



ELECTROMOVILIDAD EN CHILE

Escenarios de implementación
y desarrollo de capital humano



Diciembre 2020



Índice

1. Introducción	03
2. Antecedentes: ¿Qué es la electromovilidad y por qué es importante?	04
3. Experiencia internacional	05
4. Electromovilidad en Chile	11
5. Avances en Chile para la formación y capacitación de capital humano en electromovilidad	18
6. Metodología: planificación de escenarios de desarrollo de la electromovilidad	22
7. Resultados	25
7.1 Escenario Conservador	25
7.2 Escenario Moderado	31
7.3 Escenario Optimista	36
8. Principales perfiles laborales requeridos para la transición a la electromovilidad	43
9. Conclusiones	52
10. Lineamientos de acción a futuro	55
11. Referencias	61

1. Introducción

Una de las tendencias de mayor innovación en el sector del transporte a nivel internacional ha sido el incremento de uso de vehículos eléctricos en desmedro de aquellos por combustión fósil. Esta tecnología, conocida como electromovilidad, ha comenzado a implementarse hace algunos años en nuestro país, principalmente en la Región Metropolitana y en el sistema de transporte público, por lo que surge la necesidad de estudiar los desafíos que esta tecnología traerá en términos de capital humano.

De esta manera, el presente estudio tiene como finalidad analizar los escenarios de implementación de la electromovilidad en Chile, con foco en las competencias y perfiles laborales que se requerirán desarrollar y proponer líneas de acción para el avance de la tecnología y la formación de capital humano en dichos escenarios. Si bien, la electromovilidad se presenta en diversas modalidades, para efectos de este estudio solo se abordarán los vehículos eléctricos que funcionan con baterías.

El estudio fue desarrollado por el equipo del Observatorio Laboral Metropolitana, iniciativa que forma parte de la red de Observatorios Laborales regionales de SENCE y es ejecutada por el Centro de Políticas Públicas UC con el apoyo de OTIC Sofofa; en un esfuerzo conjunto con el Ministerio de Energía en el marco de la Mesa +Capital humano, instancia de colaboración y articulación público – privada que promueve la formación y capacitación de trabajadores para los desafíos que enfrenta el sector energía, de la cual forma parte el Observatorio Laboral de Sence. Esta mesa sesiona conforme a dar cumplimiento al Compromiso N°10 de la Ruta Energética del país referida a capacitar a 6.000 operarios, técnicos y profesionales (incluyendo al menos la certificación de 3.000 de ellos) a nivel nacional en el desarrollo de habilidades y competencias en la gestión y uso sustentable de la energía en el sector eléctrico, de combustibles y de energías renovables.

El informe se estructura de la siguiente manera: primero se presenta un análisis de la experiencia internacional y nacional en el desarrollo de la electromovilidad, luego los avances en Chile en la formación de capital humano, seguido por un apartado metodológico, una descripción de potenciales escenarios de implementación de la electromovilidad en Chile y una descripción de los perfiles laborales más afectados frente a estos cambios, para terminar con las secciones de conclusiones y de líneas de acción sugeridas en función de las principales barreras y facilitadores para el avance y desarrollo de la electromovilidad en el país.

2. Antecedentes: ¿qué es la electromovilidad y por qué es importante?

La electromovilidad se refiere a todo vehículo que hace uso de combustible y/o energía alternativa impulsado por uno o más motores eléctricos (García, 2019). Dentro de estos vehículos se incluyen aquellos que poseen motores con baterías 100% eléctricas y aquellos con motores híbridos, impulsados por electricidad y celdas de combustible.

En un escenario internacional donde el cambio climático se ha posicionado como uno de los problemas mundiales más apremiantes, la necesidad por el desarrollo y uso de energías limpias se ha convertido en una prioridad de la comunidad internacional. Es por ello que el fomento al uso de tecnologías en electromovilidad (*E-Movility*) es una de las políticas en la materia dirigidas a un uso eficiente y limpio del transporte, reduciendo sus impactos en el medio ambiente. De acuerdo con datos del Banco Mundial, para 2020 el sector transporte originaba el 24% del total de emisiones de CO₂ del planeta (IEA, 2020).

En esa misma línea, se estima que la contaminación del aire fue responsable de aproximadamente un 9% de las muertes en todo el mundo en 2017 (Institute for Health and Evaluation, 2020). Todo esto ha llevado a que en el Acuerdo de París sobre el cambio climático se explicitara el llamado a tomar acciones para disminuir las emisiones contaminantes, ya que, de no actuar, desde el sector transporte las emisiones aumentarán en un 20% para el 2030 y alrededor de 50% para 2050 (IEA, 2018). En la reciente COP 25 realizada en Madrid, se reafirmó la necesidad de avanzar en la transición a una economía carbono neutral en la que los vehículos eléctricos deben ser las alternativas a los de combustión interna.

En consecuencia, son varios los países del mundo que le han puesto fecha de término al motor de combus-

tión. China ya anunció que pondrá fin a la producción y venta de vehículos de combustión interna, aunque la fecha está aún por definir; Francia prohibirá su venta en 2040, Alemania en 2030 y Holanda en 2025 (Ministerio de Energía, 2017).

En el caso de Chile, aproximadamente un tercio del consumo energético pertenece a la actividad del sector del transporte. De este total, un 98% corresponde al uso de energía proveniente de derivados del petróleo (Ministerio de Energía, 2018). En la pasada COP25, Chile comprometió la reducción de 56 millones de toneladas de CO₂ al 2030, así como el retiro de las centrales a carbón al 2040, además del desarrollo de la economía circular y la electromovilidad. Adicionalmente, Chile y Colombia lanzaron la meta regional de América Latina y el Caribe sobre Energías Renovables, que busca aumentar la participación de éstas hasta alcanzar un promedio de un 70% en la región al año 2030. Así, mediante la transición al uso de vehículos eléctricos bajarían las emisiones globales de CO₂ del país en alrededor de 21%, que corresponden al uso de vehículos a combustible fósil (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

La transición hacia la electromovilidad requerirá un mayor desarrollo a nivel de la tecnología, infraestructura, normativas e incentivos que fomenten su uso de manera progresiva en el país. Para el desafío que representa la transición al uso de vehículos eléctricos en Chile, será fundamental la identificación de las distintas actividades y perfiles ocupacionales asociados en la cadena de valor del transporte público y privado. De esta manera, será posible realizar las modificaciones y cambios curriculares para la formación y reconversión necesaria de capital humano para los requerimientos técnicos que significará esta transición.

3. Experiencia internacional

Mientras que en 2010 se vendieron solo unos pocos miles de autos eléctricos (BloombergNEF, 2019), en 2019 fueron más de 2.1 millones en el mundo (IEA, 2019). Este incremento en la venta de vehículos eléctricos continúa creciendo y, de acuerdo a las proyecciones, se espera que sus ventas anuales aumenten a 14 millones en 2025, 25 millones en 2030 y 56 millones en 2040. Así, en los próximos 10 años cerca de un 16% de las ventas de vehículos en el mundo corresponderán a vehículos eléctricos (IEA, 2020).

Según los registros del Center of Automotive Management (2020), en 2019, la venta de vehículos a combustión se redujo en un 4% respecto a 2018 en el mundo, aumentando la venta de vehículos eléctricos. Debido a sus estrategias para impulsar la electromovilidad, países

como China, Estados Unidos, Alemania, Noruega y Reino Unido, son líderes que destacan por sus avances en la transición a medios de transporte eléctricos.

La Tabla 1 muestra el registro de la venta de vehículos eléctricos en estos países. Un hecho interesante de constatar es la distancia entre China y Estados Unidos, donde el primero cuadruplica al segundo en cantidad de vehículos de este tipo vendidos en el último año y posee más del doble de proporción respecto al total del mercado automotriz de su país. No obstante, si bien este segmento aumenta año a año en los países líderes, todavía es muy menor respecto al total de vehículos vendidos, salvo en el caso particular de Noruega, donde más de la mitad de vehículos comercializados dejaron de ser de combustión interna.

TABLA 1. TOP 5 PAÍSES CON MAYOR NÚMERO DE VENTAS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS 2018 Y 2019

País	Nº de ventas de vehículos eléctricos e híbridos 2018	Nº de ventas de vehículos eléctricos e híbridos 2019	Variación de ventas 2018-2019	Porcentaje de ventas de VE respecto a su mercado automotriz 2019
China	1.255.000	1.204.000	-4%	4,7%
Estados Unidos	361.000	324.000	-10%	1,9%
Alemania	68.000	109.000	+61%	3,0%
Noruega	73.000	80.000	+10%	55,9%
UK	60.000	73.000	+21%	3,1%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos en Center of Automotive Management (2020)

Costo de manufactura y competitividad de vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos tienen un costo de producción más alto al de sus pares tradicionales. Esta diferencia de coste mayor se debe fundamentalmente al precio de las baterías eléctricas de estos vehículos.

