una amenaza y una oportunidad para la Argentina, que cuenta con una industria automotriz importante en términos de empleo y producción<sup>6</sup>.

El cambio de paradigma supone la pérdida de relevancia de componentes y tecnologías tradicionales y jerarquiza otras tecnologías y actores, tales como los segmentos de electrónica y software (Urdaniz, Tochi y Guillén, 2019). A modo de ejemplo, un automóvil eléctrico a batería tiene, en promedio, 2000 componentes menos que un vehículo a combustión (incluyendo los sistemas de motorización y transmisión, precisamente, una de las pocas autopartes que Argentina exporta extraregionalmente

<sup>4</sup> Según datos publicados por ACARA en 2021 se vendieron en Argentina 5871 automóviles con baterías, pero de éstos la mayor parte (5809) corresponde a autos híbridos no enchufables que cuentan con una pequeña batería que se carga con la energía de frenado.

<sup>5</sup> Las empresas que lideraron las ventas globales de vehículos eléctricos en el año 2019 son automotrices no tradicionales encabezadas por Tesla, seguidas por las automotrices chinas BYD y SAIC. Recién en cuarto lugar aparece Volkswagen, que en el año 2020 logró desplazar a BYD y SAIC para posicionarse en segundo lugar en el ranking de ventas globales, aunque lejos de Tesla (Dulcich, 2022).

<sup>6</sup> Antes de la pandemia, la cadena automotriz representaba el 10% de las exportaciones totales de bienes y servicios y el 6% del empleo industrial formal en Argentina, siendo el segundo complejo exportador luego del cerealero-oleaginoso (Dulcich, 2022).

en forma relevante) (Dulcich, Otero y Canzian, 2018). A su vez, requiere baterías de alta potencia y durabilidad, motores eléctricos y los correspondientes sistemas de gestión térmica, la incorporación de materiales más livianos, nuevos neumáticos compatibles con el mayor peso de las baterías y un mayor uso de dispositivos electrónicos, eléctricos y de conectividad que interactúan con el *powertrain* del vehículo, entre otros (Dulcich, 2022).

Diferencias entre vehículos de pasajeros a combustión y eléctricos

Tabla 2

Vehículo eléctrico a batería (BEV)	Vehículo con motor de combustión
Sin emisiones de gases de efecto invernadero.	Emisiones de gases de efecto invernadero <sup>7</sup> y material particulado nocivo para la salud.
Operación silenciosa.	Genera contaminación sonora.
Electricidad generada por diversas fuentes y provista por servicios públicos locales, privados, o generación propia.	Energía dependiente de hidrocarburos y el mercado internacional del petróleo.
Muy bajo costo de operación.	Alto costo de operación.
Autonomía media 300 kilómetros.	Autonomía media 500 kilómetros.
Mayores tiempos de recarga (0,5 a 8 horas).	Se recarga en minutos (<5 minutos).
Eficiencia energética superior (>90%).	Eficiencia energética baja (<30%).
<i>Powertrain</i> con menor coste de mantenimiento (100 componentes).	<i>Powertrain</i> con mayor coste de mantenimiento (2000 componentes).
Transmisión sencilla (una marcha).	Transmisión compleja (requiere caja de cambios).
Recupera energía del frenado.	No recupera energía.
Batería pesada de alto volumen.	Combustible liviano.
Principales componentes: baterías, motor, controladores y software.	Principales componentes: motor, transmisión, catalizador, sistemas periféricos al motor.

Fuente: elaboración propia con base en: [IEA, \(2021\)](#) y [Steve Melito, ICE Vehicles vs. Electric Vehicles, \(2022\)](#).

Pero, al mismo tiempo, la tradición industrial automotriz es también una fuente de ventajas para insertarse en este proceso de transformación productiva global: las nuevas tecnologías requieren muchas de las capacidades que las empresas automotrices y autopartistas del paradigma previo han desarrollado, tanto en relación con cuestiones técnicas (mecatrónica, software y nuevos materiales) como organizacionales (sistemas de producción *lean*<sup>8</sup>) (Altenburg, Schamp y Chaudhary, 2016). Por otra parte, algunos eslabones en los que la brecha de capacidades entre la Argentina y el mundo ha sido históricamente desfavorable, como los motores a combustión interna, serán desplazados en su centralidad por las baterías y los motores eléctricos. Estos componentes se sustentan de manera más intensa en conocimientos de química y electromecánica, lo que supone una ventaja comparativa a ser explorada por la Argentina ante una reconfiguración global de la cadena de valor (Dulcich, 2019).

<sup>8</sup> IEA, (2021). Recuperado de: [Comparative life-cycle greenhouse gas emissions of a mid-size BEV and ICE vehicle](#)  
<sup>8</sup> El sistema de producción *lean* fue creado a fines de la década de 1940 por los ingenieros de Toyota e implica no solo mayores niveles de flexibilidad, sino también altos estándares de calidad que se logran a partir de la implementación de una serie de principios y técnicas de producción vinculados al *just in time*, la eliminación de desperdicios y la mejora continua.

Algunos eslabones en los que la brecha de capacidades entre la Argentina y el mundo ha sido históricamente desfavorable, como los motores a combustión interna, serán desplazados en su centralidad por las baterías y los motores eléctricos.

Para transitar un camino de mejora de la competitividad del complejo automotriz y reforzar su orientación exportadora en el marco de la transición hacia la electromovilidad, resulta clave identificar las condiciones vinculadas a las oportunidades de mercado, las capacidades productivas y las barreras existentes en Argentina para la integración local de componentes. ¿En qué segmentos y componentes sería conveniente que se especializara la industria argentina y cuál sería la estrategia de inserción internacional más apropiada? ¿Cómo se va a regular el sistema de carga y cómo se va a promover la expansión de la infraestructura correspondiente? ¿Cómo se van a asignar incentivos y mejorar la coordinación del sistema científico para vincularse eficaz y eficientemente con el sistema productivo? ¿Cómo se va a gestionar la transición tecnológica en relación con los actores de la industria automotriz tradicional? ¿Cómo se va a diseñar e implementar una estrategia de política que requiere horizontes de largo plazo, altas capacidades técnicas y habilidades para la coordinación de diversos actores e instrumentos?

Con el objetivo de avanzar en algunas respuestas a estas inquietudes, evaluar el potencial de este sector en la Argentina y la naturaleza de las acciones y políticas públicas necesarias, y tomando como base los diagnósticos realizados sobre electromovilidad en el Consejo para el Cambio Estructural (Baruj et al., 2021) y los análisis de sectores “verdes” de FUNDAR (Bril Mascarenhas et al., 2021), adoptamos una estrategia metodológica que, según nuestro conocimiento, nunca se había utilizado en los estudios sobre el sector de electromovilidad en el país, y que consideramos idónea para pensar una política industrial a nivel meso sectorial.

Desagregamos el *powertrain* de un vehículo eléctrico en sus sistemas y componentes principales e identificamos las barreras técnicas e institucionales para su producción, las capacidades técnicas y de *know how* requeridas, la organización de mercado predominante a nivel global y algunos casos empresariales y experiencias de política “de éxito”. El propósito ha sido contribuir al diseño de una política industrial orientada a maximizar la integración local de partes y componentes y su desarrollo tecnológico asociado. En este marco, se organizaron tres mesas de trabajo focalizadas en los segmentos de *pack* de baterías, micromovilidad y buses, en las que participaron en total 24 personas del sector empresario, del sistema científico tecnológico, organismos tecnológicos públicos y expertos sectoriales. Se realizaron, asimismo, diez entrevistas individuales a actores empresariales con el objetivo de diseñar, preparar e informar el intercambio en las mesas de trabajo y validar datos técnicos clave.

Este documento sistematiza los debates de los tres encuentros sobre la situación y la potencialidad del sector de electromovilidad en Argentina y delinea propuestas que tratan de ir un paso más allá de un marco general de promoción de inversiones. Las acciones recomendadas son complejas desde el punto de vista de su diseño y coordinación, y no están exentas de probables tensiones; seguramente requieran tiempo de maduración, una implementación progresiva y secuencial, y un monitoreo constante de las ventanas de oportunidad emergentes. Pero, en cualquier caso, es perentorio e imprescindible definir una hoja de ruta capaz de balancear las urgencias inmediatas con los desafíos de largo plazo y trazar una estrategia para favorecer una inserción ventajosa de Argentina en las nuevas cadenas de producción global y regional de la electromovilidad. En caso de no fortalecer las capacidades tecnológicas e institucionales necesarias, no solo se corre el riesgo de perder el tren de la transformación productiva en curso, sino también activos industriales larga y trabajosamente acumulados.

El documento se organiza de la siguiente manera. Luego de esta sección introductoria, en el segundo apartado se presenta de manera sintética el universo de la movilidad eléctrica, los tipos de vehículos, sistemas y componentes y en el tercero se describe la estrategia metodológica de relevamiento de



información. En los siguientes tres apartados se presenta el resultado de las mesas de trabajo: en el cuarto se sistematizan las oportunidades detectadas para la fabricación y el desarrollo nacional de componentes y software específicos para los segmentos de micromovilidad y buses, en el quinto se expone la evaluación de las fortalezas y debilidades que presenta la Argentina en las capacidades productivas clave y en el sexto se detallan las principales barreras que podrían obstaculizar y retardar el crecimiento del mercado y de la industria de vehículos eléctricos en nuestro país. Finalmente, en el último apartado, y con base en estos diagnósticos y los aprendizajes de la experiencia internacional, se presentan las rutas críticas que consideramos fundamentales para el desarrollo del sector. Se impone mencionar una salvedad: la evaluación de las oportunidades descansa en el diagnóstico sobre las capacidades y barreras; las acciones para fortalecer a las primeras y gestionar exitosamente las últimas son imprescindibles para ampliar el horizonte y la calidad de las oportunidades.

## El universo de la electromovilidad: tipos de vehículos eléctricos y sus componentes

A los fines de facilitar la lectura del documento, se distinguen los tipos de vehículos que componen la electromovilidad y se discrimina entre los principales componentes que los configuran de manera genérica.

Es importante destacar que con la denominación “vehículos eléctricos” nos referimos específicamente a los vehículos de baterías o 100% eléctricos (BEV por sus siglas en inglés), así como también a los vehículos híbridos enchufables (PHEV por sus siglas en inglés), que permiten un uso urbano en modo 100% eléctrico<sup>9</sup>.

### Tipos de vehículos y tendencias a nivel mundial respecto a la curva de electrificación

Si bien hubo un crecimiento general de las ventas de vehículos eléctricos, algunos segmentos presentan una curva de electrificación más acelerada y su evolución es muy dispar en el mundo. Los dos segmentos cuya curva de electrificación se verá acelerada principalmente en el corto plazo son los vehículos asociados a la micromovilidad y los buses, que avanzaron mucho en Europa y en China.

Tabla 3



<sup>9</sup> Los PHEV (híbridos enchufables) incluyen una batería de gran tamaño que se puede cargar desde un tomacorriente externo como los BEV, lo que les permite recorrer entre 30 y 60 kilómetros traccionados por el motor eléctrico y sin emisiones. A diferencia de los PHEV, los vehículos exclusivamente híbridos (HEV) tienen una batería y un motor muy pequeños, sin recarga externa, que solamente funciona como asistencia al motor de combustión interna. Esta tecnología no proporciona una reducción de emisiones tan significativa como los PHEV.



Participación de mercado y plazo estimado de electrificación de los vehículos eléctricos por segmento

Tabla 3

Segmento	Participación de mercado de vehículos eléctricos (stock 2021)	Plazo estimado de electrificación
<b>Vehículos para la micromovilidad</b>		
Ciclomotores (L1/L2), motocicletas (L3) y triciclos (L5)	274 millones	Corto plazo (inmediato)
Cuadriciclos o microcoches (L6/L7)	N/D	Corto plazo
<b>Vehículos para transporte de pasajeros</b>		
Automóviles y camionetas hasta 1,5 toneladas (M1)	16.7 millones	Mediano plazo
Buses (M2, M3)	685.000 (4% de la flota global)	Corto plazo. Asociado a políticas de transporte público en las grandes ciudades
<b>Vehículos para transporte de carga</b>		
Camionetas hasta 3,5 toneladas (N1)	N/D	Corto plazo. Asociado al crecimiento de empresas de logística en las grandes ciudades.
Camiones de más de 3,5 toneladas (N2, N3)	66.000 (0,1% de la flota global)	Largo plazo

Fuente: elaboración propia con base en [Electric Vehicle Outlook 2022](#).

Componentes clave de los vehículos eléctricos

Si bien se encuentran interrelacionados, distinguimos dos sistemas que configuran un vehículo eléctrico genérico: i) de almacenamiento y gestión de la energía, y ii) de tracción (o *powertrain*). El sistema de almacenamiento y gestión de la energía incluye la batería, el sistema de gestión de la batería (BMS por sus siglas en inglés), el cargador, el inversor y el convertidor. El sistema de tracción incluye el motor y el controlador. Por otro lado, y de manera transversal, se puede identificar el software asociado a estos sistemas (embebido y de servicios) y el sistema de infraestructura de recarga.

A continuación se describen brevemente las características de los principales componentes dentro de cada uno de estos sistemas. Debe tenerse en cuenta que los componentes específicos, así como su forma y complejidad, pueden variar según el tipo de vehículo.

Tabla 4



Principales componentes de los vehículos eléctricos

Componente	Descripción
Sistema de almacenamiento y gestión de la energía	
Batería, <i>pack</i> de baterías y Celdas	La batería es la unidad de almacenamiento de energía eléctrica del vehículo. Está compuesta por varios <i>packs</i> de baterías, en función de la capacidad de almacenamiento que se quiera obtener. El <i>pack</i> de baterías es un conjunto de módulos, que incorpora también una carcasa exterior, un sistema de gestión y control (BMS), sensores y un sistema de refrigeración en algunos casos. A su vez, los módulos están compuestos por celdas, su unidad mínima individual. Decenas o cientos de celdas interconectadas hacen un <i>pack</i> de baterías, por lo que una batería con varios <i>packs</i> puede llegar a tener miles de celdas si es de gran capacidad.
<i>Battery Management System</i> (BMS)	El sistema de gestión de la batería, más conocido como BMS por sus siglas en inglés, es un sistema electrónico integrado encargado de controlar y gestionar cada una de las celdas individualmente, armonizando el funcionamiento general de la batería. Debe asegurar que todas las celdas operen en rangos similares para un mejor rendimiento del conjunto, dejar fuera de servicio las que tengan algún problema y velar por la seguridad eléctrica de la batería como un todo. El BMS consta de una placa de circuitos integrados con un software embebido para lograr estos mecanismos de balance y eficiencia en la energía de los módulos.
Cargador	Conocido también como cargador de a bordo u OBC por sus siglas en inglés, convierte la corriente alterna (CA) que se toma de la red eléctrica de carga lenta, como la domiciliaria por ejemplo, en corriente continua (CC), que es la forma en que se almacena en la batería. Por el contrario, si se utiliza un cargador rápido, la electricidad ya viene suministrada como corriente continua (CC) y se evita el paso por el cargador de a bordo. Mientras que los vehículos de la categoría L suelen cargarse en el hogar con sistemas de CA, los vehículos de las categorías M y N tienden a ser compatibles también con los sistemas de CC para carga rápida.
Inversor	La tarea del inversor es volver a pasar la corriente continua (CC) de la batería a corriente alterna (CA) para su uso en el motor u otros accesorios. Funciona en alta tensión o “alto voltaje”, como se lo denomina más comúnmente, al igual que la batería y el motor.
Convertidor CC-CC	Este dispositivo toma la corriente continua (CC) de la batería en alta tensión y la convierte en baja tensión (12 volts) para su uso en los accesorios típicos de un vehículo. Por ejemplo, luces, radio, levantavidrios, etc.
Sistema de infraestructura de recarga	
Motor	El motor toma la energía eléctrica que recibe de las baterías y la transforma en movimiento que inmediatamente se transmite a las ruedas del vehículo para su propulsión. Su tamaño y cantidad de componentes es significativamente menor que en un clásico motor de combustión. Los motores síncronos de imanes permanentes son actualmente los más empleados. La configuración de motores es muy variada. Algunos vehículos eléctricos utilizan un solo motor que alimenta las ruedas delanteras o traseras, otros usan dos y hasta tres motores.
Controlador	La unidad de control, también llamada ECU o EPCU por sus siglas en inglés, tiene el objetivo de controlar al motor en particular y al resto de los sistemas del vehículo en general. Controla de forma eficiente el flujo de energía entre todos los dispositivos y componentes del vehículo, así como también la entrega de potencia y revoluciones del motor, lo que determina la aceleración, velocidad o frenado del vehículo.
Sistema de infraestructura de recarga	
Cargadores estacionarios	Son dispositivos externos al vehículo que se utilizan para suministrar la carga de energía a la batería mediante un cable y un conector. Suele tener además un <i>display</i> para su uso y gestión. Los hay de diferentes tipos y tamaños, siendo su potencia el factor determinante para la velocidad de carga. De forma muy sintética, se clasifican en cargadores lentos (de uso domiciliario y baja potencia) y cargadores rápidos de alta potencia en diversos niveles.
Software	
Embebido en los componentes	Es el software que funciona integrado en un hardware con un procesador específico y tiene una función dedicada a una tarea en particular. Por ejemplo, dentro de un BMS, un controlador, etc.

Tabla 4



Servicios externos	Es el software que sirve para recibir en el vehículo diferentes servicios de forma remota. Estos servicios permiten optimizar el uso y/o confort del vehículo. Por ejemplo, entretenimiento de a bordo, geolocalización, realidad aumentada, monitoreo de variables en tiempo real, servicios de mantenimiento y seguridad, vinculación con sistemas de pago, etc.
--------------------	--

Fuente: elaboración propia.

## Estrategia metodológica

La estrategia de recolección de datos constituyó, a la vez, un medio para generar una instancia deliberativa. Se organizaron mesas de trabajo con actores vinculados al sector de la electromovilidad en Argentina a efectos de establecer espacios de conversación e interacción e identificar puntos de consenso, divergencias y tensiones, y promover el surgimiento de nuevas perspectivas e ideas. Para ello, a partir de la elaboración de un mapa de actores potencialmente relevantes vinculados al sector de la electromovilidad —en una iteración de tipo “bola de nieve”—, se realizaron inicialmente entrevistas con investigadores, tecnólogos, expertos, funcionarios sectoriales y empresarios que permitieron definir aspectos críticos para el debate y la lista de participantes. En octubre, noviembre y diciembre de 2021 se organizaron sendas mesas, con deliberaciones de aproximadamente tres horas, bajo reglas de confidencialidad y coordinadas por un moderador especializado en el sector<sup>10</sup>.

Cada mesa se focalizó en uno de los tres segmentos considerados de interés para esta etapa del proyecto: i) *packs* de baterías, ii) micromovilidad y iii) buses. La selección de estos segmentos se basó en consideraciones sobre las tendencias actuales, antecedentes relevantes y prospectiva de transformación. A nivel global, el proceso de electrificación ha adquirido mayor velocidad en los segmentos de micromovilidad y en buses, impulsado tanto por cuestiones tecnológicas como regulatorias en la búsqueda de una mayor eficiencia energética. A su vez, en un trabajo previo realizado por el Consejo para el Cambio Estructural (Baruj et al., 2021) —bajo la órbita del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación—, se postuló que en esos tres segmentos aparecen en Argentina nichos con cierta potencialidad para maximizar los niveles de integración local de partes y componentes. Cabe señalar, por último, el significativo impacto potencial de estos tres segmentos en la reducción de emisiones de gases contaminantes, tanto directa como indirectamente, por ser opciones de reemplazo de los automóviles para el transporte urbano de distancias cortas<sup>11</sup>.

Así, a partir de una lista larga de actores identificados en una primera instancia (54), se seleccionaron finalmente 20 actores entre los cuales se incluyeron empresas, centros de investigación universitarios, organismos tecnológicos públicos y consultores en función de su experiencia, conocimiento aplicado y pertinencia<sup>12</sup>. Participaron en total 24 personas<sup>13</sup>, 14 vinculadas a empresas del sector, 5 a centros de investigación universitarios, 2 a organismos tecnológicos públicos y 3 como expertos y consultores sectoriales.

<sup>10</sup> Las mesas de trabajo fueron coordinadas por el Ingeniero Alejandro Gottig y contaron con la participación de los integrantes de los equipos de CIECTI y de FUNDAR.

<sup>11</sup> Se estima que el sector de transporte es responsable del 28,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la Ciudad de Buenos Aires. [Informe sobre Buses Eléctricos \(Julio 2021\), realizado por el GCBA.](#)

<sup>12</sup> Las empresas que participaron de las mesas de trabajo lo hicieron a título individual y no como representantes de asociaciones empresarias u otro tipo de instituciones.

<sup>13</sup> En algunos casos hubo dos representantes por actor, por ejemplo, en representación de algunas empresas participaron tanto los CEO como los ingenieros involucrados en las áreas técnicas.

## Actores participantes en las mesas de trabajo

Tabla 5

Mesa 1 - Baterías	Mesa 2 - Micromovilidad	Mesa 3 - Buses
1 empresa de vehículo eléctrico L6 (Coradir) 2 empresas de <i>packs</i> de baterías (Probattery y Basso) 1 centro de investigación universitario (UNS) 1 organismo tecnológico público (INTI) 1 experto/consultor sectorial	1 empresa de vehículo eléctrico L1-L5 (Trimove) 1 empresa de vehículo eléctrico L3 (Lucky Lion) 1 empresa de vehículo eléctrico L6 (Coradir) 2 empresas de vehículo eléctrico L7 (Sero y Volt) 1 empresa de motores eléctricos (AR Motors) 2 centros de investigación universitarios (UNRC y UNRA) 1 organismo público tecnológico (INTI) 1 experto/consultor sectorial	2 empresas de cargadores (Solutia y ABB) 2 empresas de autopartes eléctricas (Rectificadores Fueguinos y Nossio) 1 empresa de vehículo terminado L7 (Volt) 1 centro de investigación universitario (UNLP) 1 organismo tecnológico público (INTI) 1 experto/consultor sectorial

Cada una de las mesas se estructuró en tres bloques diferenciados: i) desarrollo, ii) industrialización y iii) comercialización y posventa; de este modo se pretendió determinar para cada fase del ciclo de producto las principales fortalezas y debilidades y los espacios de articulación necesarios para promover los segmentos y actividades con cierto potencial. En cada bloque, el debate se orientó hacia la identificación de oportunidades, capacidades, restricciones o barreras en los distintos segmentos seleccionados. Las tres mesas concluyeron con un bloque de cierre y síntesis de las consideraciones técnicas y económicas emergentes del debate.

