



## Políticas de Fomento a la Electromovilidad

Antecedentes y revisión de las políticas en Francia, Alemania, China, India y Noruega y el avance en Chile

### Autores

Fabiola Cabrera Valencia

Email: [fcabrera@bcn.cl](mailto:fcabrera@bcn.cl)

Tel.: (56) 32 226 3187

Nicolás García Bernal

Email: [ngarcia@bcn.cl](mailto:ngarcia@bcn.cl)

Tel.: (562) 2270 1778

Nº SUP: 120617

### Resumen

La electromovilidad es un término general para describir el desarrollo y uso de vehículos eléctricos (VE) en calles y carreteras; su fomento a nivel mundial responde a diversas razones, siendo su eje central la necesaria respuesta al cambio climático en curso y sus temas concomitantes, tales como eficiencia energética, fomento productivo, I+D, innovación, entre otras.

A nivel mundial se ha observado un aumento sostenido, tanto en el aumento de la cantidad de VE y los puntos de recarga de acceso público, como en la participación de mercado. Sin embargo, si bien el número de vehículos ha experimentado fuertes aumentos, la participación de mercado sigue siendo modesta (6,3% o inferior al 2017) a excepción de Noruega que alcanzó una tasa del 46% al presente año.

Las políticas de fomento consultadas dan cuenta de una diversidad en objetivos y focos. Una a primera distinción importante es la diferencia entre países que tienen industria automotriz y aquellos que solo importan VE como es el caso de Noruega. En este sentido, el conjunto de los primeros desarrollan estrategias preponderantemente de competitividad productiva nacional mientras que, en el caso de Noruega, todas las medidas están enfocadas a los compradores.

Mientras que en Francia y China destaca un fuerte rol del Estado en aspectos tales como fondos para I+D, en las subvenciones a la compra, en la participación en empresas privadas, en compras públicas y alianzas con el sector privado, en Alemania la participación del Estado juega un rol de menor magnitud, enfocada principalmente a un rol coordinador, permitiendo que las dinámicas de mercado actúen en las regiones y colocando fondos principalmente en I+D. India en tanto, dado su menor nivel de desarrollo económico enfrenta una doble debilidad: un bajo poder adquisitivo de la población y un presupuesto público limitado para la intervención.

Noruega por otra parte, destaca por un paquete de medidas muy atractivas para la adquisición de un VE, ya que no solo comprende importantes montos en subsidios a la compra, sino también puntos de recarga, y algunos estacionamientos y ferries gratuitos, además de la opción de utilizar vías exclusivas del transporte público. Si bien estas medidas han sido muy exitosas en la tasa de adopción, existen fuertes críticas relacionadas con los segmentos socioeconómicos favorecidos y el desincentivo al transporte público y el ciclismo.

Por su parte, Chile ha abordado el tema a través de varias iniciativas para promover la electromovilidad como la Estrategia Nacional de Electromovilidad (2016) y la Ruta Energética 2018 – 2022, además de adherir a la iniciativa de la Agencia Internacional de Energía por los VE. En todas ellas se destaca la necesidad de avanzar en diversos ámbitos para incentivar el uso de VE.

Finalmente, se destaca una serie de elementos de política pública que deben considerarse, en relación al cambio de paradigma técnico-económico que supone la electromovilidad. Entre estos, se requeriría una fuerte participación del Estado con el objeto de minimizar las fallas de mercado, abordar las fallas de coordinación y minimizar los efectos de las externalidades y la carencia de bienes públicos.

## Introducción

En el último tiempo la electromovilidad se despliega como un gran marco donde confluyen variados temas como el cambio climático, la eficiencia energética, las energías renovables, la competitividad industrial, la investigación y desarrollo (I+D) o la innovación, conformando un marco de acción que gran parte de los gobiernos quieren adoptar.

El presente documento aborda el fomento a la electromovilidad con especial foco en los incentivos para el uso masivo en automóviles de uso particular. Para esto se presentan antecedentes generales de conceptos y contexto internacional en la primera sección, luego en la sección II, se presentan estadísticas generales, en la sección III, se detallan fundamentos para el incentivo de la electromovilidad en la sección III, luego en la sección IV se describen y analizan las políticas en Francia, Alemania, China, India y Noruega y la sección V finaliza con el avance de la electromovilidad en Chile.

### I. Antecedentes: la Electromovilidad en el contexto internacional

La electromovilidad es un término general para describir el desarrollo y uso de vehículos eléctricos principalmente en las calles y carreteras. En general existen distintos tipos de vehículos eléctricos entre los cuales se distinguen en general los siguientes:

- Vehículo 100% eléctricos: llamados también BEV (Battery Electric Vehicle), que tienen un motor eléctrico que funciona con baterías recargables
- Vehículo eléctrico con autonomía extendida: REEV por sus siglas en inglés (Range Extender Electric Vehicle), estos vehículos eléctricos tienen un pequeño motor extra, de combustión, que sirve para generar electricidad que alimente la batería cuando se ha descargado.
- Vehículos híbridos enchufables: PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) poseen dos motores, uno eléctrico alimentado por baterías y uno convencional a gasolina o diésel.
- Vehículos eléctricos híbridos: HEV (Hybrid Electric Vehicles) son alimentados tanto por combustible como por electricidad. No tiene la opción de enchufarse y la batería se recarga únicamente con la energía cinética del vehículo, que el sistema de frenos transforma en electricidad.
- Otros tipos de vehículos eléctricos: son el resto de medios de transporte alimentados total o parcialmente por la electricidad. En esta categoría se pueden encontrar motocicletas y ciclomotores eléctricos, las bicicletas de pedaleo asistido y otros tipos -donde caben por ejemplo- las patinetas eléctricas o los scooters y similares. En general estos tipos de vehículos tienen batería recargable limitada autonomía en tiempo y/o distancia.

La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) ha indicado que avanzar en la adopción masiva de medios de transportes eléctricos requiere una infraestructura de carga de vehículos adecuada, y junto a esto abordar aspectos técnicos, regulatorios y de modelos de negocios para fomentar un sistema de vehículos eléctricos confiables en un país (IEA, 2018).

La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) ha indicado que avanzar en la adopción masiva de medios de transportes eléctricos requiere una infraestructura de carga de vehículos adecuada, y el abordaje de aspectos técnicos, regulatorios y de modelos de negocios para fomentar un ecosistema de vehículos eléctricos confiables en un país (IEA, 2018).

Por tanto, la electromovilidad no sólo comprende a los vehículos eléctricos (VE), sino también a toda la industria asociada a los avances tecnológicos en baterías e infraestructura de carga de baterías.

Particularmente en esta última, están en desarrollo tecnologías de redes y carga inteligente, es decir, sistemas adaptativos en su interacción con el entorno. Bajo este marco, tanto los puntos de recarga como los vehículos interactúan y se comunican, optimizando flujos bidireccionales de energía, con algoritmos dotados de inteligencia artificial (IA), que podrán también administrar un sistema de tarificación inteligente que considerará no sólo las extracciones de carga, sino también los aportes. La llamada tecnología V2G (Vehicle to Grid Technology) (IEA, 2018).

La electromovilidad está siendo impulsada hace algunas décadas y fuertemente en el último tiempo a distintos niveles de gobernanza como las Naciones Unidas (NU) y a cuerpos intergubernamentales a nivel europeo. En el marco de la Convención del Cambio Climático de las Naciones Unidas COP21 y CMP11 (el seguimiento del Protocolo de Kyoto), la Declaración de París 2015 acordó mantener el aumento de la temperatura global bajo 2° centígrados. Una de las acciones propuestas es el desarrollo de la electromovilidad debido a que actualmente el transporte contribuye con el 23% de las emisiones globales de gases efecto invernadero (GEI). La declaración de París sobre Electromovilidad y Cambio Climático marcó el estándar internacional en esta materia, ya que en esta, se manifiesta que pese a la baja participación de la electromovilidad a nivel internacional (en torno al 1,1%), su objetivo es alcanzar una participación del 20% de todos los vehículos de transporte por carretera en 2030, equivalente a más de 100 millones de automóviles (IEA, 2017).

El Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es el cuerpo creado por las Naciones Unidas (NU) para abordar los temas científicos relacionados al cambio climático y se creó para proporcionar a los responsables de la formulación de políticas, evaluaciones científicas periódicas sobre el cambio climático, sus implicancias y posibles riesgos futuros, así como también presentar opciones de adaptación y mitigación IPCC (s/f).