No obstante, con el paso de los años el costo de manufactura de las baterías eléctricas ha disminuido de manera sostenida. El kilovatio por hora (kWh) de las baterías pasó de USD \$1.100 en 2010 a USD \$156 en 2019 (IEA, 2019), y se espera que para 2030 su costo llegue bajo los USD \$100 (McKinsey, 2017). Lo anterior permitiría que aproximadamente en 2024 vehículos eléctricos livianos y medianos sean competitivos en el mercado automotriz internacional, con modelos de similares características (Fidelmov, 2019c).

Precisamente, debido a que en los últimos dos años las principales empresas automotrices, tales como BMW, Volvo, Grupo VW, General Motors, Renault-Nissan y Toyota, han resuelto estrategias para incrementar la producción paulatina de vehículos eléctricos, la oferta de modelos y el parque vehicular eléctrico crecerán exponencialmente hacia el año 2025. Para ese entonces, se espera que las economías de escala y los modelos de negocios automotrices hayan reducido los costos de producción lo suficiente para igualar los precios de los vehículos a combustión, momento para el cual el recambio tendría su máxima aceleración (Isla et al., 2019).

Reducción de costos de mantención

Si bien los costos de producción de vehículos eléctricos son todavía comparativamente más caros, estos vehículos resultan económicamente más convenientes al mediano plazo ya que tienen menores costos de mantención y combustible, pudiendo en algunos casos incluso llegar a recuperar la inversión inicial. Las estimaciones señalan que el gasto en mantención de un vehículo eléctrico es alrededor de un 70% menor al de

uno de combustión interna (Propfe et al., 2012), lo que traerá necesariamente cambios en la demanda por este tipo de servicio.

Entonces, con los precios actuales, para que la inversión realizada sea conveniente es necesario que el ahorro en mantención y combustible sea mayor al coste de la adquisición de estos vehículos. Es por ello que, considerando el costo actual, para obtener este resultado es necesario el uso intensivo de estos vehículos, lo que equivale hoy a un estándar de 35.000 kilómetros al año (Fidelmov, 2019e).

Infraestructura y tipo de cargadores

Aun cuando la evidencia internacional muestra que los usuarios cargan sus vehículos mayoritariamente en el hogar y el trabajo (IEA, 2020), es esencial contar con la alternativa para cargas rápidas dónde y cuándo lo requieran. Es por eso que, para acelerar el paso a vehículos eléctricos se debe asegurar a los usuarios que no tendrán problemas de abastecimiento de energía de sus vehículos, para no provocar lo que se conoce como el fenómeno range anxiety o ansiedad por el rango (Islas et al, 2019). Es por ello que aún cuando la autonomía de los automóviles eléctricos es cada vez mayor, la población necesita percibir que existen suficientes puntos de carga fuera del hogar como para no sufrir descargas de sus baterías cuando éstos se desplazan a sus destinos.

Por ello las proyecciones hablan de una fuerte inversión de recursos para la construcción de estos puntos de carga. De acuerdo con un estudio realizado por McKinsey (2018), la demanda total por energía de carga para el parque automotriz eléctrico podría crecer en tal magnitud, que se requeriría de alrededor de 13 millones de cargadores y aproximadamente USD\$ 11 mil millones de inversión para 2030 sólo en Estados Unidos. La Unión Europea necesitaría 15 millones de cargadores y USD\$ 17 mil millones en inversión durante el mismo período. Mientras que, en China, los números se estiman en 14 millones de cargadores y USD\$ 19 mil millones.

Países líderes en electromovilidad

Junto a la importancia del desarrollo y a la disminución de los costos de la tecnología en electromovilidad, la transición al uso masivo de este tipo de transporte puede incentivarse en la población a partir de políticas públicas que faciliten su adquisición y su uso. Los países que lideran la transición al transporte eléctrico han tomado diversas medidas para posicionar la electromovilidad como una alternativa viable a los medios de transporte tradicional.

La combinación de medidas adoptadas varían entre países y entre ellas se encuentran el estímulo de su industria automotriz nacional, la inversión en el recambio de buses eléctricos para el transporte público, la excepción o disminución de impuestos a quienes compren vehículos eléctricos, aplicación de subsidios para abaratar el precio final de modelos eléctricos o aplicación de impuestos contaminantes a los vehículos de combustión interna para encarecerles, como algunas de las medidas monetarias que se han aplicado con vistas a

cambiar los hábitos de consumo de vehículos particulares en la población. Respecto a medidas no monetarias, los países han incentivado preferencias de desplazamiento para quienes utilicen el transporte eléctrico.

En el caso de China, destaca la inversión e incentivos para posicionar a las compañías nacionales como líderes mundiales en la manufactura de este tipo de vehículos, así como de su visibilización a través de su transporte público. En Estados Unidos, por su parte, destacan los avances del Estado de California con su Regulación Vehicular Cero Emisión (*Zero Emission Vehicle Regulation*) que busca aumentar la proporción de este segmento en el mercado total de vehículos mediante exención de impuestos. Alemania, realiza esfuerzos para la transición de su industria automotora hacia una mayor producción de vehículos eléctricos. Por otro lado, Noruega destaca por la introducción de incentivos para que la mayoría de los vehículos sean eléctricos.

En la Tabla 2 se detallan algunas de las medidas más importantes adoptadas por países líderes en esta transición.

TABLA 2. POLÍTICAS PÚBLICAS UTILIZADAS EN PAÍSES LÍDERES PARA LA TRANSICIÓN A LA ELECTROMOVILIDAD

Medidas \ Países	China	EE.UU.	Alemania	Noruega
Meta transporte públicoeléctrico ¹	x		x	x
Incentivo programas movilización compartida ² y bicicletas			x	x
Inversión en infraestructura de carga	x	x	x	x
Inversión en industria nacional	x	x	x	
Requisito mínimo de ventas VE a empresas	x	x		
Subsidios en compra VE particulares	x		x	
Exención fiscal / Descuento IVA ³		x	x	x
Impuestos vehículos contaminantes				x
Estándar nacional para cargadores	x			
Beneficios preferenciales ⁴	x	x	x	x

1 Se consideran medidas para visibilizar y educar a la población sobre beneficios del transporte eléctrico a través del recambio progresivo de buses eléctricos.

2 Se consideran programas tales como: uso de vehículos compartidos por aplicaciones, uso de vehículos eléctricos de dos ruedas compartidos, uso de bicicletas.

3 Se consideran beneficios tales como: Exención arancelaria, descuento IVA, rebajas permisos de circulación y/o patentes, rebajas o no aplicación de otros impuestos.

4 Se consideran beneficios tales como: carriles preferenciales, estacionamientos preferenciales, no aplicaciones de restricciones vehiculares.

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura.

América Latina: el caso de Colombia

El panorama que se observa en América Latina respecto de la adopción y desarrollo de esta tecnología es muy distinto. En esta región, el uso de vehículos eléctricos se encuentra en una etapa de prueba y testeo, especialmente en el transporte público, y sólo alrededor del 1% de los vehículos particulares son eléctricos (Fidelmov, 2019a). A pesar de reconocer la necesidad de disminuir las emisiones de gases contaminantes, los países latinoamericanos hace pocos años han comenzado a trazar sus estrategias para el desarrollo de la electromovilidad.

De los países de la región, Colombia es uno de los líderes en la transición a la electromovilidad junto a Chile (GYZ, 2018), (el caso de Chile se estudiará en detalle en la siguiente sección). En conjunto, son los países que más han logrado en sus esfuerzos por instaurar un transporte público eléctrico; juntos suman más de 1.000 nuevos buses de esta tecnología que han sido incorporados.

Colombia se ha propuesto superar a Chile con el número de buses eléctricos y posicionarse como país líder de Latinoamérica en esta materia. En total serán 483 buses eléctricos (Electromov, 2020) que se incorporarán al Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá (SITP).

Además de usar el transporte público como el foco principal para el desarrollo de la electromovilidad del país, Colombia promulgó a mediados de 2019 la ley 1964 para la movilidad sostenible a través de los siguientes beneficios (Presidencia, 2019), solo para poseedores de vehículos eléctricos:

- Impuesto máximo del 1% del valor comercial del vehículo
- Descuento en la revisión técnico-mecánica y de gases
- Descuento del 10% en las primas del Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito (SOAT)
- Libertad a las restricciones de circulación por medidas medioambientales

- En cada territorio podrá haber descuentos en el registro o impuesto vehicular, tarifas diferenciadas de parqueaderos o exenciones tributarias.