## Oportunidades para la integración local

La transición de un sistema de motorización por combustión interna a uno eléctrico genera oportunidades para la aparición de nuevos componentes y tecnologías dentro de la cadena de valor. La prospección de aquellos tipos de vehículos y componentes con mayor potencial de integración y desarrollo a nivel local requiere identificar tanto las ventajas y debilidades de la producción en los países líderes y las tendencias de la demanda y la competencia internacional, como las capacidades tecnoproductivas domésticas.

La curva de electrificación es comparativamente más pronunciada en el segmento de la micromovilidad que en otros segmentos; al mismo tiempo, hay diferencias en las escalas eficientes para cada microvehículo. En aquellos de menor tamaño y complejidad, como las bicicletas y otros de movilidad personal (monopatines, *segways*, etc.), en los que claramente la producción de China es muy competitiva, parecería no haber espacio ni posibilidades para desarrollos integralmente propios; sin embargo, podría ser importante apoyar su difusión en el país y explorar la posibilidad de ensamblaje a partir de *kits* importados asociado a una estrategia de localización de componentes (Baruj et al., 2021). En segmentos de vehículos de mayor tamaño, como los cuadríciclos y microcoches (L6-L7), existen a nivel internacional casos de empresas con una inserción exitosa y rangos de escala menores (Baruj et al., 2021). Por su parte, la evolución de la electrificación en el segmento de buses es más lenta por la complejidad, costos y autonomía asociados a baterías de mayor tamaño, pero las oportunidades se aceleran por un contexto regulatorio tendiente a la descarbonización de los sistemas de transporte y por las mayores posibilidades de intervención del Estado, dada su condición de mercados regulados (Marchini, 2022).

Los participantes en las mesas de trabajo coincidieron en que el camino de las oportunidades para el desarrollo de la electromovilidad en la Argentina viene de la mano de dos estrategias: i) la diferenciación a través de la búsqueda de nichos estratégicos que tengan valor agregado y ii) la atención de necesidades propias de los mercados emergentes y nuevos modelos de negocio. A su vez, en el caso de los buses eléctricos, los participantes dieron especial importancia a la estructuración de las oportunidades disponibles en torno a iii) una estrategia de reconversión de los vehículos desde los sistemas tradicionales propulsados por combustión hacia motorización eléctrica (*retrofit*) para cubrir una potencial demanda interna creciente en los próximos años; el aprendizaje que implica la incursión en este modelo de negocios es percibido como una fase inicial que puede pavimentar el ingreso en el desarrollo y producción de otras tecnologías y componentes. En cualquier caso, conociendo algunas experiencias internacionales recientes, no se descarta la posibilidad de avanzar en la producción nacional de buses eléctricos.

## Diferenciación a partir de la identificación de nichos estratégicos

Los participantes de las mesas de trabajo coincidieron en que, en un mercado como el de Argentina con débiles ventajas de escala (actuales y potenciales), la innovación en el diseño y la calidad orientada a la satisfacción del cliente resulta la vía más apta para una estrategia de diferenciación. El foco en el diseño es un vector estratégico porque puede impactar sobre el desarrollo propio o a partir de proveedores externos de distintos componentes. El acceso a oportunidades de diferenciación está en función de la complejidad de los sistemas que integran el vehículo, sea de almacenamiento de energía, de tracción, de recarga, de confort o los accesorios. Pero, en cualquier caso, si se pretende que Argentina desarrolle cierto grado de dominio tecnológico en el sector, no es conveniente restringirse a los sistemas periféricos vinculados al confort en detrimento de los sistemas y componentes centrales de la electromovilidad.

Para que Argentina desarrolle cierto grado de dominio tecnológico en el sector, no es conveniente restringirse a los sistemas periféricos vinculados al confort en detrimento de los sistemas y componentes centrales de la electromovilidad.

A continuación, se exponen las oportunidades de desarrollo e integración local vinculadas a los distintos sistemas de los vehículos, que involucran tanto la fabricación de componentes como el desarrollo de software asociado.

### Sistema de almacenamiento y gestión de la energía

Con respecto al sistema de almacenamiento y gestión de la energía, hubo consenso entre los participantes en que las oportunidades aumentan en proporción al tamaño de las baterías. En efecto, la larga trayectoria de China en el desarrollo de las celdas de ion-litio y las tecnologías derivadas (Ou et al., 2017; Rapier, 2019; IEA, 2022), y la escala óptima requerida prácticamente excluyen la posibilidad de rivalizar en pequeñas baterías como las utilizadas en los celulares. También se coincidió en que sería posible incursionar en el diseño y ensamblado del *pack* de baterías y en la fabricación de su controlador (BMS por sus siglas en inglés), así como sobre su programación.

- **Pack de baterías**

Se identificaron oportunidades en la fabricación de *packs* de baterías, sin que se haya debatido en las mesas de trabajo sobre la conveniencia de producir localmente las celdas de ion-litio. Ciertamente, el litio es un componente fundamental de esta cadena de valor, pero no es evidente que existan

condiciones para desarrollar de manera rentable y competitiva todos y cada uno de los eslabones<sup>14</sup>. En particular, la producción a escala de celdas de batería se enfrenta con diversos desafíos como los altos volúmenes de inversión requeridos y el elevado nivel de concentración de la cadena global de valor<sup>15</sup>. Un caso sobre el potencial de desarrollo de celdas de litio en el país es el de la empresa Y-TEC. Esta empresa se encuentra ejecutando un proyecto para la producción en el corto plazo de este tipo de celdas, aunque inicialmente la escala sería experimental y con aplicaciones específicas<sup>16</sup>.

Por su parte, en comparación con la producción de celdas, el *pack* de baterías resulta rentable a menor escala y tiene más posibilidades de customización, ya que su diseño debe adaptarse a las especificidades de cada tipo y modelo de vehículo, sea cual sea su tamaño, forma, requerimientos de velocidad o tiempo de autonomía (Rubio, Dias Lourenco, Pezzarini y Bril Mascarenhas, 2022). Si además se considera que la batería representa entre el 25 y el 50% del costo total de un vehículo eléctrico (Huth et al., 2013; Nykvist, Sprei y Nilsson, 2019; IEA, 2022), este segmento se convierte en un eslabón de la cadena de valor con un potencial de nicho de mercado interesante.

**La batería representa entre el 25 y el 50% del costo total de un vehículo eléctrico y resulta rentable a menor escala, lo que convierte a este segmento en un eslabón de la cadena de valor con un potencial interesante.**

Avanzar en el ensamblado de *packs* plantea desafíos tecnológicos y productivos vinculados a la seguridad mecánica y térmica y a la sintonización requerida para asegurar el funcionamiento sinérgico entre el conjunto de módulos de celdas de baterías (Rubio, Dias Lourenco, Pezzarini y Bril Mascarenhas, 2022). La integración del *pack* requiere, además de las celdas y su composición química<sup>17</sup>, otros componentes fundamentales, como el BMS o la caja contenedora, en los que Argentina cuenta con capacidades de producción<sup>18</sup>.

Los participantes destacaron que las oportunidades respecto al diseño y producción de los *packs* varían según el tamaño.

El segmento de *packs* de baterías pequeños —por ejemplo los que usan las bicicletas o monopatines eléctricos—, si bien es técnicamente posible para una empresa especializada desarrollarlos y presenta una mayor demanda en el corto plazo, difícilmente sea rentable en el país sin una protección comercial significativa frente a la fuerte competencia de productos similares de origen chino.

En el segmento de *packs* de baterías mediano, como los que usan los autos de pasajeros y comerciales livianos utilizados por empresas de logística urbana, es donde están las mayores oportunidades

<sup>14</sup> Para un análisis específico sobre los desafíos y políticas necesarias para el desarrollo de la industria del litio en Argentina ver López, Obaya y Pascuini (2018) y Freytes, Obaya y Delbuono (2022).

<sup>15</sup> De acuerdo con IEA (2022), en la actualidad China produce tres cuartos del total de baterías de ion-litio y cuenta con la mayor capacidad de producción de componentes fundamentales (70% de la capacidad de producción de cátodos y 85% de la capacidad de producción de ánodos). Incluso países líderes como Japón han perdido participación de mercado en los últimos años frente a China y Corea. Algunos países de Europa y Estados Unidos dieron impulso en los últimos tiempos a iniciativas para el desarrollo de cadenas domésticas de baterías, pero se prevé que la mayor parte de la producción esté en manos de China por lo menos hasta 2030.

<sup>16</sup> Y-TEC es una empresa pública cuya misión es brindar soluciones tecnológicas al sector energético y es propiedad de YPF (51%) y el CONICET (49%). Según datos proporcionados por los responsables de la empresa, la escala de producción prevista de la planta de baterías que está actualmente en construcción es de alrededor de 300 celdas por turno, lo que equivaldría a producir 5 MW/año, que es aproximadamente la energía necesaria para que funcionen 16 buses eléctricos por año. En la actualidad hay a nivel global cerca de 300 "megafactorías" en construcción/planificación y la capacidad promedio de producción estimada es de 21,3 GW/h. Ver documento recuperado de: "[Over 300 battery gigafactories in the global pipeline](#)". [Charged, electric vehicles magazine](#).

<sup>17</sup> A nivel químico cada celda se compone de un ánodo, un cátodo, un electrolito y un separador. Existen distintas posibilidades para la composición del cátodo, lo que determina la presencia en el mercado de baterías de Níquel-Cobalto-Manganeso (NCM), así como de Litio Ferrofosfato (LFP) y otras composiciones en menor medida.

<sup>18</sup> Respecto al diseño de las cajas contenedoras, Argentina tiene una industria metalúrgica y de fabricación de plástico, pero se requiere escala y un sistema de refrigeración o calefacción adecuado.

Oportunidades para la integración local

ligadas al diseño y customización de las baterías para distintos modelos, lo que permite esquivar las barreras de escala. Sin embargo, los participantes destacaron que las posibilidades de que una empresa de este segmento se consolide como proveedora de una terminal automotriz se ven limitadas debido a que estas privilegian desarrollos propios amparados por normas de confidencialidad, además de utilizar software exclusivo difícilmente compatible con otros lenguajes de programación<sup>19</sup>.

Por último, el segmento de *packs* de baterías de mayor tamaño que usan los buses urbanos (con capacidad de entre 300 y 500 kWh) es el de mayor complejidad tecnológica debido a la potencia y condiciones de seguridad necesarias. En este caso, aunque el desafío tecnológico es alto, la transición hacia la electromovilidad del sistema de transporte urbano de pasajeros y el progresivo reemplazo de la actual flota de *buses* con motores a combustión podría articularse virtuosamente con el impulso a la producción de *packs* de esos niveles de capacidad y potencia. En estos segmentos de tamaño mediano y grande, la cantidad de ciclos asociados a la durabilidad de la batería es particularmente relevante. Los participantes de las mesas de trabajo señalaron que las baterías de tecnología de litio-ferro-fosfato (conocidas como LFP), a pesar de la desventaja de ser hasta un 30% más caras y de tener mayor volumen y peso que las de plomo-ácido, contribuyen a una mayor seguridad (química más estable, menor riesgo de explosión) y a un mayor ciclo de vida de la batería. Por el contrario, las baterías de LFP son alrededor de un 20% menos costosas que aquellas con base en litio-níquel-cobalto-manganeso (conocidas como NMC), mientras que a cambio su peso solo es un 4% mayor para una misma capacidad (McKinsey, 2021).

Ventajas y desventajas por segmento según tamaño del *pack* de baterías

Tamaño del <i>pack</i>	Ventajas	Desventajas
Pequeño	Mayor demanda en el corto plazo debido a una curva de electrificación más veloz para la micromovilidad.  Baja complejidad tecnológica relativa a los demás segmentos.	Requiere una escala alta de producción o altos niveles de protección para que sea rentable.
Mediano	Evita competir por escala debido a los requisitos de customización.	Dificultad para ser proveedora de las terminales multinacionales debido a que es un segmento que en estas se desarrolla internamente.
Grande	Abastece al sector de transporte público, cuya transición será motorizada en el corto plazo por regulaciones y compras públicas.	Alta complejidad tecnológica debido a la potencia y condiciones de seguridad necesarias.

Tabla 6

Fuente: elaboración propia a partir de información relevada en las mesas de trabajo y las entrevistas.

• **BMS (*Battery Management System*)**

Más allá de la capacidad de customizar los *packs* de baterías o el BMS para distintos diseños específicos de vehículos, existen oportunidades de diferenciación relacionadas a la búsqueda de mayor calidad en las características funcionales de las baterías: duración, resistencia térmica, velocidad de recarga, etc. Las baterías se ven afectadas por problemas típicos de su uso que generan degradación de su vida útil y funcionalidad, repercutiendo directamente en la autonomía o cantidad de kilómetros que podrá recorrer el vehículo con cada carga.

19 Las empresas automotrices tienen distintas estrategias para la integración vertical en la cadena de valor de las baterías para vehículos eléctricos, lo que habilita distintos tipos de oportunidades para sus proveedores (Huth, Witte y Spengler, 2013).



Oportunidades para la integración local

En este sentido, los participantes de las mesas de trabajo encuentran oportunidades en la producción local de BMS para *packs* de baterías customizados<sup>20</sup>. Si bien se destacó que el BMS no representa un costo significativo sobre el total de la batería —el cual está más asociado a la dotación de celdas— la producción del BMS podría generar un valor agregado diferencial, asegurando un mejor funcionamiento de las baterías y reduciendo los costos adicionales de cualquier servicio posterior. Esto se debe a que algunas empresas que hacen baterías tienen necesidades de uso específicas, que no resuelven los BMS estándar o genéricos provenientes de países con ventajas salariales y de escala, mientras que los costos de BMS de otros orígenes (por ejemplo, Estados Unidos) son muy elevados. De esta manera, hay oportunidades para desarrollar un controlador que permita gestionar lo que sucede con la batería, lo cual le otorgaría un diferencial de calidad en comparación con los controladores genéricos.

La alternativa que presenta mayor potencial en términos de integración local consiste en desarrollar tanto la placa electrónica como el software para el controlador, lo cual requiere mayores capacidades tecnológicas y productivas.

En las mesas de trabajo se mencionaron distintas oportunidades que varían de acuerdo al nivel de agregado de valor de la fabricación local del BMS. La primera alternativa, que ya está siendo aplicada por algunas empresas locales, consiste en importar el BMS y parametrizar o mejorar su software de acuerdo con las necesidades particulares de uso, y así integrarlo mejor con otros controladores del vehículo. La segunda alternativa, como paso intermedio hacia un mayor nivel de complejidad e integración local, es importar las placas de BMS y desarrollar íntegramente el software en el país. Finalmente, la alternativa que presenta mayor potencial en términos de integración local consiste en desarrollar tanto la placa electrónica como el software para el controlador, lo cual requiere mayores capacidades tecnológicas y productivas de diversos sectores, como el de la electrónica.

Tipos de estrategias para la integración local del BMS

Tabla 7

Estrategia	Complejidad	Requerimientos de capacidades
Importar BMS y mejorar software o parametrizar.	Baja	Conocimiento de electromecánica y de variables a parametrizar. Software orientado a servicios.
Importar placas de BMS y desarrollar localmente el software.	Media	Se requiere fortalecer el sector del software orientado a productos (software embebido).
Fabricación local de placa y desarrollo de software.	Alta	Se requiere fortalecer proveedores de electrónica para el desarrollo de la placa y fortalecer el sector del software orientado a productos (software embebido).

Fuente: elaboración propia a partir de información relevada en las mesas de trabajo y las entrevistas.

<sup>20</sup> El BMS va de la mano con el diseño de módulo. Cuando se decide cuántas celdas tendrá el módulo y qué características se espera que tenga, se diseña un BMS específico para ese módulo (Baruj et al., 2021).



## Sistema de tracción

En cuanto al sistema de tracción, la evidencia internacional muestra que, en general, entre las empresas de éxito en el rubro de ciclomotores y motocicletas (con algunas excepciones, como el caso de la empresa Askoll de Italia) hay un nivel de integración más bajo en motores que en módulos y *packs* de baterías. Esto se debe a que el *pack* requiere un nivel comparativamente más alto de customización, por lo que es habitual que las empresas del sector comiencen fabricando sus propios *packs* y luego el motor en una segunda etapa.

En este sentido, algunos participantes consideraron que son escasas las posibilidades de desarrollar un producto internacionalmente competitivo, principalmente por los montos y plazos implicados. Se mencionó que empresas líderes a nivel mundial (como Siemens o BMW) ya están desarrollando su tercera generación de motores; y cada nueva generación involucra saltos técnicos relevantes que exigirán un alto compromiso de los distintos actores (públicos y privados) del sistema local para poder equiparlos. Esta situación genera desincentivos a las empresas locales para sumarse a esta carrera tecnológica. Un participante vinculado al sistema científico-tecnológico comentó sobre sus frustrados intentos de interesar a varias empresas en los ANR (aportes no reembolsables) de la Agencia I+D+i a través del programa FONTAR, no por obstáculos técnicos, sino por los riesgos asociados a la inversión de desarrollo.

En los segmentos de bicicletas y ciclomotores de baja potencia parece difícil competir con China; sin embargo, a medida que los vehículos requieren potencias más altas (como el caso de los cuatriciclos o las motos de mayor potencia), los motores tienen mayor complejidad técnica y se generan oportunidades para una producción de nicho (Baruj et al., 2021). En este sentido, los participantes de las mesas de trabajo encuentran que hay oportunidades en la fabricación de motores de 2 a 15 kW (correspondientes a segmentos L6 o L7); y esto a su vez generaría cierta viabilidad sobre la producción de los controladores electrónicos respectivos.

Se destacó también en las mesas de trabajo que es factible realizar mejoras en los controladores para un producto diferenciado, con el objetivo de que los motores tengan un mejor desempeño o que permitan una integración con el sistema de almacenamiento. En esta línea, se planteó que inclusive se pueden utilizar plataformas *open source* para estos desarrollos, lo que puede permitir saltos de calidad apreciables sin recurrir a tecnologías de punta propias de los países desarrollados. Podría pensarse, por ejemplo, en una conexión del controlador a *bluetooth* y el desarrollo de una *app* que brinde un servicio diferenciado. Si bien esto podría aplicar para cualquier vehículo eléctrico, los participantes identifican que los segmentos de micromovilidad de potencias superiores a 2 kW presentan menores obstáculos, especialmente en productos no estandarizados.

## Sistema de infraestructura de carga

Las oportunidades en el desarrollo y producción de cargadores son amplias, aunque dependen del contexto de recarga y del tamaño del vehículo. Es necesario diferenciar entre carga convencional y carga rápida; por otra parte, las oportunidades no se asocian únicamente al cargador, sino también a la posibilidad de desarrollar sus componentes o de integrar conocimientos de software relacionados (por ejemplo, el caso de software para proveer “productos de carga inteligentes”).

La carga convencional suele predominar (aunque en forma exclusiva) en el ámbito doméstico, por lo que se relaciona directamente con sistemas de corriente alterna. Los participantes de las mesas destacaron la presencia de oportunidades en corriente alterna en base, sobre todo, a las capacidades tecnológicas disponibles en el país. En línea con esto, algunos de ellos ya han avanzado en negociaciones para desarrollar cargadores en el transcurso de 2022-23 y planificar su instalación en el país, sean cargadores a bordo o estaciones de carga en corriente alterna.

En el caso de los vehículos de mayor tamaño como los buses, el consenso es que la eficiencia viene de la mano de sistemas de carga rápida basados en corriente continua; de otra forma resulta muy complicado compatibilizar las necesidades de uso con los requerimientos de energía del vehículo, aun cuando se privilegie una estrategia de carga en horarios nocturnos. Los participantes perciben las oportunidades como más lejanas, porque ya no se trata de una simple conexión de un vehículo a la red doméstica; la complejidad es mayor porque la carga en corriente continua, al trabajar a mayor potencia, requiere también una mayor garantía de seguridad y control térmico. No obstante, en las mesas se mencionaron algunos proyectos de colaboración con empresas multinacionales para la representación de sus productos en Argentina, particularmente para el segmento de buses; y los participantes consideran que podrían usarse esas experiencias como vías de acceso a la tecnología de corriente continua.

Se planteó también la posibilidad de tener una inserción en componentes específicos de los cargadores debido al alto grado de modularización de los mismos. Por ejemplo, se hizo referencia a componentes como los Controladores Lógicos Programables (PLC, por sus siglas en inglés) o los convertidores de corriente continua, sobre los que se podría avanzar en sintonía con una estrategia de retrofit y ensamblado de vehículos (ver más adelante sección sobre conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos). El salto para la producción de estos componentes no sería muy complejo, teniendo en cuenta que una de las empresas participantes ya produjo Convertidores CC-CC como proveedora de otra empresa local.

### **Software embebido y de servicios**

Los participantes están convencidos de la existencia de oportunidades significativas en el diseño del software embebido. Si bien algunos lo conciben como un proceso de largo plazo, se manifestó que algunos fabricantes nacionales están comenzando a explorar el desarrollo de software para la recolección y análisis de datos útiles al momento de conocer el desempeño de la batería (por ejemplo en torno al uso, eficiencia y temperatura) o del controlador. Esto, que es difícil de obtener con un producto estándar, genera una retroalimentación más efectiva y fortalece las interacciones con los proveedores a la hora de realizar mejoras en el producto. A su vez, también se mencionaron oportunidades para el desarrollo de software embebido en el ámbito de las estaciones de carga.

En este sentido, la incorporación de internet de las cosas puede ser una línea a explorar para monitorear estadísticas en tiempo real que se orienten a mejorar el producto, así como los servicios de posventa (mantenimiento predictivo). Los participantes de las mesas de trabajo consideran que estas tecnologías representan un valor agregado significativo con respecto a los productos más comercializados en el mercado de la micromovilidad.