Por su parte la Estrategia Alternativa de Combustibles de la Unión Europea Horizonte 2020 (H2020), se crea en el marco de la innovación y la competitividad Europea. H2020 es un programa de 7 años (2014-2020) que financia la investigación e innovación para asegurar la competitividad global de Europa y con ello generar ciencia de excelencia y liderazgo industrial que permitan generar empleos y crecimiento inclusivos y sustentables. En una de las secciones dentro de los desafíos sociales, se encuentra el transporte inteligente, verde e integrado para lo cual se han destinado €6.339 millones para el período 2014 a 2020. Así mismo, se encuentra el esquema ERA-NET y ERA-NET Plus, redes europeas de agencias públicas dedicadas a la financiación de la I+D+i, las cuales tienen una línea exclusiva de electromovilidad “Electric Mobility Europe” en 5 áreas: sistemas integrados, logística urbana y de carga, aplicaciones de movilidad inteligentes TICs, transporte público y comportamiento de los consumidores y tendencias sociales (Electric Mobility Europe s/f).

Paralelamente, las diversas iniciativas impulsadas de manera intergubernamental han sido acompañadas de estrategias desarrolladas por los fabricantes de automóviles, las que de manera independiente o en alianzas con otras entidades privadas, públicas y ciudadanas han asumido crecientes compromisos para reducir la producción y venta de autos a combustión interna, y dar paso a los vehículos eléctricos. Volkswagen, Daimler, Nissan, Volvo y otros fabricantes globales de automóviles han desarrollado agresivos planes para electrificar sus vehículos en los próximos 10 años. Más aún, la compañía automotriz del Estado Chino Changan se comprometió a terminar la venta de automóviles tradicionales a diésel y gasolina y producir solo vehículos eléctricos a partir del año 2025 (Nikkei Asian Review, 21/10/2017).

Estrategias agresivas también se observan en la participación privada en la oferta de los puntos de recarga, solo como ejemplo la empresa española “factorenergía”, ofrece soluciones integrales para el coche eléctrico y ofrece alternativas para los puntos de recarga, puesto que ellos se ofrecen para la vivienda unifamiliar, para estacionamientos, para comunidades de vecinos o flotas de empresas y también a organismos públicos que deseen ofrecer un punto de recarga en la calle en espacios públicos (Factorenergía, s/f).

Otro ejemplo interesante corresponde al grupo francés EDF (Electricité de France), que ofrece una serie de servicios asociados a la electromovilidad lo cual también incluye la participación en compañías multinacionales como lo ofrece por ejemplo en Chile. Su oferta cubre desde la generación hasta redes de transmisión recarga para VE entre otros. Su estrategia apela a su liderazgo en la industria, su I+D, soluciones que reconcilian el éxito en el crecimiento económico junto con la protección del clima (Generadoras de Chile, s/f).

De manera individual, algunos países prohibirán la venta de vehículos de combustión interna Francia para el año 2040, Alemania al 2030 y Holanda al 2025. Intención también declarada por otros fabricantes.

## II. Estadísticas Generales

A nivel mundial existen más de 3 millones de vehículos eléctricos, considerando tanto los 100% eléctricos como los híbridos. La mayor cantidad se encuentra entre China y Estados Unidos, seguidos por Japón, Noruega, Reino Unido, Holanda, Francia y Alemania. En el año 2011 se observa un salto al triplicarse el número de VE y casi duplicarse al siguiente año. Los años subsiguientes, se ha mantenido una tasa de crecimiento superior al 50% cada año. Hay muchas razones que explican este aumento y la más citada es el avance en las tecnologías de baterías de iones de litio (lithium-ion battery), que ha disminuido considerablemente su costo de fabricación, convirtiendo los VE en una opción competitiva respecto de aquellos vehículos de combustión tradicional. La evolución en el stock mundial de VE se muestra en la tabla N°1 ordenada de mayor a menor según el año 2017, año en el cual el stock de vehículos eléctricos a nivel global fue equivalente a 3 millones.

Tabla N°1: Stock (en miles) de Vehículos eléctricos y Vehículos híbridos (2015-2017)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China					0,48	1,91	6,98	16,88	32,22	105,39	312,77	648,77	1227,77
Estados Unidos	1,12	1,12	1,12	2,58	2,58	3,77	21,50	74,74	171,44	290,22	404,09	563,71	762,06
Japón					1,08	3,52	16,14	40,58	69,46	101,74	126,40	151,25	205,35
Noruega			0,01	0,26	0,40	0,79	2,63	7,15	15,67	35,44	69,17	114,05	176,31
Reino Unido	0,22	0,55	1,00	1,22	1,40	1,68	2,89	5,59	9,34	24,08	48,51	86,42	133,67
Países Bajos				0,01	0,15	0,27	1,14	6,26	28,67	43,76	87,53	112,01	119,33
Francia	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,30	3,03	9,29	18,91	31,54	54,49	84,00	118,77
Alemania	0,02	0,02	0,02	0,09	0,10	0,25	1,89	5,26	12,19	24,93	48,12	72,73	109,56
Otros	0,53	0,53	0,53	0,61	0,64	0,81	2,60	5,31	9,35	18,73	37,17	61,63	103,44
Suecia							0,18	1,11	2,66	7,32	15,91	29,33	49,67
Canadá							0,52	2,54	5,66	10,73	17,69	29,27	45,95
Corea						0,06	0,34	0,85	1,45	2,76	5,95	11,21	25,92
Australia							0,05	0,30	0,60	1,92	3,69	5,06	7,34
India				0,37	0,53	0,88	1,33	2,76	2,95	3,35	4,35	4,80	6,80
Finlandia							0,06	0,24	0,47	0,93	1,59	3,29	6,34
Nueva Zelanda						0,01	0,03	0,06	0,09	0,41	0,91	2,41	5,88
Portugal													1,78
México								0,09	0,10	0,15	0,25	0,66	0,92
Sudáfrica									0,03	0,05	0,29	0,67	0,86
Brasil										0,06	0,15	0,32	0,68
Tailandia		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,10	0,37	0,38	0,40
Chile							0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,10	0,25
Total	1,89	2,23	2,69	5,15	7,48	14,26	61,33	179,03	381,30	703,65	1239,45	1982,04	3109,05

Fuente: IEA, 2018

Recién en el lugar N° 17 aparece un país latinoamericano, el World Resources Institute (WRI) destaca que en América Latina el sector transporte emite parte importante de las emisiones totales (aproximadamente el 34%), siendo en términos relativos, mayor a lo observado en países de la OCDE (aproximadamente 28%). Esto evidencia que en los países de América Latina y el Caribe, el sector transporte es mucho más intensivo en emisiones de CO<sub>2</sub>, superando en 30% a lo registrado en EE.UU. y en 80% a los países de la OCDE (BID, 2017).

Considerando las divergencias en el tamaño de la población en los países que se destacan, se hace necesario comparar en términos relativos la tasa de adopción de los VE para lo que se muestra en la tabla N°2, la participación de mercado considerando VE 100% y también los híbridos.

De manera evidente Noruega se destaca no solo por ser el país con el mayor porcentaje de participación de los VE sobre el total, sino también porque dicha participación de 39% es muy alta en comparación con el país que le sigue inmediatamente, con un 6,3% para el caso de Suecia. De hecho, de acuerdo al último reporte de la IEA<sup>1</sup>, Noruega saltó recientemente a una participación de los VE al 46% en 2019.<sup>2</sup> El análisis más detallado sobre el caso noruego y las políticas implementadas se abordan en la sección IV.

En términos generales, salvo Noruega, la participación de los VE a nivel mundial es bastante modesta, ya que luego de Suecia, las tasas no superan el 3% para 2017.