Si bien todavía es prematuro para observar los efectos de esta ley en la población, Colombia posee números positivos en la venta de vehículos menos contaminantes. En 2019 se registraron 923 vehículos eléctricos nuevos y 442 híbridos. Es así como Colombia espera alcanzar la meta fijada por el gobierno nacional de 600.000 vehículos eléctricos para 2030 (America Retail, 2020).

Cambios en el mundo del trabajo y formación de capital humano

El desarrollo de la tecnología de vehículos eléctricos tiene impacto en los distintos tipos de habilidades que se requieren para desarrollar las actividades en la industria automotriz y otras relacionadas. En conjunto con las empresas tecnológicas, los fabricantes de automóviles eléctricos están contratando trabajadores altamente calificados y seguirán requiriendo este tipo de ocupaciones a medida que se masifiquen los vehículos eléctricos y más empresas entren a este negocio. Los procesos requieren de habilidades multidisciplinarias, tanto intelectuales como técnicas, y también sociales, lo cual trae nuevos desafíos para las diferentes entidades de formación y capacitación y sus programas, mayormente en el ámbito de las tecnologías de información (TI).

Los principales desafíos y cambios para el trabajo que se identifican por la introducción de la electromovilidad, se dan en las actividades de la industria automotriz, los servicios de transporte, de energía o infraestructura de carga, de mantenimiento de los vehículos, y otras actividades relacionadas. A continuación, en la Tabla 3 se presentan en detalle las actividades económicas y los perfiles laborales que requerirán desarrollar nuevas habilidades.

TABLA 3. PERFILES Y HABILIDADES REQUERIDAS POR LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN EE.UU. Y EUROPA.

Actividad	Habilidades	Perfiles
Diseño y desarrollo de tecnología automotriz	Habilidades de TI (software y hardware). Análisis de datos, habilidades de comunicación efectiva. Habilidades de diseño industrial de productos, marketing.	Ingenieros, técnicos, desarrolladores de softwares, diseñadores industriales.
Manufactura vehículos	Habilidades de TI y electromecánica. Habilidades operativas. Administración del proceso productivo de vehículos eléctricos.	Técnicos en informática, en electrónica o electromecánica. Ensambladores, operarios de máquinas.
Desarrollo de baterías	Habilidades en investigación y desarrollo para la elaboración de las baterías y conocimientos sobre los nuevos materiales para su desarrollo y duración.	Ingenieros químicos, ingenieros físicos, científicos expertos en investigación de materiales.
Desarrollo y operación de infraestructura de carga	Conocimientos en equipos de carga, eléctrica y sistemas de hardware de gestión de energía. Capacidad de inspección, diagnóstico y puesta en marcha de equipos de carga de vehículos eléctricos. Manejo de sistemas de prueba y detección de fallas.	Planificadores urbanos, instaladores-reparadores de sistema de carga, electricistas o técnicos certificados.
Mantenimiento vehículos	Conocimientos de electricidad y electrónica. Manejo de riesgos por la manipulación de altos voltajes en los vehículos. Manipulación de motores eléctricos y baterías de litio o de otros químicos.	Técnicos, mecánicos, electromecánicos.
Asistencia en ruta	Conocimiento de los riesgos y protocolos de manipulación de motores eléctricos (alto voltaje), baterías de litio o de otros químicos.	Bomberos, servicios de emergencia o primeros auxilios, personal de salud, policía, personal de asistencia en ruta (grúas).
Conducción de vehículos de transporte público	Uso del freno, aceleración. Entrenamiento para el acoplamiento del vehículo (bus) en puntos de carga y cuidado de las baterías. Conocimiento protocolos de seguridad en caso de accidentes.	Choferes de buses de transporte público, conductores de taxis.
Ventas y soporte de ventas	Habilidades especializadas en venta de vehículos eléctricos, conocimientos de la operación y características de los vehículos. Habilidades de comunicación de las ventajas de los vehículos eléctricos.	Vendedores especializados, personal servicio al cliente, expertos en marketing.

Fuente: Elaboración propia en base a revisión de literatura.

A nivel de formación de capital humano, en países como Suecia y otros de la región, instituciones de formación técnica y universidades han avanzado en el cambio de currículum para incluir más carreras ligadas a Ingeniería Química, TI, y Electromecánica. Asimismo, se han formado centros especializados en Electromovilidad al interior de las entidades formativas, los que funcionan vinculando las necesidades de la industria con los planes formativos de las universidades en estas áreas (Eurofound, 2017).

Así también, la certificación de competencias para los eléctricos instaladores u operadores de puntos de carga adquiere importancia en esta industria, ya que se trabaja con altos riesgos de seguridad debido al manejo de altos voltajes (Eurofound, 2017).

De acuerdo con Eurofound (2017), las empresas de la industria automotriz y de proveedores relacionados debieran estar invirtiendo en preparar a sus empleados de diferentes niveles de calificación, así como a los de mayor edad, para esta transformación. En Reino Unido, anticipando la mayor demanda por mano de obra especializada en esta industria, en una alianza entre fabricantes de automóviles, proveedores y asociaciones de profesionales de la industria, han establecido estándares para la capacitación de ingenieros y técnicos en estas materias, fijando diferentes niveles de acreditación según los tipos de vehículos: eléctricos, híbridos y PHEV¹. También se ha avanzado en la estandarización de la capacitación en protocolos de seguridad para personal de asistencia en ruta, diferenciando por tipos de vehículo.

¹ Vehículo híbrido eléctrico enchufable. Por su sigla en inglés Plug-in hybrid electric vehicle.

4. Electromovilidad en Chile

En nuestro país, el Ministerio de Energía, en conjunto con los Ministerios de Transporte y Telecomunicaciones y Medio Ambiente, y con la colaboración de múltiples actores públicos y privados, elaboraron una “Estrategia Nacional de Electromovilidad” para actuar como una hoja de ruta y alcanzar los compromisos que ha adquirido el país en materia de reducción de consumo energético y control de emisiones (Ministerio de Energía, 2018). Con miras a los desafíos para el 2020, 53 instituciones de diversos rubros firmaron su compromiso con el desarrollo de la electromovilidad.

Chile se ha posicionado como uno de los países líderes de la región debido a su plan para la incorporación gradual de buses eléctricos en la flota de transporte público de la Región Metropolitana (RM). Además, existe otro tipo de beneficios para los VE, entre los que se incluyen la exención del pago de impuesto verde, estar exentos de restricción vehicular y, debido a que los combustibles fósiles no están subsidiados por el Estado, menores costos de energía por kilómetro recorrido (Generadoras de Chile, 2019). Adicionalmente, con el proyecto de Ley de Eficiencia Energética², que aún se discute en el Congreso Nacional, se espera generar incentivos para que las empresas representantes de marcas de vehículos incluyan en su oferta de modelos de venta, vehículos más eficientes y en consecuencia que exista una mayor oferta de automóviles eléctricos e híbridos en el mercado automotriz.

En este contexto, se enmarca la iniciativa Mesa +Capital humano convocada por el Ministerio de Energía, instancia de colaboración y articulación público – privada en la educación y capacitación en competencias para los desafíos en energía. Esta mesa sesiona conforme a dar cumplimiento al Compromiso N°10 de la Ruta Ener-

gética del país referida a capacitar a 6.000 operarios, técnicos y profesionales a 2022.

Adquisición e incorporación de buses al sistema de transporte público metropolitano

En el contexto Latinoamericano, Chile se ha destacado como el país con mayor incorporación de máquinas eléctricas a las flotas de transporte público. En la Región Metropolitana, para agosto del año 2020, se habían incorporado 676 buses nuevos, lo que representa la mayor inyección de máquinas de este tipo al sistema. De esta forma, en la región se contabilizan buses eléctricos de las marcas chinas BYD, Foton, Yutong y King Long. Junto a la adquisición de buses, los contratos también incluyen la capacitación necesaria al personal para su operación y mantención.

Además del incremento del número de buses eléctricos, también existen iniciativas y testeo de vehículos eléctricos por parte de empresas de arriendo de automóviles, taxis, buses interurbanos y en camiones de carga y distribución (Ministerio de Energía, 2019).