Por otra parte, se destacó también el desarrollo de software de servicios (basado en las mismas tecnologías combinadas con algoritmos de *machine learning*) que posibilite mejoras en el uso y la comunicación con el cliente, generando un valor agregado en la experiencia del usuario. Este tipo de interacción también produce datos que pueden eventualmente tener otras aplicaciones comerciales (por ejemplo, pueden ser de interés para compañías aseguradoras que ofrezcan pólizas con sistemas de *scoring*, asignando precios o beneficios diferenciales según las prácticas habituales de conducción del asegurado).

Asimismo, se planteó que el potencial en el desarrollo de software podría ser aplicado también a la gestión de la carga de buses eléctricos con base en la analítica de datos. En particular, este software permite realizar pronósticos de llegada de los buses a las estaciones, cálculos del tiempo estimado de carga y simulaciones de potencia en función de optimizar la carga de buses en distintos depósitos. Se mencionó que ya hay empresas de cargadores incursionando en iniciativas de este tipo.

## Atención de mercados emergentes y nuevos modelos de negocio

Todos los participantes consideran que la estrategia de diferenciación debe estar orientada a competir en mercados externos, en particular los de América Latina. Se destacó que las necesidades de movilidad en países emergentes serán muy distintas a las de los países desarrollados, lo que da espacio a una estrategia enfocada en las oportunidades en esos mercados y basada no solo en el desarrollo de productos o componentes, sino de soluciones y modelos de negocio específicos. En este sentido, existen experiencias internacionales (como la de la empresa española de motos eléctricas Silence) que ilustran cómo, en casos exitosos, surgen oportunidades de integración local a partir de la identificación de nichos o necesidades específicas (ver Box 1). La definición de un esquema efectivo de inserción de los productos nacionales en el mercado latinoamericano, y las consiguientes ventajas de escala, podrían potenciar las oportunidades.

Algunas empresas del segmento de micromovilidad entrevistadas manifestaron estar explorando actualmente alternativas en mercados de la región (Brasil, Colombia y México). Es de esperar que en los países que no tienen una industria automotriz local la transición hacia la electromovilidad genere menos tensiones internas que en aquellos que cuentan con una industria automotriz tradicional, en la medida que no hay actores locales ya establecidos que generen resistencias a las nuevas tecnologías (Stokes y Breetz, 2018). En este sentido, se mencionó particularmente a Colombia como un mercado propicio para el avance de la electromovilidad<sup>21</sup>. Por otra parte, en México y Brasil no está aún definida la legislación correspondiente a los vehículos livianos, a diferencia de Argentina, donde se adoptó el modelo regulatorio y los estándares de la Unión Europea. Aquellos dos países se han propuesto diseñar su propia regulación, lo que tiene efectos sobre el posible plazo de ingreso para las empresas exportadoras.

En este contexto, las estrategias de penetración son variadas. La mayoría de las empresas explora la posibilidad de exportar sus productos a través del vínculo con distribuidoras locales, si bien resaltan que no sería lo más deseable dado el elevado costo logístico en relación con el volumen. También hay experiencias de empresas nacionales que han realizado avances para montar una planta en Brasil cerca de la frontera con Argentina para ensamblar sus productos desde ese país, buscando sortear distintas trabas burocráticas y comerciales asociadas a ese mercado. En otros casos han optado por plantear un modelo más disruptivo de “exportación de conocimiento”, en asociación con un socio local en pequeños *hubs* de producción radicados cerca de los centros de consumo. No se trata, en estos casos, de un modelo basado en escala elevada y logística centralizada, sino, por el contrario, de un modelo de producción descentralizada y con socios locales cercanos a la demanda.

De manera similar, en el segmento de buses eléctricos, algunos participantes ven con interés la posibilidad de avanzar en alianzas tecnológicas con empresas extranjeras que ya tienen experiencia en el desarrollo y producción de los elementos del *powertrain* de este tipo de vehículos. Se presentó el caso de una empresa que está generando vínculos comerciales con pares de Inglaterra y España, a efectos de proveer los chasis y carrocería para un posterior ensamblaje del motor eléctrico y las baterías directamente en el mercado europeo acorde a sus regulaciones. También se destacó como una oportunidad interesante la asociación con filiales de multinacionales ya radicadas en la región que tengan la necesidad de ajustarse a las exigencias de sus casas matrices en relación con objetivos de reducción de emisiones; la necesidad de renovar su flota de camiones o de última milla incluyendo tecnologías más limpias para el ambiente lo convierten en un nicho interesante.

---

<sup>21</sup> En 2019 el gobierno de Colombia sancionó la Ley 1955 la cual brinda un marco regulatorio amplio y una política integral para fomentar la transición hacia la movilidad de cero y bajas emisiones. A su vez, se propuso la meta en el Plan Nacional de Desarrollo de tener 6.600 vehículos eléctricos ante el Registro Único Nacional de Tránsito para 2022 y promover las condiciones que permitan lograr la meta de 600.000 vehículos eléctricos al año 2030. Recuperado de: <https://andemos.org/wp-content/uploads/2022/04/Anuario-sector-automotor-colombiano-ANDEMOS.pdf>

### Integración desde el nicho y nuevos modelos de negocio: el caso de la empresa Silence (España)

La empresa española Silence nace como una pequeña *startup* en 2011 con el diseño de una moto eléctrica a partir de la identificación de necesidades propias del mercado europeo, convirtiéndose en la principal fabricante de vehículos con batería en España de la actualidad. En este mercado, a diferencia del mercado chino (en el que predominan las motos de bajas prestaciones y baterías muy pequeñas, similares a las de una bicicleta eléctrica), se venden más de 700.000 motos de entre 125 y 500 centímetros cúbicos cada año con foco en las áreas metropolitanas<sup>22</sup>.

Inicialmente, la empresa detectó que la mejor salida para su primer modelo (S02) era venderlo para flotas de empresas, pues éstas estaban más dispuestas a apostar por la movilidad eléctrica antes que el cliente particular. Así, la primera oportunidad surgió aprovisionando a flotas municipales, empresariales y de reparto, donde la compra pública (encabezada por los servicios municipales de Barcelona) resultó clave no solo para dar impulso a la fabricación a escala, sino también para probar y mejorar el producto a partir de aprendizajes del tipo proveedor-usuario que le permitieron a la empresa lanzar un diseño sólido destinado al público en general en 2016 (el S01)<sup>23</sup>.

La identificación del nicho resultó crucial para desarrollar un esquema de diseño y fabricación *in-house* de muchos componentes del vehículo, lo que abarca desde el software hasta el ensamblaje de los módulos y *packs* de baterías (incluyendo el BMS), sin perder competitividad frente a las motos chinas (Baruj et al., 2021). En particular, un aspecto del diseño que ha sido fundamental para competir en el mercado masivo es la posibilidad de extraer la batería. Además de las múltiples ventajas para el usuario (en términos del tiempo de recarga y la disminución del riesgo de robo), este elemento le permitió a la empresa desarrollar (en colaboración con la firma Acciona) su propia infraestructura de carga basada en el intercambio de baterías y así vender motos incluso más baratas que las de propulsión a combustión, ya que el cliente puede comprar el vehículo sin batería y luego pagar una cuota mensual para el intercambio en electrolineras. Esta expansión viene de la mano del desarrollo de una aplicación a través de la cual el usuario puede, desde un teléfono móvil, chequear su consumo, el nivel de carga y la ubicación de la batería cargada más cercana para reservar e ir a cambiarla<sup>24</sup>.

El crecimiento de Silence ha sido exponencial, ubicando a sus modelos de motos eléctricas S01 y S02 como el primero y tercero más vendidos en España en 2021<sup>25</sup> y aumentando sus exportaciones a otros países europeos, sobre todo en el negocio de flotas<sup>26</sup>. Esto le ha permitido expandir sus establecimientos de producción en distintas ubicaciones de Barcelona (con una fábrica de *scooters* en Llobregat y una de baterías en Molins de Rei), así como diversificar sus negocios<sup>27</sup>. En este sentido, ha firmado acuerdos para fabricar las motos eléctricas bajo la marca SEAT (del Grupo Volkswagen) y actualmente se encuentra en negociaciones para abrir una nueva planta donde se producirá su primer modelo de auto eléctrico, el S04<sup>28,29</sup>.

22 Entrevista a Carlos Sotelo (diciembre 2020). ["Las motos eléctricas de Carlos Sotelo, el emprendedor que desafía a los gigantes"](#). Consultada el 5 de agosto de 2022.

23 Entrevista a Carlos Sotelo ["Las motos eléctricas de Carlos Sotelo, el emprendedor que desafía a los gigantes"](#) (diciembre 2020). Consultada el 5 de agosto de 2022.

24 ["Silence, pionera con el sistema de intercambio de baterías"](#) (Mayo 2022). Consultada el 5 de agosto de 2022.

25 La segunda moto eléctrica más vendida en 2021 fue la MO, también producida por Silence para la marca SEAT.

26 ["Silence, pionera con el sistema de intercambio de baterías"](#) (Mayo 2022). Consultada el 5 de agosto de 2022.

27 [Página web de la empresa.](#)

28 ["Silence fabricará el coche eléctrico en Nissan y contratará a 110 ex empleados de la marca nipona"](#) (Mayo 2022). Consultada el 5 de agosto de 2022.

29 ["Silence necesita fabricar el S04, y si no lo puede hacer ya en la Zona Franca podría irse de Cataluña"](#) (Mayo 2022). Consultada el 5 de agosto de 2022.



## Conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos

Los participantes coincidieron en la existencia de altos márgenes de oportunidad para la conversión a propulsión eléctrica de los vehículos basados en combustión. El crecimiento de la demanda de buses eléctricos se percibe como ineludible para los próximos años; las previsiones disponibles a nivel internacional sugieren que la demanda de electrificación de las flotas de transporte no podrá ser totalmente satisfecha sin recurrir al *retrofit* (Baruj et al., 2021). Además, se destacó la emergencia de una clara ventaja de costos: la conversión costaría aproximadamente un tercio del costo de un vehículo eléctrico nuevo. Los participantes consideran al *retrofit* como un primer paso necesario hacia la fabricación de componentes más complejos, comenzando con una estrategia de ensamblado de tipo CKD (*Completely Knock-Down*) para ir incorporando paulatinamente mayores niveles de integración local<sup>30</sup>. Aun para las opiniones más pesimistas sobre la posibilidad de disputar mercados en el largo plazo e insertarse en la cadena de provisión de buses nuevos, el *retrofit* es visto como el único espacio de oportunidad en la hipótesis de un desembarco masivo de las grandes terminales internacionales.

**La reconversión de la flota existente plantea un escenario menos hostil en la relación con las terminales que producen buses; además, los costos de reacondicionar y electrificar un bus pueden ser hasta un 60% menores que la compra de uno eléctrico.**

En esta línea, el modelo de *retrofit* de la flota de buses circulantes se plantea como una opción interesante para la transición hacia sistemas de movilidad urbana más sustentables. Por un lado, se planteó que la reconversión de la flota existente plantea un escenario menos hostil en la relación con las terminales que producen buses; a su vez, los costos de reacondicionar y electrificar un bus pueden ser hasta un 60% menores que la compra de un bus eléctrico. Por otro lado, el *retrofit* de buses podría traccionar oportunidades para el desarrollo de componentes locales accesorios al motor eléctrico como el inversor, los compresores de aire, la asistencia para la dirección (hidráulica o eléctrica) y el aire acondicionado, entre otros.

Es decir, el *retrofit* es visto como una solución facilitadora de la transición y adecuación de la logística del transporte público al paradigma sustentable. Se señaló, asimismo, que el éxito y la eficacia de una estrategia basada en el *retrofit* requiere necesariamente del impulso simultáneo a la demanda y de la ampliación de la infraestructura de carga; el montaje de esta red de carga para los buses viene acompañado de oportunidades para el desarrollo local del software e, inclusive, el hardware respectivo. Finalmente, algunos participantes afirmaron que, siempre que la normalización de los procesos de *retrofit* lo permitan, dado un esquema de conversión, existen oportunidades para agregar valor a través de la renovación de la carrocería y el interior del vehículo. Ese podría ser el caso frente a una adecuación a las nuevas medidas de sanidad o ambientales que implican una mayor exploración en nuevos materiales y la incorporación de nanotecnología.

## Capacidades productivas

Los participantes de las mesas de trabajo identificaron un conjunto de capacidades relevantes —competencias científico-tecnológicas y competencias productivas— sobre las que el sector puede desarrollarse. Se trata de capacidades concretas que involucran conocimientos íntimamente

---

<sup>30</sup> Los participantes de las mesas de trabajo destacaron que, en una estrategia de este tipo, con la reconversión de buses podrían alcanzarse niveles de integración local de entre un 40% y un 60% (lo que incluye mano de obra y componentes nacionales).

relacionados con la movilidad eléctrica, o bien latentes, abocadas actualmente a la movilidad tradicional, pero con un potencial de adaptación significativo. Para acompañar la eventual expansión del sector, es necesario gestionar su despliegue y potenciación y atender una serie de obstáculos. A continuación, ordenamos las capacidades de acuerdo con las siguientes dimensiones: i) I+D; ii) industrialización; iii) disponibilidad y formación de recursos humanos; y iv) regulaciones e infraestructura de calidad.

## Capacidades en I+D

Si bien todavía no están muy extendidas, es posible identificar en la Argentina capacidades efectivas y potenciales dentro del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y en algunas empresas para el desarrollo de los distintos componentes que integran un vehículo, desde motores y cargadores hasta baterías.

La evidencia recogida en las mesas de trabajo y en las entrevistas a informantes clave indica que no son muchos los grupos científicos abocados a la investigación aplicable a desarrollos de electromovilidad. Algunos espacios de filiación universitaria han acumulado capacidades y se han convertido en referentes de temas vinculados. Entre ellos se destacan el Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías para la reconversión de buses, motos, autos, trenes y hasta aviones y para sistemas de baterías), el Grupo de Electrónica Aplicada (GEA) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (electrónica de potencia y tracción de vehículos eléctricos e híbridos), el Instituto de Investigación en Ingeniería Eléctrica (IIE) de la Universidad Nacional del Sur (sistemas de carga y BMS) y el Laboratorio en Electromovilidad, Eficiencia Energética y Energías Renovables (LIDER) de la Universidad Nacional de Rafaela (centro experimental de testeo de desarrollos incipientes y avanzados de vehículos y kits de conversión).

Por otra parte, el financiamiento de I+D para el desarrollo de esta nueva tecnología no está enmarcado dentro de un programa específico sobre electromovilidad, sino disponible dentro de programas generales como el FONTAR; y, hasta el momento, ha habido muy pocos proyectos financiados por este canal<sup>31</sup>. Algunas empresas manifestaron haber constituido unidades propias de I+D dentro de su organización, ya sea por falta de capacidades o de conocimiento y articulación con la red de CTI, o por un interés particular en generar desarrollos de ingeniería propios. Al mismo tiempo, hicieron mención a importantes limitaciones en la disponibilidad de recursos humanos con *expertise* en estas actividades<sup>32</sup>.

Lo que ocurre en este sector no es una excepción dentro del escenario argentino de débil articulación y vinculación entre las empresas y el sistema de CTI, ampliamente documentado como un obstáculo generalizado (Arza y Vázquez, 2010; Arza y López, 2011; Arza y Carattoli, 2016; Britto y Lugones, 2020). Así, se observan algunas limitaciones que son comunes a otros sectores: i) las empresas expresan que los contenidos de investigación y los tiempos de desarrollo de los investigadores no se ajustan a sus necesidades; uno de los participantes ilustró el punto de manera elocuente: “si vamos a hablar de química de batería, nunca vamos a llegar a hacer un auto”; ii) hay temor en las empresas sobre las condiciones de apropiación de los derechos de propiedad resultantes de desarrollos conjuntos con las universidades; iii) los investigadores afirman que muchas veces hay problemas de ingeniería de base en las empresas.

<sup>31</sup> El Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) es un programa de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación que financia proyectos de innovación tecnológica en el sector privado. De acuerdo a datos provistos por el FONTAR, en la actualidad hay alrededor de 1500 proyectos en ejecución y se estima que los proyectos destinados a temas de electromovilidad no llegan a 10.

<sup>32</sup> A modo ilustrativo, una de las empresas mencionó que su unidad de desarrollo se formó a partir de la incorporación de dos ingenieros aeronáuticos de alrededor de 60 años vinculados en el pasado a proyectos de la industria aeroespacial argentina.



**Capacidades productivas**

Aun cuando ambos actores podrían encolumnarse bajo objetivos comunes, la pobre interacción contribuye a que la mirada de los empresarios no reconozca en las universidades un interlocutor o colaborador válido para sus necesidades. Persiste en ellos la percepción de que la academia prioriza la investigación básica y no puede contribuir a su objetivo de llegar al mercado. En la percepción de los investigadores, a su vez, "muchas veces no es atractivo y resulta difícil trabajar en cuestiones que necesita la industria". Ciertamente, los incentivos que predominan en el sistema de CTI son una parte del problema, además de las dificultades presupuestarias tradicionales; tales incentivos están fundamentalmente direccionados a la producción de publicaciones y no al desarrollo de productos en interacción con la industria, lo que dificulta el vínculo con las empresas. Los investigadores manifestaron poseer escasas herramientas efectivas para atraer recursos humanos a la investigación en temas de electromovilidad, más allá de las becas de doctorado otorgadas por el CONICET. En las mesas de trabajo se marcó el sesgo hacia la formación doctoral de largo plazo y la insuficiencia de apoyo a trayectorias más breves compatibles con las necesidades de las empresas. De todas maneras, se reconoció que hay margen para alentar el interés sobre la electromovilidad en los estudiantes universitarios, con el fin de conformar una masa crítica capaz de generar soluciones a los desafíos de desarrollo que presenta el entramado local.

A continuación, se describen las capacidades en I+D identificadas a partir de las mesas de trabajo y las entrevistas para el potencial desarrollo de componentes específicos.

**Pack de baterías y sus componentes**

Hubo acuerdo general en las mesas de trabajo acerca de que existen competencias en el sistema de CTI y en la estructura productiva nacional para el desarrollo de *packs* de baterías.

En relación con las capacidades de I+D en el sistema de CTI, el Instituto de Investigación en Ingeniería Eléctrica (IIE) de la UNS es un ejemplo de las capacidades de investigación sobre baterías eléctricas, pues viene trabajando en múltiples líneas de investigación básica en torno al BMS y al mejoramiento de funciones en los *packs* de baterías. Por ejemplo, ha realizado avances en torno al sistema de refrigeración del *pack*, así como sobre el desarrollo de supercapacitores orientados a absorber excesos de energía en la carga del *pack*. No obstante, las capacidades de dicho instituto se basan en la programación y la lógica computacional de los BMS, pero no desarrollan prototipos. Habría, en este sentido, una respuesta insuficiente del sistema de CTI y, por lo tanto, una limitación, según han informado diversas empresas que necesitan este tipo de desarrollos.

Se destacó también que la aplicación productiva de estas investigaciones se dificulta por la falta de una infraestructura apta para las pruebas necesarias para el desarrollo de las baterías. Una empresa que quiera desarrollar nuevas baterías está forzada a realizar los ensayos de investigación en el exterior, con el consiguiente incremento de los costos y el desincentivo asociado.

**Cargadores**

La posibilidad de desarrollar cargadores a nivel local, así como sus partes y componentes (incluyendo al software relacionado), fue calificada como "muy viable" por parte de algunos participantes. Esto es así en especial en el segmento de corriente alterna (CA), lo que incrementa el campo de acción para potenciar la micromovilidad. Inclusive, uno de los participantes argumentó que esta posición se encuentra fundada en análisis que realizaron sobre un cargador de origen israelí con el que evaluaron la factibilidad de desarrollo local. Si bien el análisis lo realizaron para el caso de vehículos de micromovilidad, creen que el resultado sería extrapolable para los buses.

Aportando a esta visión, una empresa declaró que ya presentó cargadores de desarrollo propio hace aproximadamente cuatro años y que presentó recientemente otro cargador instalado en Villa María, Córdoba. Asimismo, otro participante mencionó que ya tiene "prácticamente desarrollados" cargadores para automóviles eléctricos en CA, y que no ve muchas diferencias u obstáculos adicionales en caso de

desarrollar cargadores para vehículos de mayor porte. Sobre esto último, hubo desacuerdo. Otros participantes se mostraron más escépticos sobre la posibilidad de alcanzar el nivel de calidad y la electrónica de potencia requeridos por los cargadores rápidos para buses, así como todo el software de control y validación que ello implica. La dificultad para desarrollar la tecnología asociada a corriente continua (CC) hace que algunos participantes afirmaran que seremos dependientes de componentes del exterior en sistemas de carga rápida.

### **Convertidor de CC a CC**

Desde el punto de vista técnico, los participantes coincidieron en que desarrollar un Convertidor de Corriente Continua (CC-CC) no debería ser muy complejo para quien tenga competencias en el desarrollo de cargadores porque la mecánica eléctrica es similar. En este sentido, dadas las capacidades destacadas sobre los cargadores, también sería viable avanzar en el desarrollo de convertidores de corriente. Además, según resaltaron los entrevistados, sería muy conveniente contar con convertidores de desarrollo local debido a la dificultad que existe para conseguirlos para segmentos de alta potencia, como los buses.

Algunos participantes de las mesas de trabajo tuvieron la posibilidad de incursionar en esta electrónica de potencia. Puntualmente mencionaron la adquisición de convertidores CC-CC totalmente digitales de 1,5 MW de una empresa multinacional extranjera. Habría oportunidades de ingresar aún a la carrera tecnológica realizando ingeniería inversa en distintas partes de esta tecnología, como transistores de potencia o inductores, que son “complicadas, pero no imposibles”. Sin embargo, los participantes señalaron que el principal *know how* de empresas multinacionales líderes en relación con estos productos está oculto en su software, lo que hace que el trabajo de aprender de este tipo de productos no sea fácil.

### **Motores**

En relación con los motores, hubo posiciones encontradas en cuanto a las capacidades de investigación y desarrollo. A partir de las mesas de trabajo y de las entrevistas realizadas, no se detectaron centros de investigación que estén actualmente trabajando en el desarrollo de motores eléctricos. Sin embargo, algunos participantes encuentran que desarrollar motores no tiene mucha dificultad desde el punto de vista electromecánico y que hay capacidades para la ingeniería inversa en muchos tipos de motores, especialmente en aquellos destinados a la micromovilidad.