Tabla N°2: Participación de Mercado (%) de Vehículos eléctricos y Vehículos híbridos (2005-2017)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Noruega			0,01%	0,2%	0,1%	0,3%	1,3%	3,3%	6,0%	13,7%	22,4%	29,0%	39,2%
Suecia							0,1%	0,3%	0,5%	1,4%	2,4%	3,4%	6,3%
Países Bajos					0,01%	0,02%	0,15%	1,02%	5,4%	3,9%	9,7%	6,4%	2,7%
Finlandia							0,02%	0,2%	0,2%	0,4%	0,6%	1,2%	2,6%
China					0,01%	0,01%	0,04%	0,1%	0,1%	0,4%	1,0%	1,4%	2,2%
Francia						0,01%	0,1%	0,3%	0,5%	0,7%	1,2%	1,4%	1,7%
Reino Unido	0,01%	0,01%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,1%	0,1%	0,2%	0,6%	1,1%	1,4%	1,7%
Alemania							0,1%	0,1%	0,2%	0,4%	0,7%	0,7%	1,6%
Corea						0,01%	0,02%	0,04%	0,1%	0,1%	0,3%	0,5%	1,3%
EE.UU.	0,01%			0,01%		0,01%	0,2%	0,4%	0,7%	0,8%	0,7%	1,0%	1,2%
Canadá							0,04%	0,1%	0,2%	0,3%	0,5%	0,8%	1,1%
N. Zelanda						0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,1%	0,1%	0,5%	1,1%
Japón					0,03%	0,1%	0,3%	0,5%	0,6%	0,7%	0,6%	0,5%	1,0%
Portugal						0,3%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,4%	0,7%	0,8%
Otros							0,03%	0,05%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,7%
Australia							0,01%	0,02%	0,02%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Chile										0,01%	0,02%	0,01%	0,1%
Sudáfrica									0,01%		0,1%	0,1%	0,1%
India				0,02%	0,01%	0,02%	0,02%	0,05%	0,01%	0,02%	0,04%	0,02%	0,06%
Brasil												0,01%	0,02%
Mexico								0,01%			0,01%	0,02%	0,02%
Tailandia										0,01%	0,03%		

Fuente: IEA, 2018

Por otra parte, es igualmente importante la infraestructura de carga. En la tabla N°3 se muestra el número de cargadores (rápidos y lentos) de acceso público, destacándose por lejos los 213.903 de

<sup>1</sup> Reporte que al 4 de junio de 2019 aun no ha sido publicado en su versión completa.

<sup>2</sup> Las noticias que anunciaron estas cifras estaban asociadas también al éxito del modelo 3 de Tesla en Noruega, siendo la marca más vendida (Holter, 01/04/2019).

China y seguida de EE.UU. con 45.868, Holanda con poco más de 33 mil, y Japón, Alemania, Francia y Reino Unido con un número de cargadores superior a los 13 mil. En el año 2010 la cantidad de cargadores superó las 8,8 veces respecto de 2009 y los dos años subsiguientes se observaron aumentos sobre el 100%. Actualmente el número de cargadores de acceso público total supera los 430 mil a nivel mundial.

**Tabla N°3 Infraestructura de carga: Cargadores (lentos y rápidos) de acceso público por país (2007-2017)**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China								30.000	58.758	141.254	213.903
EE.UU.	374	381	419	542	4.392	13.160	16.867	22.633	31.674	40.473	45.868
Países Bajos				400	400	2.803	5.791	11.981	18.044	26.448	33.431
Japón			312	801	1.381	1.794	11.517	22.110	24.372	28.834	
Alemania						1.518	2.447	2.846	5.328	17.509	24.289
Francia						809	1.802	1.827	10.568	15.567	15.978
Reino Unido					1.503	2.840	5.691	7.742	9.377	11.208	13.534
Noruega			2.800	3.123	3.746	4.651	5.385	5.703	7.758	9.530	
Canadá						724	1.179	2.321	3.508	4.215	5.841
Corea					62	177	292	388	790	1.566	5.612
Suecia						505	1.020	1.165	1.520	2.162	4.071
México											1.528
Portugal					1.086	1.135	1.171	1.189	1.214	1.233	1.476
Finlandia							267	383	848	858	885
Australia											476
India									25	25	222
Sudáfrica											124
Nueva Zelanda											104
Tailandia											96
Chile					3	15	17	26	30	32	51
Otros					1.306	4.145	5.980	8.237	14.301	18.887	24.298
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>381</b>	<b>419</b>	<b>4.054</b>	<b>12.676</b>	<b>32.958</b>	<b>48.969</b>	<b>107.640</b>	<b>183.798</b>	<b>313.567</b>	<b>430.151</b>

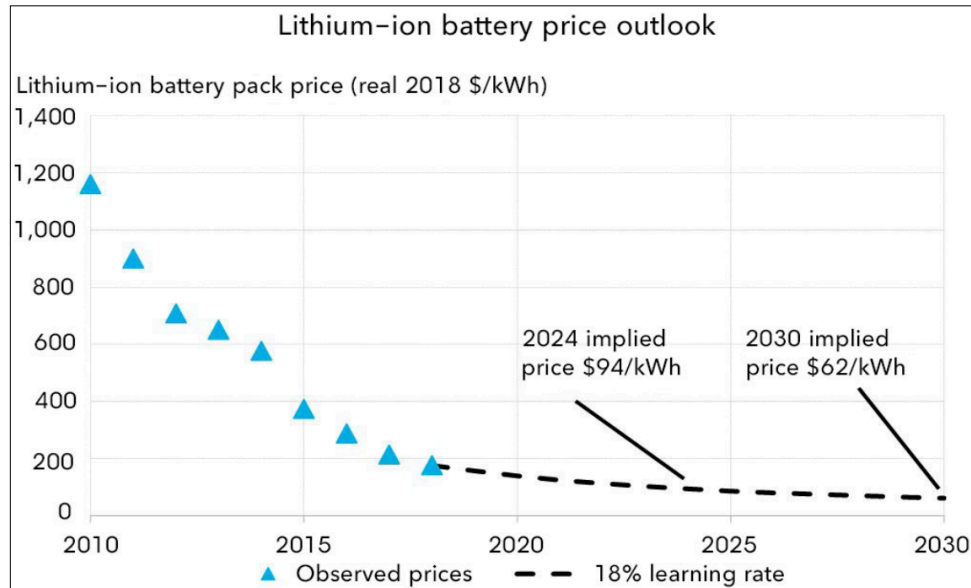
Nota: de la tabla original se eliminó Brasil por no tener datos para ningún año

Fuente: IEA, 2018

Las razones que explican las tasas de crecimiento tanto en el número de VE como su tasa de adopción y la infraestructura de carga, son variadas, numerosas e interdependientes. Por este motivo en la sección III se analiza los motivos para las políticas de fomento, y posteriormente, junto con describir políticas específicas, se analiza su interacción y efectividad.

En cuanto a costos de producción y la densidad de almacenamiento según la IEA (gráfico N°1). Desde el año 2010, los costos medidos por kWh se han reducido y la densidad de almacenamiento - medida como Wh por litro - ha aumentado (IEA, 2017). Según estimaciones de la IEA, se espera que entre 2022 y 2025 el costo y autonomía de un vehículo eléctrico sea similar al de uno de combustión interna. De acuerdo a Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF), para el año 2024 se proyecta que las baterías alcanzarían un precio alrededor de los US\$94/kWh y de US\$62/kWh para 2030, siendo estos considerablemente menores al costo registrado el año 2010 de US\$1.000/kWh (gráfico N°1).

Gráfico N°1: Precio de batería ion-litio, histórico y estimado (2010 – 2030\*).



Fuente: Bloomberg NEF (2018)

### III. Razones para el Fomento de la Electromovilidad a Nivel Mundial

Los argumentos para el fomento de la electromovilidad son varios, diversos e interdependientes entre sí. Conocer y comprenderlos es fundamental para el diseño y la evaluación de cualquier política pública en esta línea. En este sentido se distinguen en general cuatro ámbitos desde los cuales se concibe fomentar la electromovilidad: para i) el cuidado ambiental y enfrentar el cambio climático, ii) como fuente de innovación y el emprendimiento de nuevos negocios, iii) como vía para posicionar y desarrollar la competitividad industrial de los países y iv) también como estrategia en materia de transporte.

Como se describirá más adelante, estos ámbitos se entrecruzan y superponen de manera tal que una política en particular puede ser diseñada para un objetivo específico que genera externalidades positivas para las otras dimensiones.

#### i) En el marco del cuidado ambiental y el cambio climático

La electromovilidad se presenta como una vía para la reducción de las emisiones CO<sub>2</sub> toda vez que los VE no requieren de la combustión tradicional que es una de las fuentes más importantes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido es importante destacar también la electromovilidad y los VE no están exentos de la huella de carbono considerando que la producción de electricidad se obtiene aún en una gran proporción a partir de fuentes fósiles (Holtmark, 2014) y que la producción de sus materiales constituyentes (minería, fundiciones y factorías) tampoco están exentos de emisiones de GEI.

Por otra parte el uso de los VE es fomentado para disminuir la contaminación acústica especialmente en las grandes urbes, y también la electromovilidad se asocia con la utilización de las energías limpias cuando se asocia a la energía fotovoltaica y la carga de baterías.