Programas piloto en transporte de pasajeros interurbanos

Dentro del transporte interurbano de pasajeros, uno de los programas piloto más relevantes es el caso de la empresa Turbus con el primer bus interurbano eléctrico de Latinoamérica, que realiza servicios de transporte de pasajeros entre Santiago y Rancagua. La máquina cuenta con autonomía de 250 kilómetros, siendo cuatro veces más eficiente energéticamente que uno diésel, y considera una serie de elementos de seguridad, tales como: sistemas de corte de corriente y antiincen-

2 Boletín 12058-08. Proyecto de Ley sobre Eficiencia Energética actualmente en Tercer Trámite Constitucional en el Senado.

dios, sistema de monitoreo de presión de neumáticos y un moderno sistema de almacenamiento de energía mediante baterías de alta tensión, con capacidad total de 314 KWH de la cual sólo se usa el 80%, quedando el otro 20% como energía de reserva. Este bus es un modelo de origen chino, King Long 6130, de la empresa Vivipra, y es de un 1 piso y con capacidad para 44 pasajeros (Electromov, 2019a).

Venta y parque automotriz eléctrico en Chile

De manera más acotada ha sido la incorporación de vehículos eléctricos e híbridos particulares al padrón automotriz. Si bien el número de ventas crece año a año, todavía es un mercado pequeño con una baja participa-

ción respecto del total. La principal razón del mesurado crecimiento en la adquisición de vehículos particulares por parte de la población, es que todavía su precio es muy alto en comparación con modelos a combustible de similares características.

De acuerdo con los datos de Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), el año 2012 se vendieron los primeros cinco vehículos eléctricos livianos y medianos a particulares. A partir de allí la tendencia muestra un aumento sostenido, tanto en el número como en la variación de ventas respecto al año anterior. De acuerdo al último reporte de ANAC, a diciembre 2019 se registraron 302 ventas de vehículos eléctricos nuevos, un 53% adicional con respecto a 2018.

TABLA 4. VENTAS AUTOMÓVILES LIVIANOS Y MEDIANOS EN CHILE 2012-2020

Año	Nº de ventas Vehículos Eléctricos	Nº Vehículos Híbridos	Total	Ventas totales en Chile	Porcentaje de ventas Eléctricos-Híbridos
2012	5	297	302	338.826	0,09%
2013	5	300	305	378.240	0,08%
2014	14	227	241	337.594	0,07%
2015	32	171	203	282.232	0,07%
2016	22	185	207	305.540	0,07%
2017	137	403	540	360.900	0,15%
2018	197	866	1063	417.038	0,25%
2019	302	850	1152	372.878	0,31%
2020	200	671	871	258.835	0,33%

Fuente: elaboración propia a partir de datos ANAC (2020).

Las empresas con mayor número de ventas en el segmento de vehículos eléctricos de pasajeros o particulares son Hyundai, Nissan y BMW con sus modelos Ioniq (\$24.690.000), Leaf (\$29.899.000), y i3 (\$38.990.000), respectivamente. Por el lado de vehículos comerciales, se encuentra con mayor número de ventas, la marca Renault con su modelo Kangoo (\$30.333.100), seguido por Peugeot modelo Partner (\$19.990.000) y luego Citroën con su modelo Berlingo (\$22.990.000)³. En estos casos, los precios son mayores comparados a la competencia, aunque debiesen equipararse en los próximos años.

En el caso de la venta de vehículos híbridos en el segmento de pasajeros o particulares, la empresa que lidera el número de ventas es Toyota, con sus modelos

Prius (\$19.890.000), Corolla (\$18.490.000) y Camry (\$35.990.000).

Infraestructura de carga pública en Chile

De los cargadores públicos existentes en la actualidad en Chile, la mitad de ellos se encuentra en Santiago, lo cual incide directamente en la posibilidad de masificación de la electromovilidad en regiones, así como en la factibilidad de realizar viajes interurbanos. De acuerdo con datos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, en el último recuento de 2019 se contabilizaron un total de 143 cargadores para vehículos eléctricos⁴, de los cuales 112 son públicos y 31 privados (SEC, 2019). En la Tabla 5 se señala la zona en que se ubican los 112 cargadores públicos.

TABLA 5. DISTRIBUCIÓN DE CARGADORES PÚBLICOS EN CHILE POR MACROZONA A DICIEMBRE 2019.

Zona	Cargadores públicos	Porcentaje del total
Norte (XV-I-II-III-IV-V)	26	23,2%
RM	58	51,8%
Sur (VI-VII-VIII-IX-XIV-X-XI-XII)	28	25%
Total	112	100%

Fuente: elaboración propia a partir de SEC (2019).

³ Los valores de estos modelos en sus versiones convencionales o a combustión interna son: Kangoo (Furgón Dokker Renault): \$13.673.100; Nueva Partner: \$16.886.100; y Berlingo diésel: \$15.815.100.

⁴ De acuerdo a la actualización para julio 2020, en Chile existirían 233 cargadores públicos. No obstante, no se tuvo acceso a la información desagregada por región por lo que se mantuvo la tabla con los registros para finales de 2019.

Para continuar con el desarrollo de la electromovilidad del país ha sido clave el trabajo en alianzas público privadas. Dentro de ellas, destaca el lanzamiento de la “Electro ruta” de la compañía Enel X a través de la cual se construirán 1.200 puntos de carga públicos con más de 1.800 conexiones para vehículos eléctricos en todo Chile. Estos puntos de carga serán implementados de manera gradual hasta 2025, con una inversión de aproximadamente US\$15 millones. Un 47% de ellos estará en Santiago y el 53% en regiones, con el objetivo de que haya una electrolinera cada 60 kilómetros. De acuerdo a las proyecciones de la compañía, para 2025 se espera cubrir al menos el 50% de las necesidades de infraestructura de carga con esta iniciativa (Electromov, 2020e).

Consideraciones para la infraestructura de carga

Respecto a la infraestructura de carga, su montaje eléctrico requiere considerar ciertas especificaciones que permitan garantizar la correcta transmisión energética a los vehículos eléctricos de manera segura y que son exigidas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), a través de su Resolución Exenta (RE) 26.339 (SEC, 2019). Estas consideraciones deberán tenerse presente tanto para cargadores públicos, así como para cargadores en domicilios particulares. Por esta razón, a medida que se masifique el uso de vehículos eléctricos entre la población, mayor será la necesidad de electricistas certificados para realizar el montaje de cargadores eléctricos.

Los vehículos eléctricos contienen baterías en las que almacenan energía, que se carga a través de Corriente Directa (DC). No obstante, en el país las fuentes de energía suelen estar disponibles en Corriente Alterna (AC) por lo que es necesaria la transformación de esta energía, ya sea por medio del convertidor interno con el que cuenta el vehículo o bien uno externo adosado al cargador. En consecuencia, se deben efectuar las instalaciones eléctricas para el cargador, modificando el ta-

blero eléctrico general si es necesario, lo que se realiza a través de empresas debidamente certificadas. Para terminar, debe realizarse una solicitud del certificado del Trámite Eléctrico (TE6) a la SEC para que el punto de carga eléctrico quede en norma y se pueda habilitar su uso, de acuerdo con las indicaciones del Manual del usuario de la Superintendencia⁵.

Incluir a la electromovilidad en la normativa vigente

Los desafíos en electromovilidad deben ir de la mano con una normativa que sea capaz de regular y establecer los estándares exigibles al sistema eléctrico del país y la manera en la que es comercializada para que su uso sea el más eficiente posible. En la medida que el uso de vehículos eléctricos se masifique, traerá consigo una mayor demanda energética, en el que las nuevas tecnologías para el uso eficiente y ahorro de energía deben ser consideradas.

La primera de las leyes contempladas en la modernización de la normativa eléctrica fue publicada el 21 de diciembre de 2019 conocida como la ley General de Servicios Eléctricos o Ley Corta de Distribución Energética. Con ella se reducen las rentabilidades de las distribuidoras y ajusta el proceso tarifario de distribución eléctrica, modernizando el procedimiento de determinación y fijación de las tarifas de distribución, entre otros. Junto a la ley anterior, también existirá una Ley Larga de Distribución con la que se espera separar el negocio de la distribución de la comercialización de energía, con miras a incorporar mayor competencia en el mercado. Finalmente, una tercera ley en la que se está trabajando actualmente es la Ley de Eficiencia Energética.