Sí se detectaron capacidades en relación con los controladores de los motores. Así, por ejemplo, el Grupo de Electrónica Aplicada (GEA) de la UNRC trabaja en el desarrollo de controladores para motores en general, con aplicaciones en tracción eléctrica. Respecto al segmento de micromovilidad, en el caso de bicicletas eléctricas, están trabajando en que el controlador ayude en funciones vinculadas a asistencia al pedaleo, y en el caso de los proyectos de vehículos urbanos y de carga están trabajando en el desarrollo de motores en las ruedas y los controladores de tracción.

Por su parte, algunos participantes consideran que escasean en Argentina competencias especializadas sobre desarrollo, producción y/o mejoramiento de motores u otros componentes del *power-train* para buses y otros vehículos de gran tamaño. Esta situación genera, como hemos visto en secciones previas, que las empresas que estén analizando entrar en este segmento deban buscar socios con experiencia en esta tecnología en el exterior.

### **Otros componentes y accesorios**

Con base en las capacidades presentes en el sector automotriz, se ha destacado que no habría obstáculos en cuestiones de electrónica generales que repercutan sobre componentes o accesorios físicos orientados al confort del vehículo (por ejemplo, apertura de puertas o rampas eléctricas).



Por otro lado, también resaltaron la posibilidad de avanzar en el desarrollo de componentes individuales que la industria argentina podría encarar fácilmente como una primera etapa de integración bajo la forma de CKD (desde un compresor de aire, hasta un inverter que permite reemplazar un compresor mecánico).

## Software

Los participantes de las mesas de trabajo destacaron las capacidades presentes en el sector de software y servicios informáticos en Argentina, que ellos identifican como relevantes para el desarrollo y la I+D<sup>33</sup>. En particular, se destacó la potencialidad para el desarrollo de software de servicios y de operación como un paso de menor dificultad en comparación con el desarrollo de software embebido.

Además, específicamente para el segmento de buses, se destacaron las capacidades para el desarrollo del software asociado a la vinculación del vehículo con la red eléctrica. No obstante, uno de los grandes desafíos es lograr la interoperabilidad entre el cargador y el controlador de los vehículos. Esto se debe a que el cargador solo presta un servicio al vehículo y, en caso de que no exista un acuerdo o buena interacción entre los desarrolladores del cargador y del controlador, puede haber inconvenientes.

## Capacidades para la industrialización

En cuanto al sistema de almacenamiento de energía, se mencionó la acumulación de capacidades significativas en la producción basada en baterías de LFP. Los conocimientos sobre esta tecnología han llevado a productores argentinos a realizar mejoras sobre costos, autonomía y vida útil de la batería, y a exportar sus productos.

Con respecto al sistema de tracción, en las mesas de trabajo se destacó la pericia y las capacidades acumuladas en el polo de fabricación de motores de San Francisco, Córdoba, que podrían fácilmente adaptarse a la provisión de imanes, bobinas y estatores para la electromovilidad. En este aspecto, casos como el de la empresa italiana Askoll que, partiendo de la producción de motores eléctricos logró posicionarse como productora de motos eléctricas con marca propia en el mercado masivo, muestran que la reconversión y adquisición de capacidades en el rubro de la movilidad eléctrica es alcanzable (ver Box 3).

No obstante, los participantes mencionaron que los costos de acceso a estas capacidades son muy altos para una pyme, por lo que sería fundamental que exista una demanda y una escala rentable para que se forme una cadena de valor orientada a la movilidad eléctrica a partir de estas capacidades existentes. A su vez, las empresas que actualmente hacen motores de baja potencia en Argentina no producen motores con el grado de eficiencia requerido para la tracción eléctrica. Sin embargo, estas empresas tendrían la capacidad de hacerlo en el caso de que el proceso de investigación, desarrollo y producción les resulte rentable, lo que requiere asegurar un cierto nivel de demanda para estos productos.

---

<sup>33</sup> El sector del software en Argentina experimentó un crecimiento significativo a partir de la Ley Nacional de Promoción de la Industria del Software en 2004. Se estima que en la actualidad hay alrededor de 5000 empresas, en su mayoría micro y pequeñas, orientadas a tareas de baja a mediana complejidad (Moncaut, Baum y Robert, 2021). En 2016 Argentina era el principal exportador de servicios informáticos en América Latina y se encontraba en el puesto número 30, con un 0,4% de las exportaciones mundiales, seguido por Brasil (López y Ramos, 2018).

### Reconversión y escalamiento tecnológico en motores eléctricos: el caso de la empresa Askoll (Italia)

Askoll es una empresa italiana fundada en 1978 que comenzó como fabricante de motores eléctricos para acuarios y rápidamente logró posicionarse como proveedora de motores y bombas para electrodomésticos, especialmente lavarropas y lavavajillas, donde aún hoy sigue operando. La empresa emplea cerca de 2000 personas (un tercio de ellas en su planta de Vicenza), con presencia en toda Europa y en países como Brasil, México y China<sup>34</sup>. En 2008 comenzaron a percibir que los fabricantes de electrodomésticos consideraban cada vez más la búsqueda de proveedores en China, por lo que decidieron apostar al mercado de la movilidad eléctrica aprovechando sus capacidades en la producción de motores<sup>35</sup>.

En ese mismo año, la empresa creó una división específica para vehículos eléctricos, Askoll EVA, y adquirió Emerson Appliance Motors Europe, la filial europea de la empresa estadounidense Emerson Electric, especializada también en motores sincrónicos. A partir del *know-how* propio de la empresa, combinado con el de un grupo de técnicos contratados que provenían de distintas empresas fabricantes de motocicletas, bicicletas y automóviles (entre ellas, Aprilia), Askoll EVA diseñó un modelo de *scooter* eléctrico y una bicicleta con pedaleo asistido. Estos modelos fueron lanzados al mercado en 2015, y a ellos se sumó más tarde un *citycar*<sup>36</sup>.

A las capacidades acumuladas en la producción de motores eléctricos para electrodomésticos, con el tiempo sumaron otras, como las vinculadas al software y a la fabricación de componentes como el BMS. En este sentido, la empresa ya contaba con una línea de impresión de circuitos PCB, la cual fue adaptada para la producción de motos. Así, el diseño y la producción de las motos eléctricas se llevan a cabo casi íntegramente en la casa matriz ubicada en Vicenza, donde también cuentan con distintas infraestructuras automatizadas para realizar pruebas y ensayos orientados al control y el mejoramiento de la calidad de sus productos. Excepto por las celdas de ion-litio cilíndricas que adquiere de proveedores externos, la empresa produce internamente el resto de los componentes, tanto los vinculados al motor eléctrico como al *pack* de baterías, la unidad de control electrónica, el chasis, el cargador incorporado y la unidad motriz (Baruj et al., 2021)<sup>37</sup>.

En el caso de las bicicletas eléctricas, a pesar de tener las capacidades para fabricarlas, son importadas desde China con sus baterías incorporadas en el chasis, principalmente por la dificultad que implica alcanzar la escala productiva que tiene el gigante asiático (Baruj et al., 2021). A pesar de ello, próximamente lanzará una bicicleta de montaña de alta gama con motor central de fabricación propia, pasando a competir con actores líderes del mercado europeo, como Bosch, Brose, Shimano y Yamaha.

Si bien Askoll EVA empezó en el mercado de flotas de carga, las aplicaciones de movilidad compartida fueron clave para posicionar la marca en el consumo masivo. Actualmente, aunque su gama de productos es diversificada, cerca del 90% de su facturación proviene de la venta de sus *scooters* eléctricos (de las cuales el 60% son al mercado de consumo final) y continúa lanzando productos, como la bicicleta con motor central o una línea de monopatines eléctricos.

34 [Página web de la empresa.](#)

35 Entrevista a Elio Marioni "[Entrevista con Elio Marioni \(Askoll\), il genio dell'elettrico](#)" (diciembre 2018). Consultada el 5 de agosto de 2022.

36 [Página web de la empresa.](#) Entrevista a Elio Marioni "[Entrevista con Elio Marioni \(Askoll\), il genio dell'elettrico](#)" (Diciembre 2018). Consultada el 5 de agosto de 2022.

37 "[Come nascono le batterie: viaggio in fabbrica con Askoll e la stanza segreta](#)" (Julio 2021). Consultada el 5 de agosto de 2022.

## Capacidades productivas

Los participantes manifestaron la existencia de capacidades aplicadas a la producción de vehículos pequeños para la micromovilidad, como los *citycars*, donde al menos tres empresas ya se encuentran produciendo series cortas de modelos homologados tanto para la movilidad urbana como para vehículos utilitarios. Si bien su escala de producción es aún baja, diversos participantes mostraron optimismo en cuanto al potencial de crecimiento de mercado en un contexto de acompañamiento con políticas de incentivo a la demanda, ya sea privada o pública. Sin embargo, también se resaltó que los vehículos eléctricos que se producen actualmente en el país debieron simplificar los servicios que prestan como estrategia para economizar su oferta. Debido a esto, algunos participantes resaltaron que las baterías que utilizan estos vehículos tendrán dificultades en el futuro para dar soporte a los distintos accesorios y servicios que quieran incluirse, algo que probablemente deberán hacer para competir contra una oferta de modelos producidos por terminales tradicionales, las cuales invierten fuertemente en el desarrollo de baterías y motores de potencia.

**Existen capacidades aplicadas a la producción de vehículos pequeños para la micromovilidad, como los *citycars*, donde al menos tres empresas ya se encuentran produciendo series cortas de modelos homologados tanto para la movilidad urbana como para vehículos utilitarios.**

Otra de las capacidades de producción referidas tiene que ver con el desarrollo de software. Hubo un optimismo general en las mesas de trabajo sobre las capacidades y ventajas competitivas de Argentina en el sector de software y servicios informáticos como proveedor de la industria de la electromovilidad. En particular, se destacaron competencias en: i) software embebido en distintos componentes de los vehículos eléctricos (como el BMS) y ii) software relacionado a las operaciones del vehículo y la información que se genera en relación con la batería y el controlador del sistema de tracción. De hecho, una de las empresas participantes expresó que ya incursionó exitosamente junto a uno de sus proveedores en el desarrollo del software embebido para sus propios vehículos. Específicamente, desarrollaron y fabricaron toda la electrónica de comando de la red CAN (enciende todos los *switch* del auto), las placas que controlan las puertas (levanta vidrios y espejos retrovisores) e hicieron la controladora central.

Sin embargo, el hecho de que actualmente el sector de software y servicios informáticos en Argentina esté focalizado fundamentalmente en la provisión de servicios profesionales al mercado global constituye una limitación importante (Moncaut, Baum y Robert, 2021). Sin políticas públicas focalizadas en este desafío es poco probable que pueda desarrollarse una oferta de proveedores de servicios de software especializados en el segmento de electromovilidad. En este sentido, apenas se realizaron comentarios acerca de cómo lidiar con las dificultades que implica para todo el entramado industrial nacional conseguir recursos humanos en un mercado competitivo y con exceso de demanda de programadores.

Como se señaló en la sección sobre conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos, se identificaron oportunidades en *retrofit* con base en las capacidades presentes en Argentina. Dichas capacidades se fundamentan principalmente en la existencia de una fuerte tradición de proveedores en el área de la metalmecánica en el país. Además, a diferencia de lo sucedido en el segmento de motores, se mencionó la experiencia de al menos una empresa que se postuló para acceder al financiamiento del programa FONTAR para el desarrollo de un prototipo de vehículo eléctrico basado en reconversión. No obstante, se destacaron también distintos obstáculos que impiden el crecimiento del *retrofit* en Argentina. El más importante es la inexistencia de una regulación, sobre la que el INTI está trabajando. El organismo se propone desarrollar un Manual de Buenas Prácticas que sirva como base para la construcción de un sistema de homologación de talleres específicos que regule los procedimientos vinculados a la conversión, similar a cómo funciona actualmente para la conversión a sistemas de GNC (ver sección sobre conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos).

Además, el *retrofit* involucra no solo la electrificación del vehículo, sino que también requiere una renovación de su parte interna para cumplir con toda la normativa de higiene y salud vigente. Estas reformas pueden significar costos adicionales relevantes que desalienten el uso de este esquema.

En cuanto a la producción de buses eléctricos, además de la mencionada estrategia del *retrofit* como punto de partida, surgió como una estrategia alternativa la conformación de alianzas con empresas extranjeras que aporten la tecnología vinculada al *powertrain*. De esta manera, sería posible integrar los conocimientos que existen internamente en el país con alguna parte de conocimiento sobre *powertrain* para mover las unidades de buses. En particular, el chasis y la carrocería ya son elementos para los buses que la industria local produce tradicionalmente. Algunos participantes comentaron avances en este tipo de acuerdos con empresas europeas (en particular, de Alemania y Holanda) que podrían estar firmando en breve una asociación para poder desarrollar una oferta de buses localmente. Adicionalmente, como se destacó en la sección sobre diferenciación a partir de la identificación de nichos estratégicos, en este tipo de estrategias sería posible aprovechar la oportunidad para producir localmente ciertos accesorios del motor eléctrico, como los compresores de aire o el *inverter*. En este sentido, sería bueno adoptar una estrategia en la que se comience por importar kits-semi-ensamblados (SKD, por sus siglas en inglés) de los buses (y en particular de los componentes del *powertrain*) para agilizar la transición y luego poder hacer sustitución de partes para no seguir importando el bus completo.

Respecto a los cargadores, los participantes de las mesas de trabajo ven poco factible su producción local con altos niveles de integración debido a la dificultad de que sea rentable a escala. Sin embargo, dada la baja complejidad de la tarea, consideran que sería posible ensamblar cargadores en Argentina a partir de componentes importados. En este sentido, se considera que, con un buen volumen y grado de especialización particular, se podría exportar competitivamente al resto de la región.

Finalmente, los participantes destacaron la vacancia de proveedores en diversos componentes debido, sobre todo, a la baja escala del mercado. Principalmente, se señaló la existencia de muy pocas empresas que fabrican componentes electrónicos de calidad en Argentina (por ejemplo, no hay empresas que fabriquen en serie los controladores de los motores o los BMS de las baterías)<sup>38</sup>. En segundo lugar, se señaló que para fabricar motores de alta gama con esa calidad o normativa se complica conseguir proveedores y piezas certificadas. Por otro lado, también se mencionó que no hay una red de matriceros o fabricantes de inyección para las cajas de los *packs* de baterías, un componente a simple vista de baja complejidad.

En este sentido, es fundamental fortalecer a los distintos eslabones de la cadena de valor de manera de potenciar el desarrollo de esta tecnología en Argentina. A partir de las experiencias relevadas se pudieron identificar al menos cuatro modalidades para el desarrollo de proveedores locales traccionados por distintos actores: empresas individuales, cámaras empresarias, organismos tecnológicos y universidades.

- **Empresas:** algunas empresas que fabrican vehículos terminados del segmento L6-L7 comenzaron a desarrollar proveedores alternativos de electromovilidad para hacer sus partes. Por ejemplo, la empresa Volt (vía el proyecto Volt.AR) ha trabajado a través de sus áreas de ingeniería con empresas proveedoras de mazos de cables que —a diferencia de las terminales, son centrales para los vehículos eléctricos— y con empresas de electrónica de potencia que actualmente proveen a la industria de satélites.
- **Cámaras empresarias:** la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL) armó una mesa de electrónica automotriz con el objetivo de comenzar a desarrollar empresas de autopartes de componentes electrónicos.

---

<sup>38</sup> Las empresas de electrónica en Argentina se focalizan principalmente en la producción de bienes de consumo masivo (celulares, televisores, etc.) pero muy poco en la producción de bienes intermedios, como las autopartes electrónicas que son uno de los componentes más importantes en las estrategias de diferenciación de la industria automotriz (García y Lavarello, 2022).

Capacidades  
productivas

- Organismos tecnológicos: el INTI está trabajando en el desarrollo de empresas con foco en el *pack* de baterías a través de la articulación con distintas líneas de financiamiento de la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo.
- Universidades: la Universidad Nacional del Sur ha impulsado el proyecto de Tecnología Electrónica de Alta Complejidad (TEAC) que es una plataforma de articulación público-privada donde equipamiento abocado a actividades de I+D y recursos humanos de calidad internacional se encuentran a disposición de emprendedores, pymes y grandes empresas que lideren proyectos para desarrollar nuevas oportunidades de negocios.

## Capacidades en recursos humanos especializados

Hubo visiones encontradas en relación con la disponibilidad de recursos humanos especializados. Algunos de los participantes resaltaron la presencia de recursos humanos con elevada calidad técnica en el país, lo que les permite competir con empresas de países con altas capacidades tecnológicas, como lo confirma este testimonio: “Sigo pensando que la materia gris de Argentina es suficiente para desarrollar lo que haga falta. Ganamos desde lo técnico las primeras licitaciones contra una empresa de Estados Unidos. Hay gente con capacidad”.

Por su parte, otros participantes resaltaron la insuficiente cantidad de mano de obra calificada y especializada en electromovilidad para los proyectos que se desea impulsar, como manifiesta este testimonio: “No hay talento en cantidad (...) la generación de talento nuevo es muy escasa”. Para estas perspectivas, el problema es que no hay programas de formación masiva de profesionales y no hay carreras de desarrollo de tecnología específicas para electromovilidad. En esta línea, algunos de los participantes afirman que hay un déficit de técnicos a nivel de ingenieros, pero también de terciarios, y que les cuesta conseguir ingenieros con capacidades mecánicas y electrónicas. A su vez, otro de los problemas mencionados es que muchos ingenieros están moldeados con la mentalidad de una fábrica de autos tradicional, que es distinta a la que se requiere para el sector de electromovilidad, como sintetiza este testimonio: “Las empresas de electromovilidad son más parecidas a una empresa tecnológica que a una fábrica de autos tradicional”.

En definitiva, estas visiones ponen de manifiesto la existencia de profesionales de calidad, pero marcan una restricción actual respecto a la cantidad y especialización de los recursos humanos, lo que aparece como un posible cuello de botella ante un eventual crecimiento de la electromovilidad en el futuro. En este sentido, es importante preguntarse qué tipos de profesionales requiere un desarrollo del sector que pretenda integrar conocimiento local e impulsar cierto grado de industrialización.

**No existen actualmente en Argentina carreras de grado, especialización o maestría sobre tecnologías específicas para electromovilidad.**

De acuerdo con el relevamiento realizado, no existen actualmente en Argentina carreras de grado, especialización o maestría sobre tecnologías específicas para electromovilidad. Las carreras de ingeniería relacionadas tienen, como mucho, alguna materia optativa que refiere a contenidos específicos (como es el caso de la carrera de Ingeniería en Industria Automotriz de la UTN-Pacheco). Sí se han creado diversos cursos cortos y diplomaturas que abordan aspectos técnicos y regulatorios (ver Box 4 con los principales cursos identificados). Finalmente, dentro del sistema de formación de los sindicatos se comenzaron a desarrollar programas específicos, como en el caso de SMATA que cuenta con una tecnicatura superior en motores híbridos y eléctricos para lo cual llevó a cabo la capacitación de docentes junto con Toyota Argentina.

## Box 3

**Programas de formación en electromovilidad**

**Curso CAVEA-UTN<sup>39</sup>:** se dicta en conjunto entre la UTN-Buenos Aires y la Cámara Argentina de Vehículos Eléctricos, Alternativos y Autopartes (CAVEA). Brinda los conocimientos básicos y esenciales del principio de funcionamiento de un vehículo eléctrico e híbrido y sus componentes. Tiene una duración de 30 horas. Otorga derecho de examen para ingresar en el registro CAVEA como "idóneo experto en funcionamiento, mantenimiento de vehículos eléctricos y sistemas de conversión".

**Curso intensivo CEARE-UBA<sup>40</sup>:** lo dicta virtualmente el Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética de la Facultad de Derecho de la UBA. Su duración es de 20 horas. Tiene un enfoque multidisciplinario que aborda aspectos técnicos, el desarrollo de modelos de negocio y las políticas regulatorias necesarias para su promoción y despegue en los países de América Latina.

**Diplomatura en eficiencia energética y energías renovables UNRAF:** se dicta en la Universidad Nacional de Rafaela (Santa Fe). La diplomatura cuenta con un módulo obligatorio específico sobre electromovilidad. Tiene una duración de 20 horas. Brinda herramientas básicas sobre tecnologías de vehículos eléctricos.

**Especialización en Gestión para el Desarrollo Sostenible UNSL<sup>41</sup>:** se dicta en la Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de San Luis. Cuenta con un módulo específico sobre electromovilidad.

## Capacidades en infraestructura de calidad

Para llevar a cabo una estrategia orientada a ampliar mercados (como la mencionada en la sección sobre atención de mercados emergentes), las empresas requieren acceder a distintos bienes públicos, para lo cual el rol del Estado resulta fundamental. Los participantes de las mesas de trabajo pusieron el foco especialmente en la necesidad de contar con infraestructura tecnológica y de ensayos para robustecer el sistema de homologación de normas de modo que se encuentre al día con los estándares internacionales. Hay consenso general sobre la necesidad de realizar avances en este aspecto, ya que la situación actual dificulta el ingreso competitivo a mercados externos, sobre todo por los costos que implica realizar ensayos de prototipos en el exterior.

Las empresas están preocupadas por esta cuestión, ya que muchas validan sus productos en primera instancia en el ámbito local antes de ir a otros mercados. Dado que contar con un servicio de posventa en la industria es fundamental, y ofrecer ese servicio para clientes del exterior exige una logística que puede ser compleja o costosa para las pymes, resulta clave para ellas asegurar una elevada calidad del producto antes de penetrar en esos mercados.

A modo de ejemplo, los participantes mencionaron que para homologar los vehículos del segmento L6-L7, en donde se toman como referencia los estándares internacionales utilizados por la Unión Europea, deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos en 14 capítulos (cada uno vinculado a una temática diferente como mecánica, electrónica, luminarias, entre otros) que a su vez requieren

Barreras para los  
productores y los  
consumidores



39 [Curso Intensivo: "Cómo funciona un vehículo eléctrico, híbrido y conversión de un vehículo de combustión a eléctrico" de la UTN-Buenos Aires.](#)

40 [Curso intensivo CEARE-UBA.](#)

41 [Nueva carrera de posgrado en Gestión para el Desarrollo Sostenible.](#)



de entre 1 a 5 ensayos cada uno. Si bien hoy en día existen laboratorios con la capacidad y el reconocimiento o acreditación para ofrecer estos servicios de ensayo, como es el caso del INTI o el Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA) del Departamento de Ingeniería Aeroespacial de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, aún existen muchos ensayos que no pueden realizarse localmente. Esta situación deriva en que las empresas deben ensayar sus productos en el exterior. En particular, los participantes señalaron la falta de infraestructura para hacer las pruebas necesarias para el desarrollo de *packs* de baterías de iones de litio, por lo que se ven obligados a realizar las pruebas en laboratorios en Brasil o en países de Europa.