#### ii) Fuente de innovación radical e incremental y el emprendimiento de nuevos negocios

Las tecnologías asociadas a la electromovilidad se encuentran en plena etapa de desarrollo, es decir, nos encontramos al inicio de un ciclo tecnológico que como tal tendrá un marcado efecto derrame (spillovers). Son innumerables las ventanas de oportunidad para los nuevos negocios y por supuesto una fuente aún inagotable de innovación, entendida esta como la generación de nuevos productos, o mejoras sustanciales en ellos, así como también nuevos o mejorados procesos, cambios organizacionales y de mercados. La innovación es la principal fuente de crecimiento económico toda vez que la productividad total de factores, que se asocia a mejoras tecnológicas, corresponde a la parte del crecimiento económico que se debe al mejor funcionamiento de la economía. En este marco se explica la sustancial inversión en I+D (Investigación y Desarrollo) que se observa a nivel mundial para la electromovilidad.

iii) Como vía para posicionar y desarrollar la competitividad industrial de los países

Este fundamento es especialmente importante para los países en donde la industria automotriz es parte de la matriz productiva y exportadora (típicamente Alemania y Francia) pero también para aquellos que se han embarcado en estrategias para fomentar una industria naciente como es el caso de China que a partir de la electromovilidad, se le ha abierto una ventana de oportunidad para ingresar a las grandes ligas de países con industria automotriz.

En este marco también, y dado el fenómeno de las cadenas globales de valor, en donde las etapas de producción de un bien en particular pueden estar dispersas en varios países<sup>3</sup>, la producción completa del VE difícilmente será producido de manera íntegra en un país, más aún, considerando que la electromovilidad también es producir y desarrollar baterías, sistemas de recarga y otros bienes y servicios en la cadena productiva. Lo anterior configura una situación en donde se generan muchas oportunidades en distintos ámbitos y de distinto nivel para empresas y países. Es en este marco que por ejemplo en Chile se ha mencionado la política nacional sobre el litio dadas las reservas de este mineral, y otras condiciones productivas como la mejor energía solar del mundo (Escobar et al., 2015)<sup>4</sup>, el liderazgo mundial en la producción de cobre y las potenciales ventajas en la producción de cobalto. En este caso, se fomenta la electromovilidad como potencial productivo de áreas incipientes.

iv) Estrategia en materia de transporte.

Por último, y probablemente entre otras más, la electromovilidad también es impulsada como una vía para mejorar y desarrollar los sistemas de transporte y en especial el transporte público. La ciudad de Santiago es un ejemplo vivo, a través de la segunda flota más grande a nivel mundial después de ciudades China. Con todo, la electromovilidad se impulsa como vía para que el transporte sea energéticamente más eficiente y menos contaminante, tanto en contaminación acústica como en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por todas estas dimensiones para fomentar la electromovilidad, al revisar las políticas de fomento en varios países no es extraño encontrar una combinación de políticas interministeriales únicas para cada caso, lo que a su vez permite conocer las condiciones relevantes y factores específicos a tener en cuenta en cualquier diseño y evaluación.

<sup>3</sup> Un buen ejemplo corresponde a los aviones Airbus que si bien se asocia a la fabricación francesa, las innumerables piezas que lo conforman proceden de varios países que lo transforman en un producto final de procedencia indeterminada.

<sup>4</sup> "El uso de los datos de irradiación Chile-SR para simulaciones de sistemas indica que se pueden lograr fracciones solares de más del 80% para sistemas termosolares en la mayoría del país, con sistemas fotovoltaicos que producen entre 4.5 y 8 kW h / kWpv y CSP anual rendimientos de hasta 240 GW h / año para una planta cilindroparábólica de 50 MW. (Escobar et al., 2015)"



## IV Políticas de fomento a la electromovilidad y su análisis en un contexto dinámico: Francia, Alemania, China, India y Noruega

---

### Un nuevo paradigma tecno-económico

Se considera la migración hacia los vehículos eléctricos como un cambio en el paradigma tecno-económico que requiere de fuertes políticas de empuje para enfrentar las fallas de mercado. Un cambio del paradigma tecno-económico implica introducir tecnologías completamente distintas, que provocan un cambio sustancial en el régimen tecnológico existente que sostiene el actual sistema, implicando un reordenamiento en los subsistemas industriales y la emergencia de nuevas instituciones y relaciones de poder generado entonces “un nuevo sentido común” (Pérez, 2004). En este marco, Altenburg et al. (2012) distinguen bajo el paraguas de la electromovilidad varios procesos en desarrollo simultáneo:

- 1) Continuo mejoramiento de las baterías actualmente grandes y pesadas y reducción de su costo
- 2) Reducir el tiempo de recarga, por una parte los sistemas de recarga rápida disminuyen la vida útil de las baterías, y por otra tiempos de recarga mayores implica dedicar espacios de estacionamientos escasos en zonas céntricas o densamente pobladas
- 3) Desarrollar las tecnologías de los vehículos en sus distintos formatos
- 4) Desarrollar infraestructura de recarga, tanto privada (en los hogares y empresas) como pública. En este sentido, se visualizan opciones de recarga como por ejemplo electromagnetismo en el pavimento, softwares y sistemas inteligentes que permitan el traspaso de energía a la red ello asociado a un sistema amplio e inteligente de facturación.

Hay acá una relación de interdependencia entre los vehículos, el sistema energético y sus componentes, abriendo espacios para las innovaciones incrementales e interdependientes.

### Dimensiones de política pública en la electromovilidad:

En el marco de un nuevo paradigma tecno-económico, las investigaciones sobre innovación habitualmente tratan temas sobre las fallas de mercado o sus mecanismos cuando no asignan los recursos de manera eficiente y óptima, temas elementales para el diseño de políticas públicas. Entre los más recurrentes se encuentran:

Externalidades: la existencia de externalidades sean estas negativas o positivas genera una producción superior o inferior a la socialmente óptima. Es el caso de la I+D que por generar conocimiento que no siempre es apropiable requiere de subvenciones especiales para generar aquella que el mercado no provee. De no haber fondos de investigación en materia de electromovilidad, difícilmente se desarrollarán las tecnologías particulares a ciertas industrias o zonas geográficas.

Bienes públicos: estos son una categoría de bienes que el mercado no provee, una infraestructura de pública de recarga no genera beneficios privados y por tanto difícilmente será provisto en volumen y calidad que se requieren siendo necesaria la inversión pública.

Fallas de coordinación, dada la cantidad de factores en juego que actualmente se encuentran en evolución interdependiente, se hace necesario una figura articuladora pública, privada o público-privada. La falla más evidente es la infraestructura de recarga y el número de vehículos que la requieren conformando un dilema del tipo “el huevo o la gallina”, esto es: no hay muchos autos eléctricos porque no hay muchos puntos de recarga y no hay muchos puntos de recarga porque hay pocos VE. Otra falla de coordinación se observa con las economías de escala porque para bajar sustancialmente los precios de los VE se requiere un aumento sustancial en la producción la cual no se dará hasta que no se generen

las señales de mercado que son dependientes del precio. Es por esto que normalmente las fallas de coordinación se mitigan con alianzas de largo plazo como por ejemplo las que se han observado entre productores de vehículos y proveedores de energía o gobiernos locales. Sin embargo ninguna alianza privada podrá ser suficiente para la coordinación del sistema completo y se pueden observar diversas iniciativas que buscan generar estos espacios a través de plataformas o misiones.

Adicionalmente, las opciones de política pública deben, además, confrontar ambientes políticos adversos que intentan balancear el bien público y privado en un contexto de mercados cambiantes e inciertos.

En consecuencia, los gobiernos deben desempeñar un papel muy proactivo en la gestión de la transición. Deben facilitar el diálogo con las partes interesadas y buscar acuerdos políticos entre grupos de interés en competencia, incentivar la búsqueda de nuevas tecnologías y organizar proyectos de demostración, desarrollar planes de trabajo tecnológicos y agrupar recursos para su implementación, desalentar las viejas tecnologías contaminantes y coordinar inversiones simultáneas en los subsistemas tecnológicos emergentes con el fin de evitar quedar atrapados en trayectorias tecnológicas dependientes del camino. (Altenburg, 2012)

La información sobre la implementación e incentivo a la electromovilidad es abundante y diversa, por este motivo y por razones de plazo y extensión se describen y analizan las políticas de fomento a la electromovilidad en cinco países seleccionados. La mayor parte de la información se ha obtenido de una investigación de Altenburg, Bhasin y Fischer (2012) y Cancino et al. 2018 para Francia, Alemania, China e India y de varios estudios para el caso de Noruega.