Según la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, estas nuevas normativas tendrán tres ejes fundamentales, a saber, la seguridad de las instalaciones, la interoperabilidad de los sistemas de carga y la eficiencia de las redes eléctricas a causa del aumento de infraes-

⁵ Para más detalles véase Manual del usuario TE6: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/08/Manual-de-Usuario-TE6-v2-2020.pdf>

estructura de carga (Electromov, 2020f). Por interoperabilidad entenderemos la funcionabilidad y comunicación fiable de cualquier vehículo eléctrico con infraestructura de recarga con el fin de potenciar una integración con redes eléctricas inteligentes (*Smart grids*) (PNUMA, 2019). Para ello la experiencia internacional ha dejado lecciones respecto a la necesidad de que la normativa se anticipe lo más posible a la llegada de la masificación de vehículos eléctricos con distintos tipos de cargadores. El objetivo es que los modelos eléctricos que lleguen se adapten a la normativa y de esta forma no existan impedimentos para las cargas de vehículos eléctricos por parte de los conductores dependiendo del tipo de cargador que poseen. Junto a ello, la interoperabilidad permitirá que la cuenta de carga llegue a los clientes en sus domicilios establecidos independiente del lugar en el país en el que se encuentren o de la empresa que opera y comercializa cada infraestructura de carga. De esta manera la interoperabilidad será la base para una amplia gama de alternativas sobre usos y potenciales modelos de negocios asociados a la carga de vehículos eléctricos⁶.

Minería y programas piloto de electromovilidad

De acuerdo a estadísticas desde el Ministerio de Medio Ambiente, el 88% del consumo de combustible del sector de minería en el país es en base a diésel (Electromov, 2019c). En este escenario la electromovilidad es vista por autoridades públicas y privadas como una alternativa de energía no contaminante y de mayor eficiencia para esta actividad económica.

Como primer acercamiento, empresas como Codelco, Anglo American, BHP y SQM han adquirido buses eléctricos para el traslado de sus trabajadores a las faenas (Electromov, 2020d). Estos buses han tenido positivas evaluaciones en su rendimiento, en comparación a buses tradicionales. Esto se debería a que un bus diésel consume oxígeno en el proceso de com-

bustión y, en actividades mineras en altura con menor oxígeno, se produce el apunamiento de los buses lo que les hace moverse a menor velocidad; en cambio, un bus eléctrico, al no depender del oxígeno, funciona de la misma manera en desplazamientos a nivel del mar o en altas alturas.

En total se trata de unos 16 buses eléctricos utilizados por empresas mineras en todo el país, lo que significa una reducción de 52 toneladas de CO₂ al año. Asimismo, desde el sector se resalta la oportunidad que representa la electromovilidad para los minerales que se explotan en el rubro, pues estos vehículos utilizan una mayor cantidad de cobre y litio: cada uno de estos buses contiene 300 kilos de cobre y 300 kilos de litio (Electromov, 2019d).

Adicionalmente a la inclusión de buses eléctricos, la minera El Teniente introdujo en sus operaciones un LHD híbrido. Esta es una máquina de carga, transporte y descarga de mineral al interior de la mina, el primero de su tipo en el mundo. Este equipo no requiere de caja de cambios, filtros ni accionamientos mecánicos, reduce el consumo de diésel en un 25% y se espera que aumente la productividad respecto a sus pares tradicionales, entre un 10% y un 20% (Electromov, 2020j). Luego de su periodo de prueba, se espera que sea comercializado a nivel internacional.

Incentivos para acelerar la electromovilidad

Escalona y Julio (2020) enfatizan un punto que pareciera ser un consenso entre los distintos actores especializados en electromovilidad: tener una política de subsidios podría ser regresiva, pues los vehículos eléctricos seguirían teniendo un precio alto asequible solo para personas de mayor nivel socioeconómico. No obstante, existe otro tipo de medidas que ayudarían a acelerar la masificación de la electromovilidad. Además de la existencia de beneficios exclusivos para VE como esta-

⁶ La interoperabilidad posee cinco niveles o capas que se superponen entre sí: a) Componentes, b) Comunicación, c), Información, d) Aplicaciones y E) Modelos de negocios.

cionamientos gratuitos, carriles preferenciales, circular libre de restricciones vehiculares, etc., los autores señalan incentivos que puede entregar la banca para la adquisición de vehículos eléctricos a micro, pequeñas y medianas empresas para sus flotas comerciales. Actualmente, Banco Estado entrega opciones de financiamiento preferencial para que pequeños negocios puedan acceder a este tipo de vehículos y recientemente, publicaron la campaña “Muévete sin Dejar Huella”, que contempla una tasa de interés de 0.56% para la compra de vehículos eléctricos (BancoEstado, 2020). De la misma manera Escalona y Julio (2020) proponen se incrementen este tipo de iniciativas, y particularmente recomiendan la entrega de créditos blandos por parte de instituciones financieras a través de CORFO para el recambio de flota vehicular de empresas comerciales.

Otra de las recomendaciones sobre incentivos directos que sugieren estos mismos autores, es aplicar una política similar a la inserción de energías renovables en la ley N°20.257. El incentivo consistiría, por tanto, en colocar un porcentaje mínimo de comercialización de vehículos eléctricos que las empresas automotoras deben tener disponible al público. De esta manera, quienes no cumplan con los mínimos, que se incrementarán de forma gradual con los años, deberán pagar un cargo adicional, de manera similar a la política tomada en California, USA. Estos fondos servirían para compensar los menores recursos que el Fisco recaudará por el impuesto específico a los combustibles. Todas estas medidas son posibles de implementar por un horizonte de tiempo acotado, dependiendo de la penetración y nivel de masificación de la electromovilidad, para que una vez alcanzados ciertos mínimos se decida su retiro.

¿Podemos pensar en la producción de baterías de litio o manufactura de vehículos eléctricos en Chile?

Como ha sido mencionado, la batería en los motores de los vehículos eléctricos es fabricada con litio. Es por

ello que el aumento por la demanda por baterías incrementará el interés por la explotación de sus componentes en el país, tales como las reservas de litio.

Actualmente, Chile posee 52% de las reservas mundiales de litio en salmueras y solo se aprovecha entre 30% a 40% de estos recursos (Fidelmov, 2019b). Ante la masificación de los vehículos eléctricos, ya hay estudios que proyectan que para 2030 la electromovilidad representará el 79% del consumo de litio mundial, por lo que Chile aumentaría al doble su producción para ese entonces (Electromov, 2020o). La demanda internacional por este mineral pasaría desde 323.000 toneladas de 2019 a aproximadamente 1.793.000 toneladas para 2030.

De igual manera, al tratarse de tecnología electrificada, no solo el litio es un elemento clave en la manufactura de estos vehículos y sus baterías, sino que también lo es el cobre como principal conductor de electricidad. En un mundo en pleno proceso de cambio desde combustibles fósiles por energías renovables, dentro de las cuales está la electromovilidad, hay voces que señalan la necesidad de pensar en el diseño de una estrategia de desarrollo de la industria nacional para baterías de litio. Si bien este es un tema recurrente en la discusión sobre la alternativa de generar mayor valor agregado a la extracción de minerales en el país, no es claro que sea atractivo para los fabricantes de vehículos eléctricos, por los costos de transporte que implica al estar mayoritariamente en Asia, considerando además que en Chile se fabrica carbonato de litio, cuando los productores de vehículos eléctricos tienden a preferir hidróxido de litio (Cooperativa, 2020).

Escalona y Julio (2020) señalan, no obstante, que la hoja de ruta del país no menciona la creación de una nueva industria en este sentido estricto. De acuerdo a la Estrategia Nacional de Electromovilidad, una de las prioridades debe ser el fomento de la investigación y desarrollo, sin embargo, no hay mención explícita de realizar avances en dar valor agregado a la exportación

de cobre y litio, sino más bien generar un desarrollo en materia de infraestructura de carga para la implementación de electromovilidad en el país.

Por ello es que Corfo, junto a los Ministerios de Energía y de Transportes y Telecomunicaciones, lanzaron la convocatoria “Centro para el Desarrollo de la Electromovilidad en Chile” que busca iniciativas que se enfoquen en once objetivos a través de los cuales se contribuya a la aceleración de los procesos de adopción de la electromovilidad, con especial foco en los problemas, requerimientos y soluciones para su desarrollo e implementación. Este proyecto tendrá un plazo de cinco años y se financiará hasta US\$7 millones (Electromov, 2020h).

Aumento proyectado en demanda de electricidad a raíz de la electromovilidad

La gradual transición que vive el país en su paso por la masificación de los vehículos eléctricos traerá cambios no solo en distintas actividades económicas y puestos de trabajo, sino que también en la cantidad de electricidad para la carga de estos vehículos.