Esto no solo hace que los costos de desarrollo se incrementen, sino que también se pierde la posibilidad de tener una devolución e interacción más rica con quienes realizan los ensayos sobre las posibilidades de mejora del desempeño y funcionamiento de sus productos. En este sentido, contar con laboratorios equipados, accesibles y eficientes a nivel local para la certificación de normas internacionales de alta exigencia sería una ventaja importante<sup>42</sup>. Por su parte, los representantes de instituciones públicas manifestaron explícitamente su intención de montar nuevos centros de ensayos para ahorrarles costos y tiempo a los nuevos desarrolladores o fabricantes, con el objetivo de armar “una estructura público-privada de laboratorios que no sirven solo para homologar, sino también para el diseño e investigación”.

## Barreras para los productores y los consumidores

A pesar de las oportunidades y capacidades identificadas anteriormente, el desarrollo de la electromovilidad en Argentina es todavía muy incipiente. La evidencia que resulta de las mesas de trabajo y de las entrevistas sugiere que esta demora en el despegue puede atribuirse a distintas restricciones y barreras que obstaculizan el crecimiento del mercado y de la industria de vehículos eléctricos. Más allá de las barreras vinculadas a la volatilidad macroeconómica, la incertidumbre cambiaria y el escaso financiamiento disponible a nivel local para proyectos de I+D<sup>43</sup> (que afectan transversalmente a los sectores productivos del país), los participantes resaltaron la importancia de tres barreras específicas: la escala del mercado, las regulaciones y la infraestructura de recarga existentes en el país.

### Escala del mercado

La restricción fundamental identificada por los participantes es la insuficiente escala del mercado argentino y, más en general, del mercado de la región latinoamericana. Esto desincentiva la puesta en marcha de proyectos nuevos debido a la baja rentabilidad esperada, desalentando a su vez la innovación y la producción local de componentes y de vehículos. Por ejemplo, las empresas que ya están operando en el segmento de microcoches (L6-L7) tienen pocos vehículos vendidos y casi todo al sector privado (por ejemplo, 500 vehículos en el caso de una de las principales empresas de este segmento). En general, la percepción es que el Estado en sus múltiples niveles —incluyendo los municipios, las policías y las reparticiones de tránsito— no ha efectuado compras significativas. Actualmente, sus principales clientes provienen del sector privado, como las empresas de logística.

---

<sup>42</sup> [El primer laboratorio de prueba de baterías para autos eléctricos en Brasil se instalará en el Campus del Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología \(Inmetro\) en alianza con el sector privado.](#)

<sup>43</sup> A pesar de este contexto, los participantes no perciben esto como una barrera infranqueable para el sector debido a que hay múltiples posibilidades de financiamiento (elevada liquidez) a nivel internacional para la electromovilidad. En líneas generales, se destacó que este financiamiento tiende a beneficiar a los proyectos que cumplen con la mayor cantidad de las siguientes condiciones: i) Equipos con capacidades acumuladas en términos de investigación y/o desarrollo; ii) Oportunidades de mercado con productos escalables, y iii) Estabilidad jurídica.

Incluso en los casos en los que emprendedores locales han avanzado en la fabricación de vehículos, también debieron enfrentar obstáculos asociados a la baja escala. Para ellos, por ejemplo, ha sido particularmente difícil encontrar proveedores confiables, capacitados y/o que cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos por los mercados externos. Evidentemente, esto no solo se relaciona con la ausencia de una red de proveedores específicos para la electromovilidad, sino también con que la escala condiciona la adaptación o reconversión de los proveedores metal-mecánicos o de matricería tradicional ya existentes en el país, que hoy proveen a otros sectores. En este sentido, uno de los participantes de las mesas de trabajo decía: “La escala de lo eléctrico es muy baja en el país, entonces no encontramos fabricantes de la industria automotriz tradicional que quieran producir tan pocas piezas”. Contar con un parque automotor de vehículos eléctricos tan pequeño también dificulta el desarrollo de nuevas partes y componentes, ya que las empresas no pueden obtener información sobre el desempeño de los vehículos que producen mediante “ensayos de campo”, es decir, evaluar su desempeño en situaciones de uso cotidiano.

La escala se convierte en una barrera cuando se considera la posición de países como China, cuyas empresas lideran las cadenas globales de valor de la micromovilidad en segmentos masivos. De las mesas de trabajo surge que aun aquellas firmas que incursionaron en el desarrollo de componentes a nivel local para el sistema de almacenamiento de energía, tuvieron que abandonar estas iniciativas cuando aparecieron en el mercado productos de origen chino, de similar calidad y a un precio significativamente más bajo. Por las notorias ventajas de escala de China, la diferenciación no es solo una oportunidad, sino una necesidad: gracias a su dinamismo productivo, los productores asiáticos pueden ofrecer un producto a un precio muy competitivo y con muchas prestaciones.

Por esta razón, los participantes encuentran pocos segmentos, componentes o servicios en los que se puede incursionar sin que las barreras de escala obstaculicen la viabilidad de estos negocios. Aun así, si bien la escala es una restricción que dificulta la producción y la innovación en todos los casos, y lleva a desestimar muchos proyectos, existen segmentos en los que el bajo volumen de producción no obtura por completo las oportunidades (Baruj et al., 2021). Por ejemplo, en el segmento de cuadríciclos y *citycars* existen casos internacionales de empresas que fabrican a baja escala, incluso en Argentina.

## Regulaciones

De la triangulación de la evidencia recolectada en las mesas de trabajo y en las entrevistas con informantes clave surge con claridad que una de las barreras más importantes para el despegue de la electromovilidad en Argentina es el hecho de que todavía no hay una armonización de las normas existentes que favorezca el desarrollo del sector en el país. Al respecto, se identifican cinco dimensiones problemáticas.

**Una de las barreras más importantes para el despegue de la electromovilidad en Argentina es que no hay todavía una armonización de las normas existentes que favorezca el desarrollo del sector en el país.**

Primero, se destacó la diversidad en las regulaciones que definen el sistema de control, la homologación y la certificación de los estándares de calidad y seguridad de los vehículos eléctricos, el conjunto de las cuales define la habilitación para su circulación en la vía pública. Mientras que para la categoría L1 y las subsiguientes hay una normativa bien establecida, para segmentos como los de monopatinés, bicicletas y triciclos de carga existen “lagunas”: no hay allí certificaciones obligatorias. Asimismo, la ausencia de regulaciones vinculadas a la infraestructura de carga es identificada como una barrera crítica para el desarrollo del sector. Ello incluye definiciones sobre las medidas de



seguridad, las normativas de comercialización de energía, el tipo de conector —que debería ser similar a los estándares de los países vecinos para facilitar la circulación inter-países— y el ordenamiento y armonización de la normativa de comunicación de vehículos eléctricos con la red.

Segundo, se destacó la falta de claridad en algunas de las regulaciones vigentes respecto a las características diferenciales de los distintos tipos de vehículos. Por ejemplo, el Decreto 32/2018, que establece un mecanismo de actualización de las categorías de vehículos y las normativas de homologación para la comercialización de vehículos eléctricos, presenta ciertas contradicciones y vaguedades. En este sentido, específicamente en relación con las categorías de vehículos del segmento L, se destacó que hay dudas respecto de las velocidades máximas permitidas, la capacidad de carga y el largo total de los vehículos. La normativa adolece de falta de claridad a la hora de diferenciar entre los vehículos de las categorías L6 y L7 (el segundo tiene más peso y potencia y puede circular por autopistas a diferencia del primero), lo cual impacta sobre las regulaciones del sistema de control, homologación y certificación<sup>44</sup>.

Por otro lado, los participantes de las mesas de trabajo mencionaron el problema que implica que el proyecto de Ley de Promoción de Electromovilidad no diferencie los beneficios asociados a los vehículos híbridos y a los vehículos 100% eléctricos. Contar con esa diferenciación es relevante porque permitiría dar señales claras al sector empresario sobre la direccionalidad de las políticas y de la transición en el país. Los vehículos híbridos no eliminan las emisiones por completo, pero presentan algunas ventajas: por ejemplo, a diferencia de los vehículos 100% eléctricos, no necesitan una infraestructura de carga desarrollada y tienen asociados menores costos de reconversión para la industria automotriz tradicional. Aunque en el largo plazo, de cara a los compromisos climáticos y a la necesidad de alcanzar la neutralidad de carbono para el 2050, el mercado internacional pareciera ir claramente hacia los vehículos 100% eléctricos libres de emisiones.

Tercero, los participantes mostraron preocupación por la falta de adecuación de la normativa a los estándares ambientales internacionales. En este terreno, se toman como referencia las disposiciones del Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos, perteneciente a la División de Transporte Sostenible de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE). Estas normas establecen el estándar para las emisiones contaminantes para los vehículos, redactadas en función de los objetivos de emisión de gases contaminantes dispuestos en el Acuerdo de París. En particular, se destacó la demora de la Argentina respecto al cronograma de adecuación para los vehículos de la categoría L (motovehículos) que se comercializan, fabrican y/o importan en el país para llegar a los estándares de la norma Euro IV en la Licencia de Configuración Ambiental (LCA)<sup>45</sup>. Esta situación contrasta con lo que sucede con los vehículos pesados para los cuales rige la norma Euro V<sup>46</sup>, al tiempo que desincentiva la producción y venta en el mercado local de motos eléctricas pues incrementa sus costos en comparación a una moto a combustión, que no respeta los estándares de seguridad, ni ambientales, y que por tanto tiene un costo similar al de una bicicleta. Uno de los participantes destacó que “la moto a combustión tiene un precio mucho más bajo que la eléctrica, aun bajando el arancel de eléctricos”.

Cuarto, los participantes de las mesas de trabajo destacaron que hay regulaciones comerciales que permiten la importación en CKD, por ejemplo en el caso de las motos eléctricas. La regulación

<sup>44</sup> El L6 está limitado a una velocidad máxima, mientras que el L7 no lo aclara. Esto deja discrecionalidad provincial para establecer los máximos para la calle, ruta y autopista.

<sup>45</sup> La [Resolución 42/2018](#) de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación estableció un cronograma de adecuación para los vehículos de las categorías L, que contemplaba la actualización de normas cada 18 meses para, en última instancia, llegar a los estándares de la norma Euro IV. Sin embargo, el inicio de este cronograma fue prorrogado por 24 meses a fines de 2019 por pedido de las cámaras del sector (CAFAM y CAM) y se convocó a una Comisión Técnica Evaluadora (Resolución 460/2019). Los 24 meses se cumplieron el 5 de diciembre de 2021. Dado que no hay registros del trabajo de la Comisión Técnica Evaluadora, en principio, empezaron a correr los tiempos y se estaría dentro de los plazos previstos en la Resolución 42/2018.

<sup>46</sup> La [Resolución 1464/2014](#) de la Secretaría de Ambiente estableció que desde 2016 rige la norma Euro V para los nuevos modelos de vehículos pesados en Argentina, y desde 2018 para todos los nuevos vehículos pesados comercializados en el mercado interno argentino (Baruj et al., 2021).

vigente permite la importación de motocicletas, sean eléctricas o no, a un arancel del 0%, siempre que estén incompletas y desarmadas y que las empresas importadoras cumplan luego con un requisito de valor agregado local mínimo que puede variar entre el 9 y el 11%<sup>47</sup>. Si bien el esquema regulatorio vigente tendría por objetivo consolidar el ensamblaje nacional de motocicletas y otros vehículos similares y promover la integración de las partes y piezas locales, algunos actores de las mesas de trabajo manifestaron que el nivel de integración local que les es exigido a las empresas no es proporcional al beneficio que les brinda la preferencia arancelaria. En particular, se destacó que habría oportunidades de integración en distintos componentes —como los asientos, los volantes y la instalación eléctrica— que hoy no están siendo aprovechadas: el esquema regulatorio vigente no genera los incentivos necesarios para avanzar en plataformas de motos eléctricas que involucren una mayor integración local.

Finalmente, un punto particular surgió en relación con la necesidad de estandarizar y definir el esquema de evaluación de la conformidad asociado al *retrofit* de los vehículos. Si bien hubo un consenso entre los participantes acerca del potencial del *retrofit* para promover la electromovilidad en el país en un primer momento, también se manifestó la importancia de ordenar este proceso de forma adecuada. La reconversión desde un sistema de motor a combustión interna a uno eléctrico debe hacerse garantizando el cumplimiento de ciertos estándares de calidad y seguridad. En este sentido, se destacó la necesidad de concientizar al respecto y de adecuar el proceso productivo asociado al *retrofit* a determinadas condiciones de seguridad. Cuando se modifica la estructura y el diseño del vehículo cambian, a su vez, aspectos relacionados a la Licencia de Configuración de Modelo (LCM) original del vehículo. Es esta licencia la que se utiliza para homologar que el vehículo es seguro para su circulación en el país. A modo de ejemplo, aun cuando la modificación fuere menor, será necesario verificar la *performance* de frenado por motor eléctrico del vehículo. Lo mismo ocurre si en el proceso de *retrofit* se hacen cambios de otros componentes —como asientos o paragolpes, por ejemplo—: todos ellos requieren de nuevas homologaciones. Por este motivo, hubo consenso respecto a la necesidad de avanzar en dotar de un marco normativo al *retrofit*, en algún sentido emulando lo que sucede con el sistema que regula a los talleres que hacen la conversión a gas o GNC para los automóviles a combustión.

## Infraestructura de carga

La infraestructura de carga eléctrica pública en el país es incipiente, lo cual es una barrera para el desarrollo de la electromovilidad. En la actualidad hay casi un centenar de puntos de carga públicos. La extensión de la red se basó en las inversiones realizadas por emprendimientos privados, mayormente con fines de visibilidad de marca, de algunas empresas provinciales distribuidoras de energía<sup>48</sup> y de empresas dedicadas a la producción y comercialización de combustibles fósiles, como YPF o Axion, que están desarrollando corredores de carga eléctrica en algunas rutas nacionales utilizando su red de estaciones de servicios<sup>49</sup>.

Los participantes de las mesas de trabajo atribuyen la falta de infraestructura de carga a otras barreras precedentes. Por ejemplo, la falta de definición de estándares y protocolos de carga, tanto a nivel nacional como regional, que se agrega a la indefinición en términos tarifarios y a las restricciones a la comercialización de energía, lo que dificulta esquemas de previsibilidad para inversiones en nuevas electrolineras o cargadores públicos. Con respecto a los estándares, se resaltó que hay varios tipos de conectores, y que no solo conducen electricidad, sino también información. Cada estándar

<sup>47</sup> El [Decreto 81/2019](#) reduce al 0% el arancel que grava la importación de motocicletas de cilindrada inferior a 800 centímetros cúbicos, cuatriciclos y karts, siempre que se importen incompletas y totalmente desarmadas.

<sup>48</sup> Tal es el caso del corredor eléctrico entre Santa Fe y Rosario desarrollado por la Empresa Provincial de Energía (EPE) o el de los puntos de carga instalados por la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC).

<sup>49</sup> En la actualidad YPF cuenta con 9 puntos de carga (en CABA y Autopista Buenos Aires-La Plata), y planea desarrollar dos corredores: uno entre Buenos Aires-Mar del Plata y otro entre Buenos Aires-Córdoba (20 puntos de carga de 50 kW, 50 kW extensibles a 130 kW y 160 kW).

involucra un protocolo específico para esta transmisión de información que es necesaria para gestionar tanto la seguridad de la operación como el pago en caso de ser requerido. En este sentido, los participantes consideran que es urgente una definición de uno o dos estándares de carga y protocolos a nivel nacional para dar impulso al mercado de los eléctricos.

**La infraestructura de carga presenta dos desafíos: aumentar su extensión (de manera de viabilizar viajes de mayor distancia) y reducir los tiempos de carga.**

Actualmente, la cuestión sobre los estándares y protocolos en relación con la carga de vehículos eléctricos no está regulada en el país. En cuanto a las pocas estaciones de carga que se vienen instalando, únicamente se han proporcionado normativas de carácter técnico sobre algunos aspectos específicos. En particular, se destacan dos: i) la [reglamentación 90.364 \(Parte 7, Sección 722\) de la Asociación Electrotécnica Argentina \(AEA\)](#), que establece determinadas medidas de seguridad para la instalación de cargadores que tienen que ver con la presencia de una puesta a tierra, de sistemas de protección térmica efectivos y de disyuntores superinmunizados que eviten fugas de corriente hacia la red eléctrica (dada la coexistencia de sistemas de CA y CC en la misma estación), entre otras; y ii) la [Disposición 283/2019 de la Secretaría de Energía](#), que establece la obligatoriedad de acreditar el cumplimiento de determinadas normas registrales y técnicas a aquellas estaciones de servicio que pretendan incorporar sistemas de carga eléctrica cercanos a los surtidores de combustibles (dada la presencia de gases potencialmente explosivos).

Además, los participantes resaltaron la existencia de barreras técnicas vinculadas a la carga rápida por corriente continua. En primer lugar, en economías que actualmente no tienen un suministro eléctrico constante, la carga rápida puede presentar presiones fuertes sobre la red de suministro eléctrico en las ciudades. En segundo lugar, se puso el acento en las exigencias de la carga rápida sobre el control térmico de las estaciones: se requiere el desarrollo de componentes específicos de control térmico que actualmente implican prácticamente duplicar el costo de la batería. Finalmente, una infraestructura de carga ineficiente desperdicia energía, por lo que algunos participantes insistieron sobre la importancia de avanzar hacia redes inteligentes que permitan gestionar los excedentes de energía y avancen hacia sistemas de generación distribuida. El desarrollo de este tipo de sistemas no puede lanzarse sin apoyo regulatorio y financiero.

#### **El desarrollo de la infraestructura de carga**

El desarrollo de una infraestructura de carga en espacios públicos es necesario para la expansión del mercado de vehículos eléctricos por distintas razones. Primero, los habitantes de edificios o consorcios vecinales con muchas viviendas no siempre cuentan con cochera individual que tenga acceso a conexión eléctrica. Segundo, los conductores que realizan viajes más largos, ya sea por turismo, transporte de mercancías u otros motivos necesitan cargar durante sus viajes. Y en algunos casos, la carga rápida parece ser una alternativa necesaria e inevitable para cubrir las necesidades de uso del transporte. Tercero, en caso de expandirse la red de carga, los fabricantes de vehículos eléctricos podrían preocuparse menos por la autonomía del vehículo, lo que sería incluso consistente con el uso que suele darse al vehículo eléctrico: predominantemente en contextos urbanos y de cortas distancias (IEA, 2022).

La infraestructura de carga presenta dos desafíos: aumentar su extensión (de manera de viabilizar viajes de mayor distancia) y reducir los tiempos de carga (Dulcich, Otero y Canzian, 2019). La cantidad adecuada de puntos de carga públicos por vehículo eléctrico

#### **Box 4**

Rutas críticas  
para impulsar la  
industria de la  
electromovilidad  
en Argentina



## Box 4

depende de diversos factores, como la cantidad de viviendas, las distancias típicas de viaje, la densidad poblacional y la dependencia de la carga doméstica (IEA, 2022). Por otro lado, los segmentos de vehículos tienen distintas necesidades en relación con las características de la infraestructura de carga. Para el caso de la micromovilidad, la expansión de una red de infraestructura de carga pública no es esencial (aunque sí puede mejorar notablemente las perspectivas del mercado), pero en el caso de los viajes extensos entre las ciudades más grandes de Argentina, por ejemplo, es fundamental. Los viajes más largos requieren de cargas en estaciones intermedias, y, su tiempo de carga puede afectar notablemente a las operaciones comerciales.

Las estrategias para extender la infraestructura de carga son una parte fundamental de las políticas para promover el desarrollo de la electromovilidad que implementan los países (UC Davis, 2018). Las políticas para extender la red de cargadores públicos en Argentina deben considerar al menos dos aspectos. Por un lado, la estrategia que se plantee para el desarrollo de la electromovilidad en el país. En este sentido, la priorización de determinados nichos estratégicos en el corto plazo, y no de mercados masivos, permitirá consolidar los primeros pasos para una expansión futura. Por otro lado, es fundamental considerar los aspectos vinculados a las limitaciones existentes en la infraestructura de distribución de energía. En muchos lugares se necesitan inversiones para mejorar la infraestructura para disponer de mayor potencia, tal como requieren los cargadores rápidos en ruta.

En este contexto, algunas recomendaciones para el desarrollo de un sistema de infraestructura de carga efectivo en Argentina debe considerar los siguientes aspectos: i) regulaciones para estándares mínimos de los cargadores (incluyendo aspectos vinculados a energías renovables); ii) un fondo de apoyo a gobiernos provinciales o empresas distribuidoras que defina criterios comunes, y iii) apoyo a la comercialización a través de un registro de comercializadores y regulaciones que permitan la reventa de la energía despachada mediante las estaciones de carga.

## Rutas críticas para impulsar la industria de la electromovilidad en Argentina

El marco normativo y regulatorio vigente desde 2017 en la Argentina se ha orientado principalmente a incentivar la importación de esta tecnología, sin plantear una estrategia productiva local ni herramientas específicas de fomento<sup>50</sup>. En octubre de 2021, el Poder Ejecutivo presentó el Proyecto de Ley de Promoción de la Electromovilidad, que está actualmente a consideración del Congreso<sup>51</sup>. En línea con la experiencia internacional (Dulcich, Otero y Canzian, 2018), el proyecto de ley define cinco tipos principales de instrumentos de política: (i) metas de transición tecnológica; (ii) metas de participación de mercado para transporte público y flotas del Estado; (iii) incentivos económicos a la oferta y la demanda de vehículos eléctricos; (iv) el financiamiento público de actividades de I+D; y (v) el financiamiento público para el desarrollo de la infraestructura de carga eléctrica.