## Francia

Como reacción a la crisis económica de 2008, en Francia se acordó el *Pacte automobile* en 2009 el cual aún cuando no estaba asociado a la electromovilidad marcó la base para la coordinación hacia esa dirección. Francia desarrolló a partir de ese momento una de las políticas más ambiciosas de Europa con un doble objetivo, mitigar emisiones y fomentar competitividad industrial; ya que por una parte la industria automotriz francesa venía en declinación y por otra, enfrentó mayores costos de emisión que los fijados por la Unión Europea. Entre la diversidad de medidas se pueden destacar las siguientes:

La política se caracterizó por una fuerte inversión en I+D. Se estableció un fondo de E400 millones para préstamos con condiciones favorables para proyectos de demostración "verdes" en 2009-2012. 50 millones de euros adicionales a la Agencia de Gestión de Energía y Medio Ambiente de Francia, para proyectos piloto específicos de electromovilidad. Se contaba además con fondos de la Unión Europea de €5 billones a través de la iniciativa europea *Green Car*. Además se fomentaron las asociaciones entre los organismos públicos, la industria automotriz y los centros de investigación para trabajar en mejoras de potencia de los VE y también de las baterías.

Con la idea de estimular la producción masiva para así disminuir los precios de vehículos eléctricos, el gobierno ofreció un subsidio de €5,000 para la compra de vehículos eléctricos con menos de 60 g/km de CO<sub>2</sub> y además se acordó la adquisición coordinada de 100.000 automóviles eléctricos por parte de compañías públicas y privadas hasta 2015, al mismo tiempo los principales fabricantes de automóviles se comprometieron a producir 60,000 vehículos eléctricos en 2011–2012.

En materia de baterías e infraestructura de carga, el gobierno francés también participa directamente como accionista en la construcción de una fábrica de baterías junto con Renault. Además se creó un grupo de trabajo que incluía autoridades nacionales y locales, fabricantes de automóviles y proveedores

privados de servicios para desarrollar soluciones para la infraestructura de carga y cambio de batería. Se priorizó desarrollar estándares comunes para la carga de baterías, se definió una hoja de ruta para el desarrollo de estaciones de carga, dirigida a 4 millones de puntos de carga privados y 400,000 puntos públicos. Las autoridades locales se comprometieron a instalar estaciones de carga estandarizadas y a partir de 2012, las empresas de construcción están obligadas a instalar puntos de recarga en nuevos estacionamientos, en este mismo sentido, se espera que esto también suceda en los estacionamientos de las empresas. Para lo anterior, se reservaron fondos para desarrollar un millón de puntos de recarga en hogares privados, aparcamientos y sitios en carreteras.

En definitiva, Francia actuó en distintos niveles y temáticas. Con fondos para I+D, asumiendo rol de articulador a nivel geográfico y/o asociándose con compañías privadas, entregando subsidios y soporte tanto en la fabricación de VE como de la infraestructura de carga.

### **Alemania**

Alemania también tuvo un impulso derivado del paquete de recuperación de la crisis de 2008. A diferencia de Francia, gran parte de la generación de energía eléctrica viene de fuentes fósiles, por lo que no se espera que el desarrollo de la industria de VE aporte mucho en la reducción de sus emisiones. En el año 2008 se formó un comité interministerial y se tomó la decisión de establecer la Plataforma Nacional de Electromovilidad "electromovilidad fabricada en Alemania" con el mandato de coordinar un enfoque sistémico para fortalecer el liderazgo de la industria automotriz Alemana. Cabe destacar que la industria alemana se caracteriza principalmente por su nicho de vehículos de lujo o del segmento de altos ingresos, los cuales no tenían su fortaleza en el desempeño medioambiental. De hecho algunos investigadores sostienen que el lobby de estas empresas retrasó algunas medidas ambientales y su industria comenzó la producción solo en 2013 (2 años después de Francia y 4 años de Japón)

A fines de 2011, la plataforma nacional de electromovilidad contaba con 147 miembros muy diversos (agencias estatales, empresas, organizaciones de la sociedad civil como ONG ambientales o clubes varios). Para la coordinación, se creó una Unidad Conjunta de Movilidad Eléctrica del Gobierno Federal, con personal de cuatro ministerios y se establecieron siete grupos de trabajo por ejemplo: tecnología de unidad e integración de sistemas, infraestructura de carga e integración de red, tecnología de batería y normas y estándares. Aunque la agenda en general está muy dirigida por la industria, la amplia variedad de intereses de los diversos miembros, ayuda a evitar la captura política, ya que se haría difícil para una industria en particular imponer sus intereses.

Los programas para I + D en los diferentes campos de la tecnología bajo la plataforma Nacional de Electromovilidad ascienden a €4 mil millones. El sistema político federal de Alemania favorece la competencia de los experimentos regionales que son normalmente ejecutados por alianzas entre empresas de energía, fabricantes de automóviles y municipios, para lo cual se destinaron €180 millones. En este sentido, el foco principal de la electromovilidad alemana es integrar los VE a un sistema de suministro de energía inteligente que permita la bidireccionalidad entre vehículos y red de energía.

El gobierno alemán también ha evitado involucrarse profundamente en el desarrollo de infraestructura, dejando libertad para los despliegues regionales y un proceso de ampliación de infraestructura voluntario e impulsado por el mercado.

## China

El caso particular de China se remonta a la liberalización de sus mercados al permitir la propiedad privada en la industria automotriz en los 90. Con una fuerte participación del Estado a través de joint ventures con compañías multinacionales para acelerar la innovación, el país actualmente ha encontrado en la electromovilidad como la oportunidad de escalar su liderazgo tecnológico y económico. En esta línea, China es el líder mundial de la producción de baterías de litio y se espera que lidere la baja en los costos de producción.

Se distinguen tres líneas de soporte a los VE. La primera de ellas se relaciona con los fondos de investigación del gobierno desde el 10º Plan quinquenal (2001-2006) y los subsiguientes en donde se incluyeron los vehículos eléctricos en la lista de industrias emergentes prioritarias, fomentando la I + D, además de los objetivos específicos de desarrollo. Una segunda línea se distingue en la selección de 13 ciudades, y posteriormente 25, para experimentar con automóviles de energía nueva eficiente en 2009. Esta experimentación involucró a flotas públicas y algunas con subvenciones a la compra de vehículos privados. Por último, la tercera línea se observa desde 2010 cuando el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información (MIIT) lanza el “Proyecto de plan de desarrollo para la industria de vehículos energéticos nuevos y energéticamente eficientes (2011-2020)”. Este proyecto actualmente es una guía para la industria y contempla un período preparatorio hasta 2012 para el desarrollo de estándares relevantes, la construcción de infraestructura de recarga y experimentos locales, luego de ello pasar a un nivel modesto de producción y comercialización para 2015 y pasar a una producción masiva para 2020 siempre teniendo en cuenta el desarrollo de conocimiento propio (indigenous know-how) en tecnología de piezas centrales: baterías, motores eléctricos y sistemas de control eléctrico.

Para el fomento hay varias medidas del gobierno central: incentivos por el lado de la oferta y la demanda, incluidos subsidios para compras privadas de nuevos vehículos de energía eléctrica, exenciones tributarias, reducción del IVA, proyectos de demostración e incentivos para la I + D corporativa. Además, se suman prioridades de contratación pública para productos de innovación respetuosos con el medio ambiente y de origen nacional, teniendo en cuenta que el tamaño del Estado chino es un poderoso impulsor más que en cualquier otra potencia.

Con los incentivos de 2010, se formaron alianzas para fomentar la cooperación y además obtener un mejor acceso al apoyo financiero dadas las políticas gubernamentales. Las tres principales son:

- la Alianza de Vehículos Eléctricos de China: 16 grandes empresas estatales bajo la guía de la Comisión Estatal de Supervisión y Administración de Activos (SASAC) con la intención de establecer una plataforma nacional para la tecnología de vehículos eléctricos.
- la “Top 10 Electric Vehicle Alliance”: 10 fabricantes de automóviles en base a una iniciativa de la Asociación de la Industria Automotriz de China y
- la Alianza Internacional de Nuevas Energías Sostenibles que reúne algunas empresas chinas y estadounidenses.