La Comisión Nacional de Energía (CNE) ha realizado proyecciones en las que espera el factor de la electromovilidad incremente fuertemente la necesidad eléctrica disponible. De acuerdo a sus estudios prevén que de los 17,6 GWh actuales en el país el año 2020, se pasará a 30,4 GWh para 2021 llegando a 384,5 GWh en 2030. Ya para el año 2036 la demanda eléctrica superará los 1.000 GWh por año, empinándose a los 1.431 GWh y 1.885 GWh para los años 2038 y 2040, respectivamente (Electromov, 2020m).

El mercado del reciclaje y reutilización de baterías

De acuerdo a estudios por parte de la consultora IDTechEx, para 2040 existirá a nivel mundial un

total de 7,8 millones de toneladas cada año de baterías de vehículos eléctricos que deberán ser reemplazadas. De acuerdo a sus estimaciones, el mercado mundial para el reciclaje de baterías bordearía los USD \$31 mil millones por año (Híbridos y eléctricos, 2020b).

Este potencial escenario debe ser parte de las consideraciones respecto a la preparación de capital humano que pueda reutilizar o bien reciclar baterías de vehículos eléctricos en el país, ya que representará un espacio para el desarrollo de nuevos modelos de negocios y emprendimientos asociados. En Chile cobrará aún más relevancia lo que pueda realizarse con estas baterías debido a las obligaciones asociadas a la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje o más conocida como ley REP. Esta ley mandata a los productores de diferentes tipos de materiales a reutilizar y reintegrar a la economía una serie de elementos, entre ellos, las baterías.

En este contexto, será necesario tener consideración la decisión sobre reutilizar o reciclar cada batería dependiendo de sus componentes químicos, así como de su carga restante como para pensar en su utilidad de segunda vida, con usos diferentes a la que posee en un vehículo.

Emprendimientos eléctricos en dos ruedas

Ante la saturación vehicular frecuente que existe en la Región Metropolitana y en otras ciudades, durante los últimos años se ha presentado una oportunidad para el negocio de venta y arriendo de vehículos eléctricos de dos ruedas tales como *scooters* y, más recientemente, bicicletas motorizadas. Estos medios permiten acercar a la población los beneficios de la electromovilidad al ser vehículos de menor costo respecto a los de un automóvil.

5. Avances en Chile para la formación y capacitación de capital humano en electromovilidad

Estrategias desde las Instituciones de Educación Superior

Los desafíos que implican las nuevas tecnologías en electromovilidad han sido atendidos por instituciones de educación superior líderes en la formación de técnicos y profesionales afines a las necesidades del mundo productivo. Es por ello que actualmente en el país ya existen planes de adecuación de mallas curriculares y/o creación de cursos/diplomados de formación para la electromovilidad y biocombustibles, y la formación y capacitación de quienes deberán formar a las futuras generaciones de trabajadores relacionados a los vehículos eléctricos.

Al igual que en la experiencia de los países líderes en electromovilidad, instituciones educacionales chilenas han establecido alianzas con empresas automotrices para reacondicionar sus programas de estudio. Éste es el caso de la Universidad Técnica Federico Santa María que en 2017 firmó un convenio de cooperación con la empresa china BYD con el cual capacitó a cinco docentes en su sede principal en Shenzhen. El objetivo consistió en conocer los nuevos requerimientos técnicos para incorporarlos en los programas de mecánica automotriz referentes a mantenimiento, reparación y operación de vehículos eléctricos (UTFSM, 2018).

En el caso de INACAP, destaca el convenio de colaboración con la empresa BYD para capacitar y entregar los nuevos conocimientos asociados a esta tecnología. En sus centros cuentan con académicos capacitados y certificados para trabajar con vehículos eléctricos gracias al envío de un grupo de docentes a certificarse en Francia, a través del convenio existente con el Ministerio de Educación Francés y el grupo PSA (Peugeot-Citroën-Ds y Opel). Así fue posible desarrollar el material técnico pedagógico para transformarlos en cursos, asignaturas y capacitaciones (Electromov, 2019a).

Duoc UC capacitó alrededor de 800 alumnos de mecánica automotriz en movilidad eléctrica en 2019 (Duoc UC, 2019). Adicionalmente, en términos de la infraestructura de carga, se está ejecutando un plan de instalación de puntos de carga para autos eléctricos en sus campus, que ya cuenta con instalaciones abiertas a la comunidad en sus sedes San Joaquín y Plaza Norte, ambos con la debida certificación SEC.

Por otra parte, el Centro de Energía de la Universidad de Chile capacitó en 2018 a los 300 conductores de los primeros 100 buses eléctricos incorporados al servicio de transporte público de Santiago. Este programa de formación consistió en 28 horas de aprendizaje e incluyó contenidos referentes a conducción, atención de

pasajeros, huella de carbono, energías limpias y efecto invernadero (FCFM, 2018).

Otro hecho destacado durante 2019, fue la capacitación realizada por INACAP a alrededor de 40 bomberos de la Región Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins sobre el funcionamiento de buses eléctricos interurbanos, a raíz de que la empresa Turbus ya opera entre Santiago y Rancagua. El objetivo fue enseñar los procedimientos adecuados en caso de una emergencia o accidente, debido a los potenciales riesgos por descarga eléctrica asociados a la intervención de estos vehículos y para demostrar los procedimientos de desenergización (Inacap, 2019).

Becas Técnicos Para Chile

Junto a la estrategia de las Instituciones de Educación Superior, desde el Ministerio de Educación realizan esfuerzos por formar capital humano requerido en actividades económicas estratégicas para el país.

Es así como desde el Programa "Técnicos para Chile" se contribuye a la formación técnico profesional para este objetivo, a través del otorgamiento de 200 becas anuales de perfeccionamiento desarrolladas en el extranjero. Así, la entrega de estos beneficios busca la actualización de competencias para técnicos superiores y docentes técnicos profesional⁷ (Mineduc, 2020a).

Dentro de energías renovables, aquellos que se perfeccionan en electromovilidad son destinados a Alemania donde buscan formarse en temáticas tales como: sostenibilidad, tecnología vehicular eléctrica y almacenamiento de energía, infraestructura para la recarga vehicular eléctrica y almacenamiento de energía, gestión de la demanda energética, eficiencia energética, gestión de calidad, entre otros.

Especialidades Educación Media Técnico Profesional y carreras de la Educación Superior que podrían proveer personal para el desarrollo de la electromovilidad

Actualmente en el país existen planes formativos de nivel medio y superior que, de actualizar sus planes curriculares, podrían ser el sustento con el cual seguir masificando la electromovilidad, a través de sus distintas actividades económicas y puestos de trabajo asociados.

De acuerdo a las bases de datos abiertos del Ministerio de Educación mostrados en la Tabla 6, en 2019, la matrícula de estudiantes de Liceos de Educación Media Técnico Profesional (EMTP) en tres de las especialidades asociadas a la electromovilidad, llegó casi a 31 mil estudiantes. Del ellos, sólo el 11% corresponde a mujeres. Sobre los titulados de estas tres especialidades de educación media técnico profesional, entre 2018 y 2019, existieron un total de 22.218 jóvenes, de los cuales sólo el 8% fueron mujeres. Es importante mencionar que estos jóvenes si bien poseen conocimientos específicos mínimos, necesitarán proseguir estudios superiores o cursos de capacitación debido a la probable desactualización de contenidos de aspectos tecnológicos, normativos y de seguridad que poseen para optar a puestos de trabajo asociados a la electromovilidad.

En el caso de carreras y programas de educación, según lo expuesto en la Tabla 7, en 2019 había 93.833 estudiantes en carreras que podrían tener una readecuación de contenidos curriculares en electromovilidad, de acuerdo a los datos del Sistema de Información de la Educación Superior (SIES). Éstas corresponden a 16 áreas de carreras genéricas: diez carreras profesionales, cinco carreras técnico profesionales y un área genérica de postítulo, todas áreas relacionadas a carreras técnicas y/o ingenierías eléctricas, electrónicas, mecá-

⁷ Los requisitos para postular son los siguientes: titulados de carreras técnicas de nivel superior o profesionales de hasta ocho semestres sin licenciatura, Técnicos en Educación Parvularia y docentes de Educación Técnico Profesional Media y Superior. Además, los postulantes deben poseer al menos dos años de experiencia laboral en el área de formación a la que postulan.

nicas metalúrgicas, mecánica automotriz, transporte y prevención de riesgos. En total, agrupan esta matrícula en 1.277 carreras y/o programas ofertados en Chile, donde sólo el 14,4% de los estudiantes son mujeres.