<sup>50</sup> El [Decreto del Poder Ejecutivo 331/17](#) otorgó a las empresas terminales la reducción en los aranceles para la importación de vehículos híbridos, eléctricos y celdas de combustible para un cupo de 6000 vehículos y por 36 meses. El [Decreto 51/18](#) introdujo una alícuota reducida para la importación de 350 buses y de 2500 cargadores por 36 meses desde su publicación. El [Decreto 617/2021](#) extendió las exenciones impositivas del Decreto 331/17 por 18 meses y amplió el cupo para la importación de vehículos eléctricos adicionales.

<sup>51</sup> Al momento de la publicación de este documento el proyecto se encontraba para su tratamiento en la Comisión de Industria y Comercio y en la Comisión de Presupuesto de la Cámara de Diputados (Expediente 0016-PE-2021).

**Instrumentos de política: el Proyecto de Ley de Promoción de la Electromovilidad****Metas de transición tecnológica**

El proyecto define una meta de eliminación de las tecnologías contaminantes asociadas al transporte<sup>52</sup>, con la prohibición de comercialización en el territorio nacional a partir de enero de 2041 de vehículos nuevos de motor de combustión. Esta meta no limita la comercialización de vehículos híbridos ni la producción y exportación de vehículos de combustión interna. Tampoco define metas intermedias<sup>53</sup>.

**Metas para flotas de transporte público de pasajeros y de la Administración Pública Nacional**

El proyecto define metas para la adopción de vehículos eléctricos por parte de la Administración Pública Nacional, con cuotas progresivas de participación hasta alcanzar la plenitud en 2040 y un plazo de 10 años para la renovación total de la flota del Servicio Público de Transporte Automotor de Pasajeros urbanos y suburbanos de jurisdicción nacional.

**Incentivos económicos a la oferta y la demanda**

Se crea un régimen fiscal que subsidia tanto la demanda como la oferta de vehículos eléctricos. Los beneficios adoptan estándares de desempeño y pautas decrecientes hasta 2040 e incluyen créditos fiscales y exenciones impositivas al consumo privado y a las inversiones para terminales y autopartistas<sup>54</sup>.

**Financiamiento público de actividades de I+D**

Se crea la Agencia Nacional de Movilidad Sustentable como un organismo descentralizado del Estado Nacional, dependiente del Ministerio de Desarrollo Productivo, con autarquía económica y financiamiento con origen en el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de la Movilidad Sustentable y de regalías y aportes de terceros. La Agencia administrará los subsidios a la I+D para el sector.

**Financiamiento público de la infraestructura de carga eléctrica**

El proyecto prevé que el Fondo Fiduciario de Movilidad Sustentable tenga un componente específico de infraestructura eléctrica (fondeo, financiación, crédito). Al respecto, la experiencia internacional sugiere que la inversión en infraestructura de carga es una estrategia más efectiva para incrementar la adopción de vehículos eléctricos que la provisión de subsidios para su compra<sup>55</sup>.

<sup>52</sup> Entre 2017 y 2020, al menos 15 países (11 de ellos en Europa) establecieron metas de prohibición similares. La mayoría de ellos fijaron como plazo fechas entre 2025 y 2030, aunque algunos como España, Francia y Canadá lo hicieron para 2040. En América Latina, Costa Rica, Colombia y Chile han establecido formalmente metas de ventas de vehículos eléctricos. En el caso de México, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, lanzada en septiembre de 2018 posee como objetivos una participación de mercado de los vehículos eléctricos del 5% para el año 2030, de 50% para 2040 y de 100% para 2050 (MOVE, 2018).

<sup>53</sup> En la mayoría de los países este tipo de metas son promovidas estableciendo gradualidad en las ventas de vehículos eléctricos y en los estándares de emisiones (Meckling y Nahm, 2019).

<sup>54</sup> De acuerdo a la experiencia internacional, suelen utilizarse criterios basados en las características técnicas y en el precio (Mock y Yang, 2014). Los criterios técnicos pueden incluir el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, el peso del vehículo, la capacidad y/o la autonomía de la batería del vehículo o la capacidad del motor y el nivel de consumo de combustible. Por su parte, los criterios basados en el precio se definen en función del precio de venta del vehículo, estableciendo porcentajes sobre este monto, precios máximos de los vehículos que pueden obtener el subsidio o a partir de la diferencia de precio con un modelo de vehículo a combustión comparable.

<sup>55</sup> IEA, (2022). [Policy Brief on Public Charging Infrastructure](#). En el caso de Estados Unidos, por ejemplo, se implementaron créditos fiscales que cubren parcialmente la instalación de esta infraestructura, mientras que en China se optó por establecer subsidios a nivel nacional y subnacional en el marco de la actualización de su estrategia *Made in China 2020*.

Los instrumentos de política propuestos en el proyecto de ley apuntan a promover la adopción de este nuevo tipo de tecnología por parte de los usuarios y a generar condiciones propicias para la incursión del sector productivo local. En principio, parece más fácil avanzar en el cumplimiento del primer objetivo: la implementación de los incentivos para influir sobre la preferencia de los consumidores —los subsidios directos o exenciones impositivas para la compra— puede ser relativamente sencilla; en cambio, los instrumentos orientados al cumplimiento del segundo objetivo pueden verse afectados por restricciones de diseño y plazos de maduración más largos. Para ello, se requiere una estrategia sistémica y un marco de políticas que focalice los instrumentos considerando los factores institucionales y políticos que afectan la implementación de las políticas en el sector (Li, Yang y Sandu, 2018).

En este sentido, resultan clave tres aspectos. En primer lugar, al menos inicialmente, los instrumentos deberían focalizarse en el desarrollo de nichos de mercado estratégicos y en promover adoptantes tempranos más que aplicar el esfuerzo en la atención de los mercados masivos (Green, Sherlos y Winebrake, 2014). En segundo lugar, es importante construir un andamiaje consistente de instrumentos de política bajo una direccionalidad estratégica que identifique objetivos, lineamientos y rutas críticas para fortalecer el sistema de producción local (OCDE, 2010 y 2014; Guy et al., 2009; Cunningham et al., 2013; Aggio et al., 2020; Andreoni, 2016). En tercer lugar, es fundamental considerar el contexto político-institucional en el que se desplegarán estos instrumentos: la implementación de una política industrial que apunta a promover el desarrollo de un nuevo sector basado en una importante transición tecnológica implica necesariamente contar con altas capacidades técnicas y de coordinación, administrar horizontes intertemporales y gestionar conflictos distributivos (Andreoni y Chang, 2019; Chang y Andreoni, 2020).

De esta manera, en función de estas premisas, se identifican a continuación tres rutas críticas que sirven como guías para articular, darle foco estratégico y fortalecer los instrumentos y esfuerzos de política existentes (incluyendo aquellos que se contemplan en el Proyecto de Ley de Promoción de la Electromovilidad): i) definición de nichos estratégicos y ampliación de mercados, ii) escalamiento industrial y generación de capacidades productivas, y iii) gestión política de la transición.

## Definición de nichos estratégicos y ampliación de mercados

La baja escala relativa del mercado interno es una de las principales barreras para el desarrollo del sector; es posible que las políticas de incentivos a la demanda/oferta, mientras haya competencia con los vehículos tradicionales y predominen los déficit de infraestructura, no sean suficientes para generar la competitividad suficiente. En este contexto, el apalancamiento en la escala potencial del mercado regional de vehículos terminados y componentes y partes podría ser una alternativa.

Pero ampliar el mercado requiere del desarrollo de una estrategia de inserción de las empresas domésticas en la cadena de valor global o regional y pensar no solo en partes y componentes sino en crear modelos de negocios. Cabe destacar que el proyecto de ley solo presenta un incentivo marginal a las ventas externas, consistente en un adelanto de crédito fiscal del 10% del valor de exportación aplicable por las electropartistas al pago los derechos de exportación<sup>56</sup>.

Si bien el debate público sobre la transición hacia la electromovilidad suele focalizarse en el segmento de automóviles, es evidente que la electrificación también avanza en otros segmentos relevantes (Altenburg, Schamp y Chaudhary, 2016; IEA, 2022). A efectos de encauzar virtuosamente la transición, el Estado debe tener un rol clave en la “gestión estratégica de los nichos”, involucrando a productores nacionales, fomentando una mayor integración local de partes y componentes y estimulando la adopción de tecnologías sustentables (Dulcich, Otero y Canzian, 2019). Es importante identificar las necesidades de las

<sup>56</sup> Art. 32 - Un certificado de crédito fiscal “E” a ser aplicado como prefinanciación de derechos de exportación por un valor inicial equivalente de hasta el diez por ciento (10%) sobre el monto efectivo de ventas anuales de las realizadas en el mercado interno.



economías de la región que están avanzando en el desarrollo del mercado de electromovilidad y que, por lo general, son adoptantes tecnológicos sin conflictos con un sector automotriz tradicional local, bien sea por su inexistencia histórica o por su desmantelamiento en el contexto de las reformas de mercado.

**El Estado debe tener un rol clave en la “gestión estratégica de los nichos”, involucrando a productores nacionales, fomentando una mayor integración local de partes y componentes y estimulando la adopción de tecnologías sustentables.**

Así, por ejemplo, las flotas para prestación de servicios urbanos de los segmentos L6 o L7, los vehículos comerciales livianos (segmento N1) para las flotas comerciales y la logística de última milla, y las estrategias de *retrofit* de buses para el transporte público constituyen nichos interesantes que podrían despegar asociados a las compras públicas y beneficiarse con la masificación del comercio electrónico<sup>57</sup>. Estos vehículos presentan ciertas ventajas para su electrificación ya que, al operar sobre rutas definidas, tienen patrones de movimiento previsibles y pueden gestionarse los intervalos de recarga, a la vez que la infraestructura de carga puede localizarse centralizadamente en las terminales o en depósitos comerciales (Tsakalidis et al., 2020). Chile representa un buen ejemplo de políticas tempranas de difusión de este segmento en América Latina y, por lo tanto, de apertura de un mercado específico: estableció una meta de emisión cero en las ventas de vehículos comerciales livianos para 2035 e implementó el Proyecto Conecta Logística para promover el uso de vehículos eléctricos para la logística urbana dentro del área metropolitana de Santiago<sup>58</sup>.

La estrategia de inserción internacional implica pensar en distintos modelos de negocios que permitan a las empresas aprovechar las oportunidades de los mercados de la región. Esto no solo abarca la exportación directa de vehículos y partes, sino también la realización de *joint ventures* con empresas locales en el mercado de destino para abastecer centros urbanos, el armado de paquetes tecnológicos para exportar conocimiento y diseño e inclusive la radicación de una planta industrial en el exterior para ensamblar los componentes producidos localmente. Por ejemplo, si bien no ha sido explorado en este proyecto en particular, la creciente especialización de la industria automotriz argentina en el segmento de *pickups*, donde ha alcanzado una interesante diversificación de los mercados de exportación<sup>59</sup>, podría derivar en una ventaja para el país en el mercado de la electromovilidad y representar una oportunidad para posicionarse como pionero en la materia, aprovechando el retraso de la curva de electrificación de este segmento en relación con los automóviles (Dulcich, Otero y Canzian, 2018).

En el diseño de esta estrategia resulta fundamental aprovechar los acuerdos comerciales existentes con los países en la región y maximizar el uso de las herramientas de promoción comercial vigentes, así como promover un rol activo de las embajadas de Argentina para identificar potenciales socios comerciales: i) distribuidores; ii) empresas interesadas en estrategias del tipo de *joint ventures*; iii) compras públicas de gobiernos de distintos niveles comprometidos con la transición a la electromovilidad de su sistema de transporte urbano o flota del Estado.

<sup>57</sup> Se calcula que los envíos basados en la logística de última milla urbana se incrementarán en un 78% para 2030, lo que haría aumentar los vehículos que se dedican a estas actividades en un 36% en las principales 100 ciudades a nivel global, pasando de 5,3 millones vehículos en 2019 a 7,2 millones de vehículos para 2030 (Hannon et al., 2020).

<sup>58</sup> [Proyecto Conecta Logística – Electromovilidad \(electrologistica.cl\)](#)

<sup>59</sup> Según datos de ADEFA, mientras que entre 2012 y 2021 la producción de automóviles en Argentina se contrajo un 67%, la producción de vehículos para uso comercial (utilitarios de categoría A) creció un 2%.

## Escalamiento industrial y generación de capacidades productivas

Para adoptar y desarrollar tecnologías complejas, como es el caso de los vehículos eléctricos, es decisivo que las políticas promuevan el escalamiento y la diversificación de los productos. Retomando el ejemplo de los *packs* de baterías, las actividades de I+D que permitan mejorar las prestaciones en cuanto a su velocidad de carga, vida útil, duración y condiciones de temperatura, por dar algunos ejemplos, serán cruciales para que las empresas que emprendan dentro de este sector puedan a futuro prosperar en un mercado más grande y competitivo. Con este objetivo como norte, se identifican a continuación distintos tipos de instrumentos orientados a: i) impulsar la demanda, ii) desarrollar la cadena, y iii) fortalecer la infraestructura de calidad.

### Impulso a la demanda

- **Compras públicas para la innovación**

La experiencia internacional indica que las compras del sector público pueden ser una herramienta eficaz para desarrollar productos innovadores que involucren el crecimiento de sectores nuevos (Mazzucato, 2013; Vazquez, 2018 y 2020; Minervini, 2015; Ruttan, 2005; Lundvall y Borrás, 2005). Esto es así principalmente cuando la compra pública se articula con otros instrumentos bajo la forma de misiones estratégicas (Aggio et al., 2020; Moncaut y Robert, 2022; Vázquez, 2020).

En Argentina existen experiencias de compras públicas orientadas al crecimiento de sectores estratégicos que han mostrado resultados positivos, tanto en términos de la creación de mercados como de la generación de nuevas capacidades o articulación de capacidades preexistentes<sup>60</sup>. Una buena parte del éxito de estas iniciativas radica en la presencia de objetivos concretos, una direccionalidad estratégica y metas de desempeño especificadas con claridad.

Las Compras Públicas para la Innovación (CPI), a diferencia de las adquisiciones ordinarias, tienen el potencial de crear una demanda en las fases tempranas del desarrollo de nuevas tecnologías o productos, proveyendo el suficiente volumen de mercado para disminuir el riesgo asociado a todo emprendimiento de innovación. Los procesos de desarrollo de nuevos productos involucran un gran esfuerzo de aprendizaje y experimentación que requiere la interacción entre productores y usuarios: por medio de las CPI el Estado puede jugar un rol fundamental como usuario líder (Minervini, 2015; Gregersen, 1992). Las CPI, en tanto mecanismo de selección, resultan claves para imprimir una dirección estratégica al proceso en función de necesidades o problemas concretos, lo que contribuye a elevar la vara tecnológica. En este tipo de esquemas se puede priorizar la calidad del producto o servicio además del precio (Edquist y Hommen, 1998; Edquist y Zabala, 2012), y potenciar la articulación de capacidades preexistentes en distintas instituciones o empresas del entorno local (Moncaut y Robert, 2022). Además de las compras directas orientadas a promover el desarrollo de nuevos productos, en las que el Estado es tanto comprador como usuario, las CPI pueden integrar a otros actores como usuarios; así, es posible prever compras públicas cooperativas (incluyendo a diferentes organismos públicos, instituciones privadas y consumidores) o catalíticas (en las que el sector privado es el principal usuario), para incentivar la difusión de innovaciones (Edler y Georghiou, 2007; Edquist y Zabala, 2012; Minervini, 2015).

**Las Compras Públicas para la Innovación (CPI) tienen el potencial de crear una demanda en las fases tempranas del desarrollo de nuevas tecnologías o productos, proveyendo el suficiente volumen de mercado para disminuir el riesgo.**

<sup>60</sup> La experiencia más reciente es la de la Unidad COVID, a través de la cual se pudo hacer frente a la emergencia sanitaria fomentando la producción local de insumos y equipamiento médicos.



Cabe señalar que la coordinación de la compra de agencias u organismos públicos es esencial para dinamizar el mercado, lograr escalas rentables y eficientes y promover trayectorias de escalamiento tecnológico para las empresas locales<sup>61</sup>. A efectos de otorgar transparencia a los procesos de compra y previsibilidad a la industria, es importante establecer criterios comunes para las compras públicas tanto de las distintas jurisdicciones del Estado Nacional, como de las provincias/municipios<sup>62</sup>, y generar capacidad para monitorear el cumplimiento de estos criterios de modo de evitar el uso de estos instrumentos de acuerdo a las características e intereses particulares de esas jurisdicciones (Li, Yang y Sandu, 2018). En el caso de los vehículos eléctricos, estos criterios deberían incluir los estándares de seguridad y calidad, los tipos de tecnología priorizados, la potencia motora, la duración de la batería y la velocidad de carga, entre otros.

- **Regulaciones para incentivar la adopción de vehículos eléctricos**

Un tipo de regulaciones adoptadas en el plano internacional para influir sobre las preferencias de los consumidores y expandir el mercado de vehículos eléctricos se ha focalizado en las barreras de adopción. Incluyen, por lo tanto, exenciones y facilidades en relación con el control del tránsito, el acceso a determinados lugares, el costo del estacionamiento y peajes o los impuestos sobre la propiedad del vehículo. La implementación de estas medidas, por lo general, se encuentra a cargo de los gobiernos subnacionales y aún no hay evidencia robusta sobre la magnitud de su impacto. Por otro lado, algunos países han avanzado en la implementación de medidas regulatorias que incrementan el costo de las tecnologías basadas en combustión a través de sistemas de precios al carbono; estas se implementan por medio de impuestos específicos o de sistemas de créditos por emisiones<sup>63</sup>. No obstante, hay evidencia de que la implementación de estas penalizaciones ha impactado poco en la reducción de emisiones y en el fomento de la innovación (Calel y Dechezleprêtre, 2016), a la vez de que su efectiva implementación requiere la construcción de coaliciones de apoyo muy robustas (Meckling, Sterner y Wagner, 2017; Breetz, Mildenberg y Stokes, 2018).

**Las regulaciones que endurecen los estándares ambientales sobre emisiones de CO2 han sido un impulsor clave del crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en los países europeos.**

En cambio, las regulaciones que endurecen los estándares ambientales sobre emisiones de CO2, y que también incrementan el costo de las tecnologías a combustión, parecen haber sido un impulsor clave del crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en los países europeos<sup>64</sup>. Considerando esta evidencia como la alternativa más efectiva para promover el desarrollo de las nuevas tecnologías, sería importante avanzar en el endurecimiento de los estándares para la Licencia de Configuración Ambiental de los vehículos que se comercializan, fabrican y/o importan en Argentina, en particular los del segmento L (micromovilidad). La implementación de esta normativa ayudaría al desarrollo del sector, ya que impactaría sobre los precios de los vehículos tradicionales en la gama baja y podría ayudar a la difusión de los vehículos alternativos. Además, la certificación de normativas internacionales y la necesidad de las empresas locales de adaptar sus rutinas de aprendizaje y acumulación de capacidades al *benchmark* del mercado global podría favorecer sus posibilidades de disputar mercados.

<sup>61</sup> Ambas cuestiones se encuentran en mayor o menor medida abarcadas en la [Ley de Compra Argentino y Desarrollo de Proveedores \(Nro. 27.437/2018\)](#), que establece los criterios para las compras de la administración pública nacional y las empresas del Estado, pero a la fecha de publicación de este documento pocas administraciones provinciales han adherido o instrumentado su reglamentación. Asimismo, se encuentra en debate un proyecto que prevé cambios en la ley, con el objetivo de aumentar los márgenes de preferencia para empresas nacionales.

<sup>62</sup> Los municipios que no están en el AMBA tienen ventajas a nivel regulatorio para incorporar vehículos eléctricos.

<sup>63</sup> Chile ha sido uno de los pioneros en la región en optar por su implementación en 2014 partir de la promulgación de la Ley 20.748 que gravó específicamente las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO2) y dióxido de carbono (CO2).

<sup>64</sup> [The uptake of plug-in hybrid electric vehicles in Europe's company car fleets: Trends and policies - International Council on Clean Transportation \(theicct.org\)](#)

Por último, un tipo de regulación particular a destacar es aquella vinculada al *retrofit*. Actualmente, uno de los obstáculos más importantes para el crecimiento del *retrofit* en el país es justamente la inexistencia de un marco regulatorio. El *retrofit* tiene un enorme potencial como catalizador en el corto plazo para la promoción de la electromovilidad en Argentina, ya sea por su menor costo relativo o por la oportunidad de abastecer una demanda temprana de baja escala; aprovecharlo dependerá de la velocidad en la que se pueda ordenar su proceso de forma adecuada. La reconversión de un vehículo a combustión interna a uno eléctrico debe poder garantizar el cumplimiento de determinados estándares de calidad y seguridad, similar a lo que ocurre hoy en día en la conversión de vehículos a gas o GNC. En un comienzo, esto requiere generar consensos entre los organismos que regulan la actividad del transporte y el sector productivo respecto a cuáles son los requisitos técnicos y los procesos de evaluación de la conformidad que permitirán montar un esquema de homologación sobre dicha actividad. Este trabajo deberá segmentar el problema, ya que los procesos y actores vinculados al *retrofit* de buses no son los mismos que en el caso de los vehículos particulares y aquellos utilizados como flota para la logística de última milla. En este sentido, poder elaborar una norma técnica o un manual de buenas prácticas es un primer paso fundamental para poder constituir un marco regulatorio que concilie la calidad y seguridad del *retrofit*, con la necesidad de facilitar la demanda de este tipo de tecnologías en el corto plazo.

## Desarrollo de la cadena

- **Política arancelaria inteligente**

Sin duda, la política arancelaria es un componente clave de la política industrial, en la medida en que define las condiciones de internalización de los bienes importados y los precios y rentabilidades relativas de los diferentes segmentos y actividades y, de ese modo, orienta el proceso de asignación de recursos entre sectores. Cuando se trata de impulsar el desarrollo de un nuevo sector o de diferentes eslabones de un proceso productivo, la escala arancelaria tiene una potencia de promoción al menos equivalente, si no mayor, a los incentivos a la inversión o a la operatoria regular de las empresas. Este rol ha adquirido todavía más relevancia a medida que las regulaciones internacionales, particularmente en la OMC, han ido restringiendo las posibilidades de recurrir a estándares directos de desempeño o de integración nacional como instrumentos de promoción.

La medida de “protección efectiva”, que considera la relación entre los aranceles aplicados a los insumos o partes y componentes, por un lado, y al producto final de determinado proceso productivo, por el otro, resulta un indicador idóneo de la naturaleza y probable eficacia de la política promocional.