## India

A diferencia de los casos anteriores, India se encuentra en un nivel de desarrollo menor esto implica que en términos económicos enfrenta una doble debilidad: bajo poder adquisitivo por parte de la población y bajo poder impulsor del Estado. La generación de energía eléctrica en la India depende en gran medida de las centrales eléctricas de carbón, y hasta el momento no hay objetivos explícitos para separar la

movilidad eléctrica de la combinación de energía en general. Adicionalmente, los cortes de energía eléctrica son frecuentes lo que reduce el atractivo de los VE para la población.

Su industria automotriz se enfoca al segmento de bajos costos y tiene solo una fábrica de VE: Mahindra-Revva. Los fabricantes presentes en INDIA, a saber, Tata, Hero Honda, Maruti Suzuki y GM han anunciado lanzamientos de VE, pero ninguno se ha embarcado en ningún plan de producción concreto.

Bajo estas condiciones, Altenburg et al. (2012) describe que es poco probable que los vehículos eléctricos reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero en el país o mejoren la eficiencia energética. Actualmente existe un subsidio, pero vinculado a un requisito de contenido local del 30% lo que podría originar algunos problemas de competitividad de la industria automotriz, la cual es central para el sector manufacturero de la India. Las orientaciones de políticas del país son hacia el desarrollo industrial como prioridad y por sobre del cuidado medioambiental.

### Noruega

Noruega es un caso que merece especial atención ya que tiene por lejos, el mayor porcentaje de adopción de VE con relación a su parque automotriz. Las políticas y los incentivos se desarrollaron gradualmente durante 25 años con interacciones entre el escenario internacional, las redes nacionales de gobernanza, normas y ciertos nichos. Los incentivos no dieron resultados hasta que los fabricantes de vehículos utilizaran baterías de litio (Li-Ion) lo que sucedió a partir de 2010.

De esta manera las políticas se intensificaron alrededor de los últimos 20 años y ahora es una parte importante del llamado Acuerdo Climático Transversal ("Klima-forliket). La política descansa en ciertas regulaciones establecidas principalmente por el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Finanzas, las que se presentan en el recuadro N° 1 y como se puede observar, el paquete de medidas es sumamente atractivo y sistémico, ya que no solo se tienen fuertes incentivos monetarios, logrando precios bastante competitivos con relación a los otros vehículos, sino que además disponen de energía y estacionamientos gratuitos y sus conductores pueden utilizar vías que hacen su tránsito más expedito.

Otros factores que impulsaron esta participación son una selección más amplia de modelos, una tecnología mejorada, reducción de los precios de los vehículos y un extenso esfuerzo de marketing por parte de los importadores logrando un fuerte impulso en las ventas. (Fijenbaum, 2016)

#### **Recuadro N°1: Elementos de la política de fomento a la electromovilidad en Noruega:**

- 1- Los vehículos eléctricos están exentos del IVA y otros impuestos sobre las compras y ventas de automóviles.
- 2- Los esracionamientos públicos son gratuito.
- 3- Los vehículos eléctricos pueden usar la mayoría de las carreteras de peaje y varias conexiones de ferry de forma gratuita.
- 4- Se permite a los vehículos eléctricos utilizar los autobuses y los carriles de tráfico colectivo.
- 5- El impuesto a los automóviles de la compañía es un 50% más bajo en los vehículos eléctricos, y el impuesto anual a los vehículos automotores / motor también es menor.
- 6- La carga de la batería es gratuita en un número cada vez mayor de estaciones de carga financiadas con fondos públicos.

En síntesis, las políticas implementadas conforman un paquete integral de exención de impuestos y privilegios económicos y de conducción para los usuarios de vehículos eléctricos.

Fuente: (Holtsmark y Skonhøft, 2014)

Desde una mirada más incisiva, existe una característica particular adicional de Noruega que explicaría una parte de la fuerte alza de adopción de los VE. Según Holtmark y Skonhoft, 2014, en Noruega, el uso de bicicletas y el transporte público goza de una importante participación, por lo que el aumento del uso del VE, se hace en parte, a costa del transporte público y el ciclismo (ver gráfico 2). Los autores se muestran sumamente críticos argumentando además que esta medida favorece solo a los sectores de mayores ingresos ya que indican que el 93% de quienes tienen un VE tienen un segundo automóvil. En otras palabras, quienes se compraron un VE ya tenían uno convencional. Los autores concluyen que la política de subsidios debiera ser eliminada lo antes posible y no recomiendan la implementación de estas políticas en otros países.

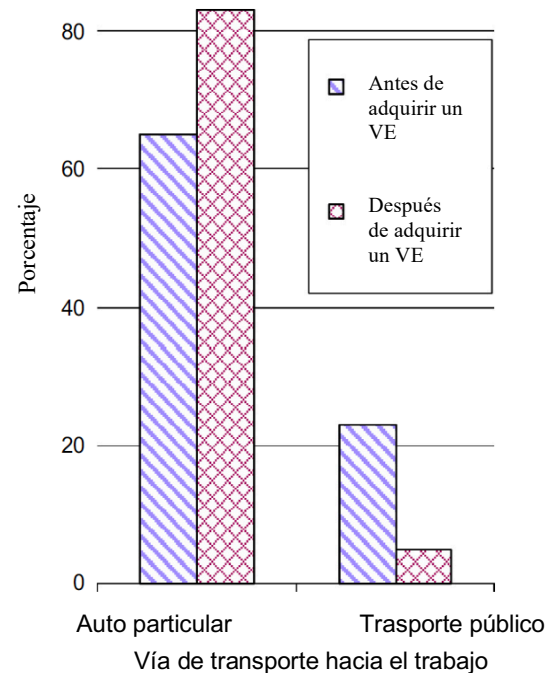
Finalmente y en un ámbito distinto, otra repercusión de la política Noruega hacia los VE, fue estudiada por Ryghaug y Toftaker (2014) con relación a la conducta de los ciudadanos. En este estudio se concluye, entre otras cosas, que la adopción de los vehículos eléctricos ha generado en los ciudadanos una mayor conciencia ambiental en cuanto al consumo tecnológico y energético por cuanto evalúan las políticas de la electromovilidad de manera positiva.

### Comparación, análisis y elementos para la discusión

Dada la cantidad de variables, medidas y ámbitos involucrados en cada una de las políticas revisadas, es muy probable que el análisis que se presenta a continuación pueda ser insuficiente. Sin embargo, además de exponer conclusiones de los autores revisados, se intenta también contrastar algunos de los aspectos con la economía chilena para aportar a la discusión, los cuales por supuesto, son exploratorios y podrían ser desarrollados con mayor profundidad en un posterior informe. Por último, si bien las ideas se expresan de manera separada, están claramente interrelacionadas.

- Francia, Alemania, China e India se encuentran entre los 10 países más importantes a nivel mundial en la fabricación de vehículos a diferencia de Noruega que es un país importador de VE. Todos los países emprendieron con mayor o menor fuerza una estrategia hacia la electromovilidad en un contexto de competencia mundial por el liderazgo del crecimiento sustentable. Todos ellos establecieron instituciones para la coordinación interministerial y la participación de los interesados con el fin de desarrollar planes de trabajo y superar las fallas de coordinación existentes.
- A diferencia de Francia y China, el enfoque alemán se basa más en la experimentación basada en el mercado y las iniciativas lideradas por el sector privado que asignan la mayor parte de sus subsidios a proyectos de investigación y demostración. No hay subsidios directos para comprar vehículos eléctricos ni iniciativas concertadas de contratación pública y privada. Luego la política industrial se observa fuerte en Francia y China, mientras que en Alemania se observa una mayor preponderancia de las alianzas y testeos regionales. Mientras que en Francia y China es el Estado el que marca el liderazgo, en Alemania el rol es más de coordinación y en India es casi ausente.

Gráfico N°2: patrones de traslado hacia y desde el trabajo antes y después de adquirir un VE



Fuente: Holtmark y Skonhoft, 2014

Finalmente la senda tecnológica probable para cada uno es distinta: Francia podría tener liderazgo en la construcción de la infraestructura de carga, Alemania, en la generación e integración de redes inteligentes, China en su producción a gran escala de vehículos y de baterías e India en los nichos de mercados de bajos costos.