Finalmente, sobre los titulados de las áreas de carreras superiores analizadas, considerando los datos disponibles del SIES, el año 2018 se registran unos 12.900

profesionales y 11.100 técnicos de carreras afines a la electromovilidad, aunque podrían requerir de cursos de capacitación para su adecuación a las necesidades técnicas para los puestos asociados a la movilidad eléctrica. Cabe señalar que, respecto al total de titulados de estas carreras, las mujeres representan sólo el 8%, aunque en relación a los matriculados, tendrían una tasa de titulación mayor a la de los hombres.

TABLA 6. MATRÍCULA Y TITULADOS JÓVENES ESPECIALIDADES EMTP ASOCIADAS A ELECTROMOVILIDAD

Especialidad	Matrícula EMTP			Titulados 2018-2019		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Mecánica automotriz	10.426	1.023	11.449	8.442	547	8.989
Electricidad	11.109	1.355	12.464	7.630	729	8.359
Electrónica	6.011	1.014	7.025	4.333	537	4.870
Total	27.546	3.392	30.938	20.405	1.813	22.218

Fuente: elaboración propia a partir de datos abiertos Mineduc a (2018 - 2019).

La Tabla 7 muestra que las regiones con mayor cantidad de alumnos de EMTP matriculados en tres de las especialidades asociadas a electromovilidad son, en primer lugar, la Región Metropolitana, que concentra un 31% de los matriculados, seguida del Bío Bío con un 10% de los matriculados. En cuanto a la proporción de estudiantes matriculados en carreras o pro-

gramas asociados a electromovilidad en educación superior, las regiones con mayor número de matriculados son la Región Metropolitana, que concentra un 38% de la matrícula, seguida de la región del Bío Bío y Valparaíso, que contienen un 13% y 12% de total de matriculados en áreas asociadas a electromovilidad en el país, respectivamente.

TABLA 7: MATRÍCULA ASOCIADA A ELECTROMOVILIDAD POR REGIÓN

Región	EMTP				Matrícula en carreras o programas asociados			
	Mecánica Automotriz	Electricidad	Electrónica	Total	Carreras Profesionales ¹	Carreras Técnicas ²	Postítulos ³	Total
Arica y Parinacota	219	346	305	870	1.310	520	0	1.830
Tarapacá	542	486	207	1.235	1.446	500	0	1.946
Antofagasta	506	753	241	1.500	3.746	1.052	0	4.798
Atacama	372	485	134	991	1.095	513	0	1.608
Coquimbo	519	596	289	1.404	2.288	2.279	14	4.581
Valparaíso	915	1.501	684	3.100	7.268	4.286	25	11.579
Metropolitana	3.223	3.124	352	9.867	23.702	12.035	207	35.944
Lib. Gral. Bernardo O'Higgins	441	638	203	1.282	1.791	1.448	0	3.239
Maule	937	920	255	2.112	2.553	184	35	4.428
Ñuble	442	407	127	976	925	760	0	1.685
Biobío	1.268	125	513	3.031	7.967	4.238	0	12.205
Araucanía	1.001	802	259	2.062	2.259	151	0	3.769
De Los Ríos	381	300	41	722	1.356	430	4	1.790
De Los Lagos	476	694	207	1.377	1.819	1.782	0	3.601
Aysén, Gral. Carlos Ibáñez Del Campo	26	36	0	62	130	100	0	230
Magallanes	181	126	40	347	333	267	0	600
Total	11.449	12.464	7.025	30.938	59.988	3.356	285	93.833

1 Consideran las 10 Áreas de carreras genéricas profesionales: ingeniería civil eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería civil mecánica, ingeniería civil metalúrgica, ingeniería en electricidad, ingeniería en electrónica, ingeniería en mecánica automotriz, ingeniería en prevención de riesgos, ingeniería en transporte y tránsito, ingeniería mecánica.

2 Considera las 5 Áreas de carreras genéricas técnicas: técnico en electricidad y electricidad industrial, técnico en electromecánica, técnico en electrónica y electrónica industrial, técnico en mecánica automotriz, técnico en prevención de riesgos.

3 Considera el área de genérica postítulo de la Tabla, correspondiente a postítulo en tecnología.

Fuente: elaboración propia a partir de datos abiertos Mineduc (2019) y SIES (2019).

6. Metodología: planificación de escenarios de desarrollo de la electromovilidad

El presente estudio tiene por objetivo analizar la implementación y desarrollo de la electromovilidad en Chile durante los próximos años y las necesidades en el ámbito de capital humano en este camino. Para esto, se emplea una metodología de planificación de escenarios, utilizada para hacer ejercicios prospectivos que den cuenta de lo que puede suceder en un futuro en un determinado tema, tomando en cuenta las decisiones y variantes que pueden conducir a distintos resultados.

Esta metodología no pretende predecir el futuro, sino más bien anticiparse y prever respuestas que encausen las acciones de políticas públicas ante distintos escenarios (Bradfield et al., 2005) y en función de la incertidumbre que pueda existir en la materia. Por ello es que la utilidad de los mismos es mostrar cómo los factores asociados a un fenómeno específico se influyen entre sí y cómo pueden ser afectados por medidas de política pública (WEF, 2018b).

Se trata de un estudio exploratorio, considerando que la electromovilidad es una tecnología cuya introducción es aún incipiente en el país. En este sentido, la metodología de planificación de escenarios, intenta dar respuesta a un contexto de incertidumbre en base a la información disponible y una proyección poco clara desde los actores involucrados. Dado esto, este informe no busca modelar la demanda por vehículos eléctricos, ni de la infraestructura ni demanda por empleo asociado a ello, sino más bien identificar las barreras que actúan como condicionantes en el desa-

rollo y la transición hacia la electromovilidad en estos ámbitos y los perfiles laborales que podrían ser más requeridos en esto.

Este tipo de ejercicios no son nuevos a nivel internacional y son utilizados en diferentes áreas de estudio, entre ellas la electromovilidad o el impacto de la automatización en el mundo del trabajo. En el caso particular de la electromovilidad, ejercicios similares indican que las diferencias entre escenarios de mayor o menor éxito, dependerán en gran medida de la capacidad de generar servicios asociados a los vehículos eléctricos (VE) así como a la infraestructura de carga, ya que esto último es un factor clave en la aceptación de los nuevos usuarios de este tipo de vehículos (Schuh et al., 2018).

Fuentes de información

Para formular los escenarios se utilizaron dos fuentes principales de información. En primer lugar, se utilizó como fuente de información secundaria literatura internacional y nacional especializada y otras fuentes, que dió cuenta de las principales definiciones de la electromovilidad, la experiencia internacional, y el estado actual y avances de esta tecnología en Chile. Esta revisión fue sistematizada en las secciones 2 a 5 ya expuestas.

En segundo lugar, se realizaron entrevistas a 15 representantes de organizaciones públicas y privadas que lideran la transición a esta tecnología, con el objetivo

de obtener sus visiones respecto al desarrollo e implementación de la electromovilidad y sus principales barreras y facilitadores.

Adicionalmente, se contó con la colaboración de profesionales del Ministerio de Energía que asesoraron en

la elaboración del estudio y la definición de los escenarios a través de reuniones periódicas con el equipo de investigación.

La Tabla 8 a continuación resume las características de los actores entrevistados:

TABLA 8. RECUENTO ENTREVISTAS ESCENARIOS Y CAPITAL HUMANO EN ELECTROMOVILIDAD

Área estratégica	Organismo	Nº Entrevistas
Oferta de Vehículos eléctricos	- Automotora - Experiencia reconversión vehículo combustión interna	2
Flota de Transporte público	- Dirección de transporte público - Empresa distribuidora	2
Infraestructura de carga	- Empresas líderes de Mercado	2
Formación Capital Humano	- Instituciones Líderes Educación Superior	2
Usos en la minería	- Empresas mineras	2
Empresas de encomiendas	- Empresa especializada	1
Normativas y políticas públicas	- Superintendencia Energía y Combustibles - Ministerio de Energía - Agencia Sostenibilidad Energética	4

Fuente: elaboración propia a partir de levantamiento en terreno.

Dimensiones y criterios para la Planificación de Escenarios

La metodología de planificación de escenarios inicia su análisis con un escenario base o inicial, para luego dar paso a escenarios posteriores de desarrollo de acuerdo a la interacción de distintas variables, que actúan como barreras o facilitadores. En cada escenario existen diferentes logros y desafíos asociados, en función de cómo se sorteen las distintas barreras y se impulsen los facilitadores. El paso entre escenarios supone la obtención de objetivos del escenario anterior, por lo que se entiende que el último escenario requiere de una superposición de logros de los escenarios anteriores.

En este estudio, la definición de los escenarios se realizó a partir del análisis de la interacción de variables en 3 dimensiones clave: (I) el estado del desarrollo de tecnologías, (II) las políticas de fomento y desarrollo y (III) la formación, capacitación y certificación de capital humano en materia de electromovilidad.