Abundante evidencia indica que el impacto positivo que tiene la reducción de aranceles sobre el crecimiento no se debe a un aumento en la competencia de bienes finales, sino al acceso a insumos intermedios de mejor calidad y/o menor precio antes no disponibles. El acceso a insumos intermedios de calidad es de vital importancia para evitar cuellos de botella y aumentar la productividad final de los sectores exportadores que la política productiva considere estratégico impulsar. Esto impacta positivamente en la probabilidad de las firmas de exportar, en la productividad de las firmas beneficiadas, en la inversión en I+D y en la introducción de nuevos productos (Bas, 2012; Amity y Konings, 2007; Goldberg, Khandelwal, Pavcnik y Topalova, 2010; Topalova y Khandelwal, 2011).

Si la definición estratégica fuera la de privilegiar el mero ensamblaje, bastaría con que la estructura arancelaria facilite la libre importación de las partes e insumos correspondientes, a la vez que establezca cierto margen al bien final; de este modo, la protección efectiva del vehículo eléctrico sería positiva. Pero el propósito principal de este proyecto ha sido evaluar las posibilidades, no solo de producción o ensamblaje de ciertos vehículos en la Argentina, sino fundamentalmente de desarrollo y producción de algunos componentes del *powertrain* para aprovechar las externalidades positivas en términos del desarrollo de capacidades y recursos humanos asociadas al dominio y la radicación de las tecnologías en cuestión.

La decisión política de internalizar la producción de estos componentes requiere ser acompañada de una política arancelaria que beneficie a las actividades respectivas con cierto margen de protección efectiva positiva durante su instalación y desarrollo.

La decisión política de internalizar la producción de estos componentes requiere ser acompañada de una política arancelaria que beneficie relativamente a las actividades respectivas con cierto margen de protección efectiva positiva durante el período de su instalación y desarrollo. Con el fin de que estos niveles de protección no penalicen en exceso la cadena “aguas abajo”, ni a los consumidores, y afecten la competitividad del sector, es decisivo considerar para cada componente el costo de transporte (protección “natural”) y la relación entre las escalas óptimas de producción y el tamaño del mercado potencial. Así, por ejemplo, para el caso de los *packs* de baterías, en la medida en que la producción local de su principal insumo, las celdas de ion-litio, aún se encuentra en fases exploratorias, sería importante facilitar la importación de la mismas mediante aranceles más bajos que los que se corresponden al *pack* de batería completo.

- **Desarrollo de proveedores**

Hay varios programas del Estado argentino tendientes al desarrollo y la mejora tecnológica de proveedores. Entre los más importantes se encuentran el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) de la Agencia I+D+i o el Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores (PRODEPRO) de la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo. A través de convocatorias y un proceso de selección, se ponen a disposición del sector privado aportes no reembolsables o créditos blandos para financiar actividades de desarrollo de nuevos productos o el montaje de nuevas líneas de producción. Ya que el sector de electromovilidad es aún muy incipiente y existe poca o nula vinculación entre los potenciales actores de la cadena, sería conveniente establecer una institucionalidad específica o una instancia de coordinación que cumpla estas funciones con un direccionamiento estratégico. Para ello, es necesario un relevamiento exhaustivo de las capacidades actuales en los diferentes eslabones de la cadena de la electromovilidad y de los actores que estarían en condiciones de reconvertirse y/o emprender los procesos productivos correspondientes, y acercar una oferta coordinada y secuencial de instrumentos.

En las mesas de trabajo se hizo referencia en reiteradas ocasiones a la experiencia del Registro de Proveedores de Energías Renovables (REPROER), como una instancia exitosa de planificación del desarrollo de proveedores en ese sector. El REPROER es un mecanismo oficial y público administrado por el INTI y creado para verificar y controlar el origen de los aprovisionamientos de equipos, partes y componentes, toda vez que la promoción de proyectos de energías renovables incluía incentivos fiscales asociados a determinados niveles de integración local<sup>65</sup>. Las empresas potencialmente beneficiarias debían someter a la certificación del INTI los planos de sus productos y demostrar el grado de integración nacional en cada parte; como resultado, pudo armarse un registro con una declaración “parte sobre parte” y determinar el nivel de integración de cada uno de los productos presentados. De este modo, la base de datos sobre partes y componentes fabricados en el país alcanzó un nivel de precisión comparativamente alto para programas de este tipo.

No existe un esquema similar para el sector de electromovilidad, pero el proyecto de Ley de Promoción de la Electromovilidad genera un marco propicio para construirlo. Como parte de la reglamentación e implementación de la ley, además de establecer una trayectoria de integración

<sup>65</sup> El REPROER fue constituido por la [Resolución 59/2018 del INTI](#). Los incentivos fiscales para los cuales el REPROER actúa como evaluador son aquellos establecidos por la [Ley 27.191 —Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica—](#) y sus resoluciones correspondientes.

local, sería deseable elaborar un registro que describa y visualice las cadenas y eslabones propios de los distintos vehículos y componentes: con esta base, se podría avanzar en la determinación de las vacancias y oportunidades para el desarrollo de proveedores. Por supuesto, es necesario que el organismo encargado de administrar el registro cuente con los fondos necesarios para su correcto funcionamiento; siguiendo el ejemplo del REPROER, la elaboración de un convenio entre el órgano técnico rector del registro y un ministerio del Poder Ejecutivo que financie la actividad condicionando las transferencias a alguna variable mensurable podría ser una opción promisorio, que además permitiría evaluar el costo del programa en relación con el objetivo de política.

• **Formación de recursos humanos**

El avance de la nueva tecnología asociada al desarrollo y producción de vehículos eléctricos impactará sobre las habilidades y los perfiles técnicos y profesionales requeridos en las industrias asociadas al nuevo paradigma, principalmente la automotriz y los servicios de transporte, de energía e infraestructura de carga y de mantenimiento del vehículo.

Es necesario elaborar un plan de formación técnico-universitario de mediano y largo plazo que permita desarrollar los nuevos perfiles y readecuar los recursos humanos existentes a las nuevas necesidades de la industria.

La transformación hacia la movilidad eléctrica implica cambios importantes en las calificaciones y competencias laborales requeridas. Una adaptación exitosa exigirá un gran esfuerzo de preidentificación de necesidades, coordinación público-privada y readecuación de las diferentes entidades de formación y capacitación y sus programas, especialmente en el ámbito de las escuelas técnicas, las ingenierías y las tecnologías de información (Dulcich, 2019; SENCE, 2020; AEDIVE, 2022).

Este escenario subraya la preocupación existente en el país por el déficit de técnicos especializados y recursos humanos altamente calificados relacionados a las ingenierías y a las ciencias duras en general. De esta manera, se hace necesario elaborar un plan de formación técnico-universitario de mediano y largo plazo que permita desarrollar los nuevos perfiles y readecuar los recursos humanos existentes a las nuevas necesidades de la industria. La experiencia reciente en algunos de los países más activos (EE.UU y la UE) da pautas sobre los requerimientos de formación asociados a cada actividad específica (Electromov, 2019; RRHHDigital, 2019; SENCE, 2020; AEDIVE, 2022; HyE, 2022).

**Perfiles de formación para el sector de electromovilidad**

Actividad	Perfiles de formación
Desarrollo de tecnología automotriz	Ingenieros, desarrolladores de software y diseñadores industriales con habilidades vinculadas a las tecnologías de información (software y hardware), análisis de datos, diseño industrial y marketing.
Manufactura de vehículos	Perfiles técnicos en informática, electrónica y electromecánica, ensambladores y operarios de máquinas con habilidades en tecnologías de la información y electromecánica, habilidades operativas y de administración del proceso productivo.
Desarrollo de baterías	Ingenieros químicos, físicos, científicos expertos en investigación de materiales (principalmente, en nuevos materiales para optimizar, peso, duración y seguridad).

Tabla 8

<b>Desarrollo y operación de la infraestructura de carga</b>	Planificadores urbanos, instaladores/reparadores, electricistas y técnicos certificados; se requieren conocimientos en equipos de carga eléctrica y sistemas de gestión de energía; capacidad de inspección, diagnóstico y puesta en marcha de equipos de carga, manejo de sistemas de prueba y detección de fallas.
<b>Mantenimiento de vehículos</b>	Perfiles técnicos, mecánicos y electromecánicos con conocimientos de electricidad y electrónica, manejo de riesgos por la manipulación de altos voltajes en los vehículos y manipulación de motores eléctricos y baterías de litio o de otros químicos. Estos perfiles especializados también son requeridos para implementar el <i>retrofit</i> de diferentes tipos de vehículos

Fuente: elaboración propia con base en SENCE (2020) y AEDIVE (2022).

## Fortalecimiento de la infraestructura de calidad

La disponibilidad de infraestructura para la realización de ensayos y pruebas para los vehículos de movilidad eléctrica y sus partes cumple un rol relevante en las posibilidades de desarrollo de la electromovilidad en el país.

La incorporación de mayores estándares de seguridad o cuidado ambiental depende no solo de la capacidad de las empresas de dar cumplimiento, sino también de la existencia de una oferta local de servicios de ensayos requeridos para su homologación (Maskus, Wilson y Otsuk, 2000). La vacancia de infraestructura local de ensayos genera una situación de desventaja en los productores nacionales frente a los productos importados con certificaciones u homologaciones realizadas en origen, por el costo adicional que implica la obligación de realizar los ensayos en el exterior. En parte, esta ausencia es responsable del habitual desfase entre la normativa internacional estándar y la regida por la regulación nacional, lo que puede dificultar la exportación de vehículos argentinos al no cumplir con requisitos de seguridad equivalentes (Chen et al. 2006; Schmidt y Steingress, 2019).

Además de este rol de certificación, los laboratorios de ensayo también proveen servicios de soporte a las actividades de I+D de los productores locales. Las empresas, particularmente las pymes, no siempre cuentan con capacidades propias para realizar los testeos y pruebas de eficiencia requeridas para el desarrollo de sus prototipos<sup>66</sup>. La disponibilidad de oferta local de este tipo de servicios supone para la empresa no solo la posibilidad de menores costos directos, sino también una interacción más rica en el proceso de preproducción, con un impacto positivo sobre el posterior desempeño y funcionamiento de sus productos.

Es habitual que el sector privado no realice por cuenta propia las inversiones requeridas para internacionalizar estas actividades, por el alto costo de los equipos y la incertidumbre asociada a la nueva actividad o a mercados aún reducidos, tal como el de la electromovilidad. El sector público puede asumir un rol activo en la articulación y coordinación de las capacidades existentes y en la generación de este tipo de bienes públicos, haciendo foco en la oferta de ensayos esenciales para el desarrollo del sector (González, A. et al., 2021).

El sector científico tecnológico y algunos laboratorios en Argentina vienen trabajando sobre temas de electromovilidad, si bien de forma independiente y dispersa. Articular esta red de actores constituye un esfuerzo simple que fortalecería la capacidad del sector público para generar y acercar herramientas de apoyo técnico y financiero, y facilitaría la vinculación del sistema de ciencia y tecnología con aquellas empresas que buscan soluciones tecnológicas. Por su parte, la eventual ampliación de la capacidad de oferta pública de estos servicios especializados requiere de un análisis de costo-beneficio riguroso. En cualquier caso, la necesidad existe. Por ejemplo, del debate en las mesas

<sup>66</sup> Ver Rubio, Dias Lourenco, Pezzarini y Bril Mascarenhas (2022) sobre el caso de la empresa autopartista Grupo Basso y sus intentos de escalamiento intersectorial hacia el sector de electromovilidad y de desarrollo del *pack* de baterías.

de trabajo y de las entrevistas previas surge que sería particularmente relevante contar con un organismo local que provea un servicio de pruebas para las empresas que buscan desarrollar *packs* de baterías de litio; la infraestructura de ensayos requerida es más compleja a medida que aumenta el tamaño del *pack*, lo que es particularmente sensible para el caso de los buses eléctricos.

## Instrumentos de política para el escalamiento industrial en el sector de la electromovilidad

Eje	Tipo de instrumentos	Recomendaciones
<b>Impulso a la demanda</b>	Compras públicas para la innovación	Promover la coordinación para generar escalas rentables y eficientes y promover trayectorias de escalamiento tecnológico de las empresas. Promover la transparencia y definición de criterios comunes para las distintas jurisdicciones.
	Regulaciones	Adoptar mayores estándares ambientales en la LCA. Particularmente para los vehículos del segmento L (micromovilidad). Definir estándar y proceso de evaluación de la conformidad para el proceso del retrofit.
<b>Desarrollo de la cadena</b>	Política arancelaria inteligente	Garantizar acceso a insumos intermedios de calidad. Definir un esquema arancelario diferencial entre bienes finales e intermedios (por ejemplo, <i>packs</i> y celdas).
	Desarrollo de proveedores	Coordinar los distintos programas de desarrollo de proveedores con una direccionalidad estratégica para el sector. Elaborar un registro que describa y visualice las cadenas y eslabones propios de los distintos vehículos y componentes (modelo REPROER).
	Formación de recursos humanos	Desarrollar un plan de formación técnico-universitario de mediano y largo plazo que permita generar nuevos perfiles para la industria (tecnología automotriz, baterías, infraestructura de carga, mantenimiento de vehículos, etc)
<b>Fortalecimiento de la infraestructura de calidad</b>		Conformar una red nacional de laboratorios que realicen ensayos e I+D para el sector. Ampliar la oferta de servicios de ensayos, particularmente en relación con los <i>packs</i> de baterías.

Tabla 9

Fuente: elaboración propia.

## Gestión política de la transición y fortalecimiento de la gobernanza sectorial

La transición hacia la electromovilidad implica también importantes desafíos de gestión de los conflictos distributivos entre distintos actores afectados por la alteración de sus posicionamientos respectivos. Como se ha dicho más arriba, el cambio radical en las tecnologías de producción de los vehículos abre oportunidades, a la vez que genera amenazas de desplazamiento y necesidad de adaptaciones. Algunas de estas inquietudes fueron tratadas o, al menos, aludidas en las mesas de trabajo y las entrevistas.

Hay cuestiones que involucran a diferentes actores de la industria. Por ejemplo, algunas cámaras empresariales vinculadas a la movilidad convencional tienen reticencias a la hora de apoyar la adecuación de las normativas de movilidad a los más elevados estándares internacionales en materia ambiental



y de seguridad. También hay sectores dentro del autopartismo tradicional que perciben amenazas para la producción y exportación de sus productos, como para su propia supervivencia, y vislumbran costos sociales y económicos en sus ámbitos de localización. Asimismo, las grandes terminales automotrices instaladas en Argentina tienen, en general, la postura de “esperar y ver” la evolución del sector en la región y privilegian demandas de políticas que faciliten la importación de este tipo de vehículos<sup>67</sup>.

En cuanto al sector de energía, la transición plantea desafíos para las empresas distribuidoras de energía eléctrica para incorporar las inversiones requeridas por la nueva fuente de demanda y para afrontar la comercialización de los servicios de carga<sup>68</sup>. A su vez, se destacó en las mesas de trabajo que, si bien sería conveniente avanzar mediante la realización de convenios con las distribuidoras eléctricas del interior del país, la fragmentación del segmento de la distribución presenta problemas para unificar el marco regulatorio de la provisión del servicio, tanto en relación con los atributos técnicos de los cargadores, a la creación de un sistema único de pago unificado, como al establecimiento de un cuadro tarifario diferenciado para la carga en los vehículos (Baruj et al., 2021).

**Existe una tensión entre la velocidad de la transición a la movilidad sustentable y los riesgos para la industria local tradicional, que se profundizan en la medida en que las nuevas tecnologías se vuelven más competitivas: de allí la necesidad de identificar etapas para una trayectoria posible.**

Más en general, es evidente que existe una tensión entre la velocidad de la transición a la movilidad sustentable y los riesgos para la industria local tradicional, que se profundizan en la medida en que las nuevas tecnologías se vuelven crecientemente más competitivas y que pueden alimentar mayores controversias políticas alrededor de la estrategia (Breetz, Mildenberg y Stokes, 2018). Las acciones que se implementen desde el ámbito público para promover el nuevo sector y aprovechar las ventajas de oportunidad requieren, además de un tiempo de maduración, ser ejecutadas de manera progresiva y secuencial para facilitar nuevos ingresantes, fortalecer las capacidades locales y construir coaliciones de apoyo robustas para las políticas orientadas a expandir las tecnologías bajas en carbono en el sector de movilidad. Las empresas eléctricas y empresas distribuidoras de electricidad, fabricantes de vehículos y componentes, de servicios de apoyo al uso de los vehículos y de software deben ser parte de esta alianza público-privada.

Estas consideraciones llevan a identificar distintas etapas en una trayectoria posible para la electromovilidad. En la fase inicial, cuando el costo de la nueva tecnología es todavía significativamente alto, las políticas deberían orientarse por dos ejes. Primero, la definición de una estrategia sectorial de largo plazo que identifique nichos de mercado prioritarios (componentes, tipos de vehículos y modelos de negocio) para focalizar los instrumentos de política. Segundo, generar capacidades locales, concentrando en estos nichos el financiamiento a la I+D, los subsidios a la producción y al consumo y las compras públicas para la innovación, favoreciendo la tecnificación/profesionalización de pymes con recorrido previo e impulsando el surgimiento de *startups*.

En una segunda etapa, las políticas deberían: i) adoptar metas de desempeño más exigentes para las tecnologías a combustión a través de regulaciones ambientales; ii) establecer estándares regulatorios

<sup>67</sup> A nivel global, las automotrices tradicionales están tomando distintas decisiones sobre qué tecnologías apoyar, lo cual influirá sobre el portfolio de tecnologías que surjan como dominantes (Bose Styczynski y Hughes, 2019). Por ejemplo, en el caso de Toyota Argentina, la filial de la empresa japonesa ha optado por tecnologías de vehículos híbridos no enchufables para el segmento de pickups y en paralelo ha desarrollado unidades de negocio de producción local de bicicletas y monopatines eléctricos. Extraído de [“Toyota anticipa la Hilux híbrida con monopatines y bicicletas eléctricas hechas en la Argentina”](#), *El Cronista*, 3 de abril de 2022.

<sup>68</sup> En 2017 la empresa Edesur (distribuidora de energía en la zona sur de capital y gran Buenos Aires) realizó un reclamo ante el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) haciendo valer su exclusividad en la distribución y comercialización de energía eléctrica según el contrato de concesión del servicio. No obstante, el ENRE desestimó el reclamo, alegando que la venta de electricidad para vehículos eléctricos sería encuadrada como negocio no regulado, permitiendo la competencia en el sector (Dulcich, Otero y Canzian, 2018).



para la nueva tecnología respecto a los vehículos y la infraestructura de carga, y iii) apoyar el desarrollo y fortalecimiento de instituciones y mecanismos que faciliten la reconversión de empresas autopartistas y trabajadores, tal como subsidios para el reequipamiento, la capacitación y la reinserción laboral, y un programa de desarrollo de proveedores.

Finalmente, en una tercera etapa, debería incrementarse gradualmente el costo de las tecnologías basadas en combustión a través de un sistema de precios al carbono, cuyo rendimiento contribuiría a financiar los fondos aplicados a la expansión de las nuevas tecnologías.

**Etapas de las políticas para la transición a la electromovilidad**

Tabla 10

1	2	3
Definir una estrategia sectorial de largo plazo que identifique nichos prioritarios.  Focalizar instrumentos de política (I+D, subsidios al consumo y producción, compras públicas) en estos nichos.	Endurecer metas de desempeño para tecnologías a combustión.  Estándares regulatorios para las nuevas tecnologías.  Fortalecer instituciones para la reconversión de empresas y trabajadores.	Incrementar el costo de tecnologías a combustión (sistemas de precios al carbono).

Es importante considerar que para acompañar las distintas etapas de la transición se requieren administrar horizontes intertemporales y fortalecer las capacidades de coordinación de los instrumentos de política. Por un lado, es fundamental el diseño y la implementación de políticas, interactivas y complementarias, que aseguren que el sector disponga a lo largo del tiempo de los instrumentos e incentivos necesarios para su desarrollo (Andreoni, 2016). Por otro lado, es clave pensar de forma integral las políticas productivas, y no solo como una respuesta a fallas de mercado puntuales o problemas a nivel micro de las firmas en su inserción en CGV. De esta manera, el desafío es pensar herramientas para fortalecer las complementariedades y encadenamientos productivos a nivel macro, de modo tal que la transición a la electromovilidad sirva como oportunidad para la transformación y el fortalecimiento del sistema de producción local (Porta, 2015; Andreoni, 2019).

Para lograr estos objetivos, se necesita un entramado institucional a nivel sectorial lo suficientemente robusto como para aportar a la construcción de políticas sectoriales con mirada estratégica y metas de largo plazo. También deberá contar con un alto nivel de articulación, para que en la implementación de las políticas se cuente con la capacidad para resolver los múltiples problemas de coordinación que surgirán al momento de impulsar el escalamiento industrial de las firmas.

Una institución sectorial de carácter público privado podría ser el enclave necesario para alcanzar otros objetivos. Esta institución deberá abordar los desafíos que enfrentan las empresas ante los crecientes cambios tecnológicos de la industria automotriz a nivel global. Para ello, deberá contar con las capacidades de sustentar y dar seguimiento a las regulaciones y objetivos vinculados al desarrollo del sector de la electromovilidad. A su vez, el diseño de esta institución deberá generar altas capacidades técnicas, no ser rehén de intereses particulares, ni limitarse a espacios de diálogo y elaboración de planes que se refundan con cada cambio de gobierno.

Argentina tiene una oportunidad para insertarse en una cadena global de valor, todavía en proceso de conformación y organización, asociada a las nuevas tecnologías de la movilidad sustentable. La forma como se diseñe y se administre esta institución será determinante para que sea el corazón de una estrategia integral para una transición a la electromovilidad en el país con una mayor participación en el mapa productivo global. De otro modo, se corre el riesgo de crear un nuevo actor dentro del ya desarticulado y débil entramado institucional vinculado al sector. Y de que Argentina pierda la ocasión de aprovechar las oportunidades que se abren con esta transición.