- Respecto de la infraestructura de carga, se observa un fuerte compromiso para su desarrollo en los gobiernos centrales y regionales de Francia y China, mientras que Alemania e India dejan su desarrollo principalmente a inversionistas privados.
- Dado que la gran diferencia entre los cuatro primeros y Noruega corresponde a la dependencia de la economía de la industria automotriz para los cuatro primeros, se puede entender para aquéllos el por qué de políticas más agresivas en la fabricación, ya que esto implica, fuentes de trabajo, innovación y crecimiento económico a diferencia del caso de Noruega que se enfoca principalmente en el comprador. Si bien Chile tendría la condición de importador como Noruega, el país podría participar en la cadena de suministro a través de la industria del litio, cobre, cobalto y energía solar incorporando a su vez la discusión sobre el valor agregado de sus exportaciones y la inversión en I+D.
- Bajo la perspectiva de economías emergentes, India enfrenta doble debilidad: bajo poder adquisitivo por parte de la población y bajo poder impulsor del Estado en materia de gasto e inversión, característica que también se da en Chile. Tanto en el caso de China como India representan los mercados más grandes y crecientes del mundo, generando una demanda interna que no se da en países con economías menores como la chilena.
- Respecto de las perspectivas futuras, mientras que Francia y Alemania se enfocan en el cumplimiento de los estándares de la Unión Europea en cuanto a las emisiones, China necesita disminuir su contaminación ambiental y en especial las urbanas. Francia prioriza el desarrollo de su industria automotriz y Alemania requiere, además de adaptar su industria a la electromovilidad, de encontrar tecnologías que permitan mayor eficiencia energética considerando su gran dependencia en las fuentes fósiles para su energía eléctrica. China por su parte tiene en la electromovilidad, la gran oportunidad de posicionarse económica y tecnológicamente con el objetivo de alcanzar el liderazgo mundial y con ello establecer los estándares internacionales. En el caso de India no se observa la misma determinación que en los otros tres, principalmente por lo limitado de sus recursos y del poder adquisitivo de su población, siendo la electromovilidad una prioridad para los agentes privados y en particular de sus compañías automotrices para no perder la participación de mercado.
- Las políticas revisadas anteriormente, se conforman fundamentalmente por incentivos y no desincentivos. Aun cuando el presente informe no abordó el caso de California es relevante destacar que en este Estado, se han implementado tanto incentivos económicos para la compra, como desincentivos económicos para combustibles fósiles y también en términos de control de tráfico. Una política de este tipo debiera considerar también el nivel de ingresos de sus habitantes dado el riesgo de implementar políticas con efecto regresivo.
- Chile hay varios elementos a destacar, en primer lugar al carecer de industria propia, los incentivos de I+D y las alianzas con los productores como lo hacen Francia, Alemania y China no serían aplicables a menos que el objetivo sea el desarrollo de la ciencia y tecnología local. Por esto sería entonces más cercano al análisis del caso Noruega, sin embargo dado el poder adquisitivo en Chile y en especial considerando los ingresos medios, la situación se acercaría a la de la India, en donde existe una fuerte sensibilidad al precio final de los vehículos. Tampoco se puede olvidar que

cualquier crédito tributario a cuenta del impuesto global complementario, solo beneficiaria al 20% de mayores ingresos que actualmente pagan este tipo de impuestos (SII).

## V. Avance de la Electromovilidad en Chile

---

Chile ha adquirido y ratificado acuerdos internacionales que plantean reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y abordar los desafíos del Cambio Climático, a través de compromisos de mitigación que buscan reducir, al 2030, la intensidad de emisiones en un 30% respecto a los niveles observados en 2007. En términos prácticos, como respuesta a los efectos del Cambio Climático y, en la búsqueda de la eficiencia energética, ha destacado el desarrollo de instrumentos de política pública, tal como la Estrategia Nacional de Electromovilidad<sup>5</sup> (2016) o la Ruta Energética 2018 - 2022. En estos, se explicita la necesidad de implementar políticas públicas que contribuyan a reducir los efectos del consumo de energía del sector transporte, disminuyendo los efectos en el medioambiente así como también la dependencia del país de combustibles fósiles importados. Además, desde el año 2018, Chile es miembro de la Iniciativa por los Vehículos Eléctricos (Electric Vehicles Initiative - EVI), coordinada por la Agencia Internacional de Energía (EIA)<sup>6</sup>, que es un foro multi-gubernamental de políticas dedicado a acelerar la introducción y adopción de vehículos eléctricos a escala mundial.

Por ejemplo, la Ruta Energética 2018 - 2022 plantea que -en el corto plazo- se aumente en 10 veces, al menos, la dotación de vehículos eléctricos. En una perspectiva más amplia, la Estrategia fijó como metas que el 40% de los vehículos particulares y el 100% de los vehículos de transporte público sean eléctricos al 2050. En consecuencia, y considerando que un tercio del consumo energético final en Chile corresponde al sector transporte (donde el 98% corresponde a derivados del petróleo), se proyecta evitar la emisión de unos 11 millones de toneladas de dióxido de carbono y reduciría el gasto energético del país en más de 3.300 millones de dólares anualmente<sup>7</sup>, equivalente al 1,5% del PIB del 2016.

Por lo anterior, y como lo han hecho el resto de países, se ha reconocido la necesidad de generar las condiciones normativas, regulatorias y de infraestructura necesarias para el desarrollo eficiente de la electromovilidad desde el punto de vista energético, ambiental y de movilidad. De este modo, la Hoja de Ruta considera -entre otros temas- propuestas concretas para la estandarización y normativa de la red de cargadores, la elaboración de una normativa de diseño de instalaciones de electrolineras, y una propuesta de homologación de cargadores, enfocadas a:

- Aumentar la oferta de vehículos eléctricos en Chile;
- Aumentar la disponibilidad de estaciones de carga para vehículos eléctricos;
- Impulsar el desarrollo de proyectos de investigación en el ámbito de la electromovilidad;
- Impulsar el desarrollo de capital humano en esta materia,
- Participar en instancias de colaboración público-privadas.
- Adoptar normas o reglamentos únicos para vehículos eléctricos;
- Definir normativa técnica/económica de la carga

---

<sup>5</sup> La Estrategia Nacional de Electromovilidad surge como un trabajo conjunto del Ministerio de Energía, de Transporte y Telecomunicaciones y el de Medio Ambiente.

<sup>6</sup> "Electric Vehicles Initiative". Disponible en: [https://webstore.iea.org/download/direct/1045?fileName=Global\\_EV\\_Outlook\\_2018.pdf](https://webstore.iea.org/download/direct/1045?fileName=Global_EV_Outlook_2018.pdf).

<sup>7</sup> Por esto, la agenda ambiental establece que no es suficiente con la promoción del uso de autos eléctricos, sino que va de la mano con la energía solar y eólica, contribuyendo a la vez a una mayor demanda por cobre, litio, cobalto, que son sectores donde el país tiene considerables ventajas.



- Definir normativa de disponibilidad de instalaciones de carga en edificaciones
- Definir estándares mínimos de eficiencia energética, referidos al rendimiento mínimo del promedio de vehículos que entran al parque.

Complementariamente, destaca que en diciembre de 2018, se celebró un compromiso público-privado por la electromovilidad, con el cuál se reafirma el desafío para que al año 2050 el 40% de los vehículos particulares y el 100% de los vehículos de transporte público sean eléctricos; comprometiendo a empresas vinculadas para contribuir al aumento de la oferta de vehículos<sup>8</sup>, de las estaciones de carga, y a la realización de proyectos de investigación, entre otros objetivos compartidos con la Hoja de Ruta 2018 – 2022.

Finalmente, destacan los avances que se han logrado en los últimos años. Por ejemplo, el año 2017 se vendieron 140 unidades (equivalente al 0,04% del parque automotor), y 41 cargadores estaban operando en el país. Ya, al año 2018, habían unos 500 autos eléctricos circulando en el país, y las proyecciones estipulaban que para el año 2019 los puntos de cargas aumentarían a 150. Otro punto a destacar son los buses eléctricos incorporados al transporte público, siendo actualmente Santiago la ciudad fuera de China con el mayor número de buses eléctricos (ONU Medio Ambiente, 2019). Respecto a esto último, cabe destacar que, de acuerdo al plan para reducir emisiones y la contaminación del aire<sup>9</sup>, Chile se ha comprometido a tener un sistema de transporte público completamente eléctrico para 2040.