# Anexo


## Listado de entrevistas

- Daniel Parodi. Ingeniero civil. CEO y fundador de VOLT Motors - 15/09/2021.
- Pablo Naya. Técnico Mecánico y CEO de Sero Electric - 23/09/2021.
- Cristian De Ángelo. Grupo de Electrónica Aplicada. Universidad Nacional de Río Cuarto - 28/09/2021.
- Héctor Chiacchiarini. Instituto de Investigación en Ingeniería Eléctrica. Universidad Nacional del Sur - 04/10/2021.
- Alejandro y Raúl Cometto. Sol-AR- 07/10/2021.
- Guillermo Freund. Presidente de Probattery y Presidente de la Comisión de electrónica de la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL) - 05/10/2021.
- Diego Marino. Departamento de Movilidad del INTI. Subgerencia de Energía y Movilidad, de la Gerencia de Innovación y Desarrollo - 07/10/2021 y 28/07/2022.
- Javier Siman. Presidente de Desarrollos Tecnológicos Argentinos. DTA SA (Córdoba). - 13/10/2021
- Ignacio Armendáriz. Gerente Comercial AGRAL Argentina SA - 03/12/2021.
- Andrés Devoto y Alan Segovia Roitman. Proyecto Electromovilidad YPF - 26/07/2022.

## Listado de participantes de la mesa de trabajo sobre baterías

- Mariana Basso. Ingeniera. Directora del Grupo Basso y líder proyecto E-Motion22.
- Leandro Basso. Licenciado en Negocios. Director del Grupo Basso y Director Ejecutivo E-Motion22.
- Héctor Chiacchiarini. Ingeniero y Doctor en control de sistemas. Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras. Universidad Nacional del Sur - CONICET.
- Pablo Mandolesi. Doctor en Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras. Universidad Nacional del Sur - CONICET.
- Luis Alberto Corapi. Ingeniero. Fundador y propietario de CORADIR.
- Guillermo Freund. MBA. Socio fundador y Director, Probattery.
- Ricardo Teijeiro. Ingeniero. Desarrollo de Productos, Probattery.
- Gonzalo Montiel. Ingeniero y Doctor en ciencias aplicadas y de la ingeniería. Jefe del Departamento de Almacenamiento de la Energía. Laboratorio de Pilas y Baterías, Subgerencia Operativa de Energía y Movilidad del INTI.
- Juan Pablo Zagorodny. Doctor en Física. Consultor internacional en movilidad eléctrica.

## Listado de participantes de la mesa de trabajo sobre micromovilidad

- Rodrigo Alcoberro. Ingeniero Electrónico. Líder de la empresa AR Motors.
- Maximiliano Carella. Técnico eléctrico. Presidente de TRIMOVE.
- Luis Alberto Corapi. Ingeniero Electrónico. Fundador de CORADIR.
- Cristian DeAngelo. Ingeniero electricista y Doctor en Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto e investigador del CONICET.
- Omar García. Vicepresidente de Lucky Lion S.A.
- Diego Marino. Ingeniero Mecánico. Jefe del Departamento de Desarrollo para la Industria de la Movilidad en el INTI.
- Pablo Naya. Técnico Mecánico y CEO de Sero Electric.
- Daniel Parodi. Ingeniero civil. CEO y fundador de VOLT Motors.
- Luis Silva. Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Vicedirector del Centro de Investigación y Transferencia Rafaela, Universidad Nacional de Rafaela y CONICET.
- Leonardo Valente. Economista y MBA. Co-fundador de Innobattery y Live Panel.

## Listado de participantes de la mesa de trabajo sobre buses

- Dario Diadamo. Técnico mecánico. Gerente y fundador de Solutia.
- Sergio Nossovitch. Ingeniero Mecánico. Dueño de Nosso S.A.
- Daniel Parodi. Ingeniero civil. CEO y fundador de VOLT Motors.
- Alejandro Patanella. Ingeniero Aeronáutico y Doctor en Ingeniería. Universidad Nacional de la Plata.
- Daniela Raso. Rectificadores Fueguinos S.A.
- Roberto Stazzoni. Ingeniero Electricista y Máster en Gestión de la Energía. Especialista en marketing de productos de electromovilidad en ABB.
- Diego Marino. Ingeniero Mecánico. Jefe del Departamento de Desarrollo para la Industria de la Movilidad en el INTI.
- Ignacio Capurro. Ingeniero Mecánico. Manager de Desarrollo Comercial Internacional en Wallbox Chargers.

# Bibliografía

- 
- 
-

- AEDIVE (2022). *Transición hacia el vehículo eléctrico. Observatorio del empleo: Estudio y análisis de la evolución del empleo en el ecosistema industrial de la movilidad eléctrica en España*. Informe elaborado por el Boston Consulting Group (BCG). Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/1JHXvrCHZC4HHrlyxYmWJpHPnYQw-SmYW/view>
- Aggio, C., Milesi, D., Verre, V. y Lengyel, M. (2020). *Análisis del policy mix de fomento a la innovación en la Argentina: la importancia de las políticas sectoriales complementarias*. Documento de Trabajo N° 21. Buenos Aires: CIECTI.
- Altenburg, T., Schamp, E.W. y Chaudhary, A. (2016). The emergence of electromobility: comparing technological pathways in France, Germany, China and India. *Science and Public Policy* 43(4): 464-475.
- ANDEMOS (2022). *Anuario 2021 del sector automotor*. Asociación Nacional de Movilidad Sustentable. Bogotá. Recuperado de: <https://andemos.org/wp-content/uploads/2022/04/Anuario-sector-automotor-colombiano-ANDEMOS.pdf>
- Andreoni, A. (2016). Varieties of industrial policy: models, packages and transformation cycles. En Noman, A. y Stiglitz, J. (eds.) *Efficiency, Finance and Varieties of Industrial Policy*. New York: Columbia University Press. Pp. 245-305.
- Andreoni, A. (2019). A generalized linkage approach to local production systems development in the era of global value chains. En Kanbur, R., Noman, A. y Stiglitz, J. (eds.) *The Quality of Growth in Africa*. New York: Columbia University Press. Pp. 264-294.
- Andreoni, A. y Chang, H.J. (2019). The political economy of industrial policy: structural interdependencies, policy alignment and conflict management. *Structural Change and Economic Dynamics* 48: 136-150.
- Arza, V. y Vázquez, C. (2010). "Interactions between Public Research Organisations and Industry in Argentina". *Science and Public Policy* 37(7): 499-511.
- Arza, V. y López, A. (2011). "Firms' linkages with public research organizations in Argentina: drivers, perceptions and behaviors from a firm perspective". *Technovation* 38 (8): 384-400.
- Arza, V. y Carattoli, M. (2017). "Personal ties in university-industry linkages: a case study from Argentina". *The Journal of Technology Transfer* 42: 814-840.
- Baruj, G., Dulcich, F., Porta, F. y Ubogui, M. (2021). "La transición hacia la electromovilidad: panorama general y perspectivas para la industria argentina". *Documentos de Trabajo del CCE N°5*. Buenos Aires: Consejo para el Cambio Estructural del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Bloomberg NEF (2022). *Electric Vehicle Outlook 2022*. Recuperado de: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- Bose Styczynska, A. y Hughes, L. (2019). Public policy strategies for next-generation vehicle technologies: an overview of leading markets. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 31: 262-272.
- Breetz, H., Mildenberger, M. y Stokes, L. (2018). The political logics of clean energy transitions. *Business & Politics* 20(4): 492-522.
- Bril Mascarenhas, T., V. Gutman, M.B. Días Lourenco, L. Pez-zarini, G. Palazzo, M.V. Anauati (2021). *Políticas de Desarrollo Productivo Verde para la Argentina*. Buenos Aires: Fundar.
- Britto, F. y Lugones, G. (2020). *Bases y determinantes para una colaboración exitosa entre ciencia y producción*. Buenos Aires: CIECTI.
- Calel, R. y Dechezleprêtre, A. (2016). Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market". *Review of Economics and Statistics* 98(1): 173-191.
- Chang, H.J. y Andreoni, A. (2020). Industrial Policy in the 21<sup>st</sup> Century. *Development and Change* 0(0): 1-28.
- Chen, M.X., Otsuki, T., y Wilson, J.S. (2006). *Do standards matter for export success?* (Vol. 3809). World Bank Publications.
- Comotto, S. (2019). *Compras públicas para la innovación: propuestas de políticas para la Argentina*, IT 12, CIECTI.
- Dulcich, F. (2022). *La cadena automotriz en Argentina. Trayectoria reciente y perspectivas en un contexto global de reconfiguración tecnológica y geográfica*. Documento N° 32, Argentina Productiva 2030. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Dulcich, F., Otero, D. y Canzian, A. (2019). Evolución reciente y situación actual de la producción y difusión de vehículos eléctricos a nivel global y en Latinoamérica. *Asian Journal of Latin American Studies* 32(4): 21-51.
- Dulcich, F. (2019). La transición a la electromovilidad: ¿una oportunidad para el desarrollo de la cadena automotriz en la Argentina?. *2° Congreso sobre Medios de Transporte y Tecnologías Aplicadas*. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de General Pacheco, 11-13 de septiembre de 2019.
- Dulcich, F., Otero, D. y Canzian, A. (2018). Evolución histórica, situación actual y perspectivas de la cadena automotriz a nivel global y regional: ¿son los vehículos eléctricos una oportunidad para la Argentina? *Documento de Trabajo del CIDIV N° 01/2018*. Facultad Regional General Pacheco, UTN.
- Edler, J y Georghiou, L. (2007). Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side. *Research Policy*, 36(7): 949-963.
- Edquist, C., y Hommen, L. (1998). *Government technology procurement and innovation theory*. Paper for the project "Innovation Systems and European Integration" (ISE). Linköping.
- Edquist, C., y Zabala-Iturriagagoitia, J.M. (2012). Public Procurement for Innovation as mission-oriented innovation policy. *Research Policy*, 41(10): 1757-1769.
- Electromov (18 de febrero de 2019). *La formación de estudiantes tiene una fuerte carga de asignaturas de electricidad y electrónica*. Entrevista a Juan Barichevich de INACAP. Recuperado de: <https://www.electromov.cl/2019/02/18/juan-barichevich-inacap-la-formacion-de-estudiantes-tiene-una-fuerte-carga-de-asignaturas-de-electricidad-y-electronica/>
- Freytes, C., M. Obaya y V. Delbuono (2022). Federalismo y desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en torno al litio. Buenos Aires: Fundar

- García, J. y Lavarello, P. (2022). *Trayectoria y reposicionamientos de la industria electrónica en Tierra del Fuego: oportunidades de ascenso industrial frente a las transformaciones en las cadenas globales de valor*. H-industri@30: 79-100
- González, A., J.C. Hallak, et al. (2021). Requisitos técnicos, integración regional y respuestas empresariales: los casos de arándanos y maquinaria agrícola en Argentina. Serie Documentos de Trabajo del IIEP, 59, 1-115.
- Green, E., Skerlos, S. y Winebrake, J. (2014). Increasing electric vehicle policy efficiency and effectiveness by reducing mainstream market bias. *Energy Policy* 65: 562-566.
- Gregersen, B. (1992). The Public Sector as a Pacer in National System of Innovation. En Lundvall, B.A. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*, (pp.145-163). Pinter Publishers, London.
- Hannon, E., Heid, B., Huber, A. y Klink, C. (2020). "Rethinking last-mile logistics, post-COVID-19: Facing the 'next normal'". Recuperado de: <https://www.automotiveworld.com/%20articles/rethinking-last-mile-logistics-post-covid-19-facing-the-next-normal/>
- Híbridos y Eléctricos HyE (24 de enero de 2022). "La formación cualificada será clave para la transición hacia el coche eléctrico". Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/formacion-cualificada-sera-clave-transicion-coche-electrico/20220124162850053714.html>
- Huth, C., Wittek, K. y Spengler, T.S. (2013). OEM strategies for vertical integration in the Battery Value Chain. *International Journal of Automotive Technology and Management* 13(1): 75-92.
- IEA (2022). *Policy Brief on Public Charging Infrastructure. Promoting successful roll-out strategies and business models*.
- IEA (2022). *Global EV Outlook 2022. Securing supplies for an electric future*. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- Lavarello, P., Minervini, M., Robert, V., y Vázquez, D. (2020). *Las políticas orientadas por misiones: el debate en los países centrales y su aplicación en el contexto de países en desarrollo. Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje*, 511-544.
- Li, W., Yang, M. y Sandu, S. (2018). Electric vehicles in China: a review of current policies. *Energy & Environment* 29(8): 1512-1524.
- López, A., Obaya, M. y Pascuini, P. (18 de diciembre de 2018). Las oportunidades del litio: más allá de las baterías", *Alquimias Económicas*. Recuperado de: <https://alquimiaseconomicas.com/2018/12/18/las-oportunidades-del-litio-mas-alla-de-la-bateria/>
- López, A. y Ramos, A. (2018). *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina. Evolución, competitividad y políticas públicas*. Buenos Aires: CECE.
- Lundvall, B.Å., y Borrás, S. (2005). Science, technology, and innovation policy. In Fagerberg, Mowery & Nelson. *Oxford handbook of innovation* (pp. 599-631). Oxford University Press.
- Marchini, T. (ed.) (2022). *Clima. El desafío de diseño más grande de todos los tiempos*. Buenos Aires: El Gato y La Caja.
- Maskus, Keith E.; Wilson, John S.; Otsuki, Tsunehiro. (2000). *Quantifying the Impact of Technical Barriers to Trade: A Framework for Analysis. Policy Research Working Paper*, N°. 2512. World Bank, Washington, DC. World Bank.
- Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State*. Demos.
- McKinsey (2021). Building better batteries: Insights on chemistry and design from China. *Automotive & Assembly Insights*.
- Meckling, J., Sterner, T. y Wagner, G. (2017). Policy sequencing toward decarbonization. *Nature Energy*.
- Meckling, J. y Nahm, J. (2019). The politics of technology bans: industrial policy competition and green goals for the auto industry. *Energy Policy* 126: 470-479.
- Minervini, M. (2015). El rol del sector público como usuario avanzado en el desarrollo tecnológico: el caso de las PyMES en Argentina. MDE-UNSAM.
- Moncaut, N. y Robert, V. (2022). *Develando la importancia de la demanda y las misiones en la vinculación efectiva universidad-empresa. Casos de estudio con participación de la UNSAM en el contexto de la pandemia COVID-19*. DT N° 1-2022, E-IDAES.
- Moncaut, N., M. Baum y V. Robert (2021). ¿Qué industria de software promovemos y cuál necesitamos? *Realidad Económica* N°340: 77-102
- Mock, P. y Yang, Z. (2014). *Driving electrification. A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles*. Washington: The International Council on Clean Transportation.
- Nykvist, B., Sprei, F. y Nilsson, M. (2019). Assessing the progress toward lower priced long range battery electric vehicles. *Energy Policy* 124: 144-155.
- Ou S, Lin, Z., Wu, Z., Zheng, J., Lyu, R., Przesmitzki, S. y He, X. (2017). *A study of China's explosive growth in the plug-in electric vehicle market*. Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy. <https://info.ornl.gov/sites/publications/files/Pub72210.pdf>
- PNUMA (2021). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe, Panamá.
- Porta, F. (2015). Trayectorias de cambio estructural y enfoques de política industrial: una propuesta a partir del caso argentino. En A. Bárcena y Prado, A. (eds.) *Neoestructuralismo y corrientes heterodoxas en América Latina y el Caribe a inicios del siglo XXI*. Santiago: CEPAL.



- RRHHDigital (16 de septiembre de 2019). El impulso de los vehículos eléctricos al mercado laboral. Recuperado de <http://www.rrhhdigital.com/secciones/mercado-laboral/138262/El-impulso-de-los-vehiculos-electricos-al-mercado-laboral?target=self>
- Rodrik, D. (2009). Industrial policy: don't ask why, ask how. *Middle East development journal*, 1(1), 1-29.
- Rubio, J., Dias Lourenco, M.B., Pezzarini, L. y Bril Mascarenhas, T. (2021). *Llegar antes que el cambio. Grupo Baso/e-Motion 22: una empresa autopartista que busca dar el salto hacia la electromovilidad*. Buenos Aires: Fundar.
- Ruttan, V.W. (2005). *Military procurement and technology development*. Department of Applied Economics, College of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, University of Minnesota.
- Schmidt, J. y Steingress, W. (2019). *No Double Standards: Quantifying the Impact of Standard Harmonization on Trade*. Banque de France Working Paper No. 729.
- SENCE (2020). Electromovilidad en Chile: Escenarios de implementación y desarrollo de capital humano. Observatorio Laboral SENCE y el Ministerio de Energía de Chile. Recuperado de: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/Estudio%20Electromovilidad%20Capital%20Humano.pdf>
- Stokes, L.C. y Breetz, H.L. (2018). Politics in the US energy transition: policies to promote solar, wind, biofuels and electric vehicles. *Energy Policy* 113: 76-86.
- Thiel, C., Tsakalidis, A. y Jäger-Waldau, A. (2020). Will electric vehicles be killed (again) or are they the next mobility killer app?. *Energies* 13(7), 1828.
- Tsakalidis, A., Krause, J., Julea, A., Peduzzi, E., Pisoni, E. y Thiel, C. (2020). Electric light commercial vehicles: are they the sleeping giant of electromobility?. *Transport and Environment* 86:
- Tullock, G., Brady, G.L., y Seldon, A. (2002). *Government failure: a primer in public choice*. Cato Institute.
- UCDavis, (2018). Driving the market for plug-in vehicles: developing charging infrastructure for consumers. *Policy Guide, Plug-in Hybrid & Electric Vehicle Research Center*. Recuperado de: <https://phev.ucdavis.edu/wp-content/uploads/developing-charging-infrastructure-for-consumers.pdf>
- Urdaniz, P., Tochi, F. y Guillén, M. (2019). Industria autopartista frente al reto del vehículo eléctrico. *Segundo Congreso sobre Medios de Transporte y sus Tecnologías Asociadas*. UTN-Facultad Regional Pacheco.
- Vázquez, D. (2018). *La política tecnológica orientada por misiones y sus spillovers: un análisis empírico de las misiones dirigidas a defensa y salud humana para 1995-2014*.
- Vázquez, D. (2020). Variety patterns in defense and health technological systems: evidence from international trade data. *Journal of Evolutionary Economics*, 30(4), 949-988.

## Acerca de las autoras y los autores

### **Gustavo Baruj**

Investigador del Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI). Graduado en Economía (Universidad de Buenos Aires) y Magíster en Economía y Desarrollo Industrial (Universidad Nacional de General Sarmiento).

### **Tomás Bril Mascarenhas**

#### **Director del Área de Desarrollo productivo de Fundar**

Doctor en Ciencia Política, Universidad de California-Berkeley, y licenciado en Ciencia Política, UBA. Se especializa en la economía política comparada del desarrollo.

### **Alejandro Gottig**

Consultor en movilidad eléctrica del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para Argentina. Ingeniero Mecánico (Universidad Tecnológica Nacional) y Magíster en Economía Social (Universidad Nacional de General Sarmiento).

### **Matías Gutman**

#### **Coordinador del Área de Desarrollo productivo de Fundar**

Licenciado en Economía por la UBA y magíster en Economía por la UdeSA. Se especializa en temas de calidad, comercio internacional y desarrollo.

### **Fernando Porta**

Coordinador Académico del Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI). Graduado en Economía Política (Universidad de Buenos Aires) con estudios de posgrado en la Universidad de Sussex.

### **Jimena Rubio**

#### **Investigadora asociada del Área de Desarrollo Productivo de Fundar.**

Licenciada en Ciencia Política (UdeSA), magíster en Ciencias Políticas y Sociales (UPF-Barcelona), doctoranda en Ciencia Política (UTDT).

### **Matías Ubogui**

Líder regional de Vehículos Eléctricos en DNV (Barcelona). Ingeniero Industrial (Universidad de Buenos Aires), Magíster en Ingeniería Gerencial (Politécnico de Milán) con estudios de posgrado en Vehículos Eléctricos (Universidad Politécnica de Catalunya).

### **Darío Vázquez**

Becario doctoral en el Centro de Estudios Económicos del Desarrollo-UNSAM. Licenciado en Economía (Universidad de Buenos Aires), Magíster en Desarrollo Económico (Universidad Nacional de San Martín) y candidato a Doctor en Ciencias Sociales (Universidad de Buenos Aires).

---

**Dirección ejecutiva:** Martín Reydó

**Revisión Institucional:** Ismael Cassini

**Coordinación editorial:** Gonzalo Fernández Rozas

**Corrección:** Luciana Garbarino

**Diseño:** Jimena Zeitune y Jaqueline Schaab

---

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia [Creative Commons 4.0 Atribución-NoComercial-Sin-Derivadas Licencia Pública Internacional \(CC-BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Queremos que nuestros trabajos lleguen a la mayor cantidad de personas en cualquier medio o formato, por eso celebramos su uso y difusión sin fines comerciales.

## Modo de citar

Baruj, G., Bril Mascarenhas, T., Gutman, M., Gottig, A., Porta, F., Rubio, J., Vázquez, D. y Ubogui, M. (2022). Electromovilidad en la Argentina: oportunidades y barreras para su desarrollo. Buenos Aires: Fundar. Disponible en <https://www.fund.ar>

Electromovilidad en la Argentina : oportunidades y barreras para su desarrollo / Gustavo Baruj ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Fundar ; Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación-CIECTI, 2022.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-48985-0-0

1. Desarrollo Económico. 2. Electrónica Automotriz. 3. Transporte Automotor. I. Baruj, Gustavo.  
CDD 338.47629229



## Sobre Fundar

Fundar es un centro de estudios y diseño de políticas públicas que promueve una agenda de desarrollo sustentable e inclusivo para la Argentina. Para enriquecer el debate público es necesario tener un debate interno: por ello lo promovemos en el proceso de elaboración de cualquiera de nuestros documentos. Confiamos en que cada trabajo que publicamos expresa algo de lo que deseamos proyectar y construir para nuestro país. Fundar no es un logo: es una firma.

---

## Sobre CIETI

El Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIETI) es una asociación civil que persigue un objetivo clave: generar y consolidar las capacidades institucionales para diseñar, implementar, monitorear y evaluar políticas en ciencia, tecnología e innovación (CTI). Funciona como una usina de propuestas para fortalecer políticas que agreguen valor a la producción de bienes y servicios y estimulen una cultura de la innovación. A su vez, busca favorecer y proteger las bases naturales del desarrollo y gestar conocimiento socialmente aplicable.