Más allá del avance en el número de vehículos eléctricos en el país, Chile puede tener un rol relevante en el abastecimiento de insumos, debido a las reservas de cobre y litio que posee<sup>10</sup>. De acuerdo a la Corfo, un auto eléctrico requiere entre 80-85 kilogramos de cobre, lo que requerirá 2 a 4 millones de toneladas de cobre adicional, y junto con certificaciones de baja emisión o huella de carbono neutra. Por otra parte, una batería de auto eléctrico necesita entre 40-80 kilogramos de litio, por lo que se estima que la demanda de litio aumentará desde 180 mil toneladas y US\$ 1000 millones en ventas, a una demanda de 500 mil toneladas y US\$ 6000 millones en ventas globales al 2025. En este sentido, Chile debería avanzar en la producción de insumos mineros con trazabilidad cero de CO<sub>2</sub>, litio, cobre verde y cobalto.

---

<sup>8</sup> Por ejemplo, se incluyen a empresas como Copec, Turbus, Centro de Energía UC, Nissan, entre otros.

<sup>9</sup> De acuerdo a la empresa china BYD, un autobús eléctrico puede evitar el equivalente a las emisiones de 33 vehículos de gasolina.

<sup>10</sup> Corfo destaca que Chile se caracteriza por ser el principal distrito minero metálico del mundo, con 5,5 millones de toneladas de cobre al año, equivalente a 1/3 de la producción mundial. Y además, tiene una posición fuerte en minería no metálica al ser primera en producción de litio y nitratos naturales (almacenamiento de energía), representando más del 50% de las reservas mundiales de litio.

## Referencias

- Altenburg, T., Bhasin, S., & Fischer, D. (2012). Sustainability-oriented innovation in the automobile industry: advancing electromobility in China, France, Germany and India. *Innovation and Development*, 2(1), 67-85.
- BID, 2018. Electromovilidad: más que un automóvil, una oportunidad de transporte sostenible para la región. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/transporte/es/electromovilidad-mas-que-un-automovil-una-oportunidad-de-transporte-sostenible-para-la-region/> (junio, 2019)
- Bloomberg NEF, 2018. Electric Vehicle Outlook: 2018. Disponible en: <https://bnef.turl.co/story/evo2018?teaser=true> (junio, 2019)
- Bloomberg NEF, 2018. New Energy Outlook 2018: BNEF's annual long-term economic analysis of the world's power sector out to 2050. Disponible en: <https://bnef.turl.co/story/neo2018?teaser=true> (junio, 2019)
- Clean Energy Ministerial, 2018. EV3030 Campaign. Disponible en: <https://www.iea.org/media/topics/transport/3030CampaignDocumentFinal.pdf> (junio, 2019)
- Comisión Europea, 2017. Commission unveils clean mobility package to reinforce EU's leadership in clean vehicles. Disponible en: [https://ec.europa.eu/growth/content/commission-unveils-clean-mobility-package-reinforce-eus-leadership-clean-vehicles\\_es](https://ec.europa.eu/growth/content/commission-unveils-clean-mobility-package-reinforce-eus-leadership-clean-vehicles_es) (junio, 2019)
- Corfo, 2018. Mejoramiento y modernización contratos Corfo con Albemarle y SQM: Salar de Atacama. Disponible en: [http://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=tramitacion&ac=getDocto&iddocto=4185&tipodoc=docto\\_c\\_omision](http://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=tramitacion&ac=getDocto&iddocto=4185&tipodoc=docto_c_omision) (junio, 2019)
- Electric Mobility Europe (s/f). News. Disponible en: <https://www.electricmobilityeurope.eu/news/> (junio, 2019)
- Electric Mobility Europe (s/f) About the Project. Disponible en: <https://www.electricmobilityeurope.eu/about/> (junio, 2019)
- Escobar, R. A., Cortés, C., Pino, A., Salgado, M., Pereira, E. B., Martins, F. R., ... & Cardemil, J. M. (2015). Estimating the potential for solar energy utilization in Chile by satellite-derived data and ground station measurements. *Solar Energy*, 121, 139-151. Disponible: [http://www.fraunhofer.cl/content/dam/chile/es/documents/csetdocument/papers/escobar-2015-se-Estimating-the-potential-for-solar-energy-utilization-in-Chile-by-satellite-derived-data-and-ground-station-measurements\\_2015\\_Solar-Energy.pdf](http://www.fraunhofer.cl/content/dam/chile/es/documents/csetdocument/papers/escobar-2015-se-Estimating-the-potential-for-solar-energy-utilization-in-Chile-by-satellite-derived-data-and-ground-station-measurements_2015_Solar-Energy.pdf) (abril, 2018)
- Factorenergia, (s/f) <https://www.factorenergia.com/es/blog/movilidad-electrica/tipos-de-vehiculo-electrico/> (junio, 2019)
- Figenbaum, E. (2017). Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 25, 14-34.
- Generadoras de Chile (s/f). Empresas Asociadas. Disponible en: <http://generadoras.cl/empresas-asociadas/edf> (junio, 2019)
- Holter, M. (01/04/2019). Tesla Mania Over Half of Norway Car Sales Are Now Electric. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-04-01/tesla-mania-means-over-half-of-norway-car-sales-are-now-electric> (mayo, 2019)
- Holtmark, B., & Skonhoft, A. (2014). The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries?. *Environmental science & policy*, 42, 160-168.
- Horizon 2020 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020> (junio, 2019)
- IEA (2019), "Global EV Outlook 2019", IEA, Paris, [www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/](http://www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/) (junio, 2019)

- IEA, 2018. Electric Vehicles Initiative. Disponible en: <https://www.iea.org/topics/transport/evi/> (junio, 2019)
- International Council on Clean Transportation, 2018. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. Disponible en: <https://www.theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions> (junio, 2019)
- IPCC (s/f). The Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <https://www.ipcc.ch> (junio, 2019)
- Lieven, T., 2015. Policy measures to promote electric mobility – A global perspective. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415002359> (junio, 2019)
- Ministerio de Energía, 2017. Estrategia Nacional de Electromovilidad. Disponible en: [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/2018/electromovilidad/estrategia\\_electromovilidad-27dic.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2018/electromovilidad/estrategia_electromovilidad-27dic.pdf) (junio, 2019)
- Ministerio de Energía, 2017. Política Energética de Chile, Energía 2050. Disponible en: <http://www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2017/12/Politica-Energetica-Nacional.pdf> (junio, 2019)
- Ministerio de Energía, 2018. Compromiso público-privado por la electromovilidad. Disponible en: [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/2017/electro\\_mobilidad/compromisos\\_firmados.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2017/electro_mobilidad/compromisos_firmados.pdf) (junio, 2019)
- Ministerio de Energía, 2018. Electromovilidad: el desafío de contar con un transporte eficiente. Disponible en: <http://www.energia.gob.cl/tema-de-interes/electromovilidad-el-desafio-de> (junio, 2019)
- Ministerio de Energía, 2018. Ruta Energética 2018 – 2022. Disponible en: <http://www.energia.gob.cl/rutaenergetica2018-2022.pdf> (junio, 2019)
- Ministere de la transition écologique et solidaire, 2016. Loi de transition énergétique pour la croissance verte (Ley de transición energética para el crecimiento verde). Disponible en: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte> (junio, 2019)
- Ministere de la transition écologique et solidaire, 2016. Plan de Clima Disponible en: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques/plan-climat> (junio, 2019)
- Nikkei Asian Review 21/10/2017, China's Changan steers toward electric future. <http://bcn.cl/2a639> (junio, 2019)
- ONU Medio Ambiente, 2019. Los autobuses eléctricos abren el camino hacia un futuro más limpio en Chile. Disponible en: <https://www.worldenvironmentday.global/es/story/los-autobuses-electricos-abren-el-camino-hacia-un-futuro-mas-limpio-en-chile> (junio, 2019)
- Pérez, C. (2004) Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change, in: E. Reinert (ed.) Globalization, Economic Development and Inequality: An alternative perspective (Cheltenham and Northampton).
- Ryghaug, M., & Toftaker, M. (2014). A transformative practice? Meaning, competence, and material aspects of driving electric cars in Norway. *Nature and Culture*, 9(2), 146-163.
- The Oxford Institute for energy studies, 2018. Electric vehicles and electricity. Disponible en: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/06/Electric-vehicles-and-electricity-Insight-36.pdf> (junio, 2019)
- World Economic Forum, 2018. Three benefits of electric vehicles, and how to unlock them. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2018/02/three-benefits-of-electric-vehicles-and-how-to-unlock-them/> (junio, 2019)
- World Resources Institute, 2019. Climate Data Explorer. Disponible en: <http://cait.wri.org/> (junio, 2019)