A partir de las fuentes de información mencionadas, el análisis de estas dimensiones clave dio como resultado la formulación de 3 posibles escenarios de la implementación de la electromovilidad en Chile.

El escenario inicial o base corresponde al panorama actual de la electromovilidad en Chile y su estado de

avance, y se ha denominado **Escenario Conservador**. De acuerdo a la interacción de las distintas variables agrupadas en las dimensiones expuestas en la Tabla 9, y de cómo se coordinen los distintos actores públicos y privados involucrados para la implementación de la electromovilidad, se da paso al **Escenario Moderado** y luego al **Escenario Optimista**, considerando éste último, la masificación de la tecnología en el país.

El horizonte de temporal de las estimaciones para estos 3 escenarios tiene como base el **Escenario Conservador** o actual, que abarca el periodo 2017-2020 contemplando el desarrollo e implementación de esta tecnología en la Región Metropolitana. Se selecciona el año 2017 como fecha de inicio, ya que en ese año la venta de vehículos eléctricos en el país superó el centenar de unidades y, además, se implementó el primer bus eléctrico en la historia del sistema de transporte de Santiago (Red Metropolitana de Movilidad, 2017), hitos que marcaron el inicio de la transición a la electromovilidad en el país. Se considera un desarrollo conservador, en cuanto que, si no se avanza en las 3 dimensiones consideradas más arriba, la transición hacia la electromovilidad en Chile quedaría igual que en la actualidad.

A partir del año 2021, bajo el supuesto que el país avance respecto a las barreras y facilitadores que se identifi-

caron en el escenario base o conservador, se pasaría a un **Escenario Moderado**. Sin embargo, sabemos que el logro de los objetivos no es simultáneo, y va a depender de las distintas variables que en el estudio se analizan. De acuerdo a las visiones de los actores entrevistados, no hay claridad respecto a cuándo esto ocurra, por lo que es difícil predecir o definir un horizonte de término para este escenario, aun cuando bajo las condiciones actuales, se pueden suponer avances en función de los compromisos adquiridos por el país, como, por ejemplo, la electrificación del todo el transporte público metropolitano con meta en el año 2040.

Por último, el **Escenario Optimista**, se proyecta en un horizonte de tiempo hacia el año 2050, fecha para la cual Chile comprometió la carbono neutralidad, una penetración del 58% de vehículos eléctricos y de un 100% para taxis y buses (Palma et al, 2019), lo cual se consideraría como una masificación de la electromovilidad en todo el país, suponiendo el desarrollo de la tecnología y la infraestructura que la soporte, la plena implementación de las políticas de fomento y la disponibilidad de capital humano especializado.

La sección 7 a continuación describe los resultados esperados para cada uno de los escenarios proyectados.

TABLA 9. DIMENSIONES, SUBDIMENSIONES Y ESCENARIOS DE ANÁLISIS

Dimensiones	Subdimensiones	Escenarios		
I. Desarrollo de tecnologías	Vehículos	Escenario Conservador	Escenario Moderado	Escenario Optimista
	Infraestructura de carga			
II Políticas de fomento y desarrollo	Políticas monetarias			
	Políticas no monetarias			
III. Formación, capacitación y certificación de capital humano	Formación técnica a nivel medio			
	Formación técnica superior y universitaria			
	Certificación, capacitación y reconversión laboral			

Fuente: elaboración propia.

7. Resultados

7.1 Escenario Conservador

Este primer escenario considera que el rumbo actual en la transición a la electromovilidad mantenga su curso en los próximos años, sin grandes cambios a los avances ya logrados. Cabe recalcar que Chile es uno de los países líderes en Latinoamérica y el mundo en el cambio a la electromovilidad en su flota de transporte público metropolitana. Esto a causa de que la electromovilidad ha sido estratégicamente planeada y ha involucrado a distintos actores para sumarse a los esfuerzos por la masificación del transporte eléctrico público. No obstante, el país se encuentra en un momento de inflexión, en el que debe seguir alcanzando nuevos y distintos logros, ya que de lo contrario esta tecnología podría quedar limitada al transporte público, dejando fuera el transporte privado y VE particulares.

I. Desarrollo de tecnologías: alto valor de VE y problemas con la infraestructura de carga pública y privada

- **Vehículos**

En un escenario conservador los vehículos eléctricos (VE) livianos son todavía un medio de transporte que sólo está al alcance de un porcentaje menor de la población del país. Si bien existe conciencia respecto a la importancia de disminuir las emisiones de gases contaminantes y los compromisos del país en contra del cambio climático, la mayoría de la población no puede acceder a VE particulares. El precio de estos vehículos es todavía alto en

comparación a modelos similares⁸ de combustión interna y la oferta de vehículos sólo se reduce a algunas marcas y pocos modelos.

A nivel mundial si bien el costo de esta tecnología ha bajado con el paso de los años, Latinoamérica y Chile aun no representan un mercado especialmente atractivo para las empresas automotoras, en comparación a la demanda en Estados Unidos, la Unión Europea o China. En consecuencia, los precios no han bajado lo suficiente. En este escenario, no hay incentivos o porcentajes mínimos de ventas que se les exijan a las empresas automotoras. El único tipo de VE que es atractivo de traer al país son los buses eléctricos para el transporte público de la Región Metropolitana, pues Chile es uno de los países con mayor cantidad de unidades de este tipo en su transporte metropolitana. En el caso de vehículos de uso comercial o VE livianos para el transporte público tipo taxis o colectivos, la penetración de automóviles eléctricos es baja en este escenario.

- **Infraestructura de carga**

Un elemento esencial en la transición a la electromovilidad es la disponibilidad de infraestructura de carga pública, así como la correcta instalación de cargadores residenciales. Respecto a la infraestructura de carga pública es importante enfatizar que, si bien la mayoría de carga por parte de propietarios de VE se realiza durante la noche, de acuerdo a la literatura y las entrevistas realizadas, la existencia de suficientes puntos de carga en sectores estratégicos

⁸ El precio promedio de un VE actualmente se encuentra en los 25 millones de pesos.

gicos de una ciudad resulta clave para el incentivo de la electromovilidad en caso que sea necesaria la recarga de los VE durante el día por parte de los conductores. Es por ello que, la existencia de una baja cantidad de puntos con infraestructura pública ralentizará la masificación de VE, tanto por particulares como por empresas con flotas de vehículos y/o taxis-colectivos.

En el caso de cargadores residenciales, la situación en este escenario conservador también resulta más compleja de lo esperado. En las entrevistas se ha señalado que la carga de un VE en cualquier hogar del país duplicaría la cantidad de energía eléctrica utilizada. Aunque en este escenario la cantidad de VE no se ha masificado, de igual forma, cada carga de un VE en hogares representa un desafío para el sistema de distribución y transmisión eléctrica de zonas residenciales con redes de baja tensión. Los VE pueden ocasionar problemas de cortes del suministro eléctrico ya que los equipos de carga saturan la capacidad eléctrica. En el caso de edificios residenciales, se presenta el problema para los propietarios de VE de cómo instalar sus cargadores en los estacionamientos del edificio, pues éstos no están diseñados para la instalación de cargadores residenciales. Por lo tanto, es necesario realizar estudios de viabilidad específicos a cada edificio con miras a reducir los costos asociados a instalar estos cargadores eléctricos.

En términos de fiscalización sobre las normas de seguridad de instalación de cargadores residenciales, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) si bien no se ve exigida por la baja cantidad de instalaciones de cargadores residenciales a la fecha, posee escaso personal habilitado para esta tarea. De igual forma, los electricistas que conocen las especificaciones necesarias en este tipo de instalaciones

son insuficientes, lo que anticipa sería un problema en caso de una mayor masificación de VE, tal como se describirá en los otros escenarios.

II. Políticas de fomento y desarrollo

- **Políticas monetarias de fomento y desarrollo: líderes en transporte público electrificado**

De acuerdo a la ejecución de la Estrategia Nacional de Electromovilidad, en un escenario conservador el país continuaría con el recambio de su flota de buses de transporte público, con prioridad en el transporte de la Región Metropolitana. De acuerdo a la información recabada, los buses eléctricos han sido positivamente evaluados, no sólo por las empresas de transporte regional, sino que también por los propios usuarios, por lo que todo indicaría que ésta sería una política que mantendría la inversión e incentivos existentes en las licitaciones futuras para seguir incorporando más buses eléctricos.

Junto a la electrificación de buses públicos, se ha creado un subsidio estatal de aproximadamente 6 millones de pesos por auto, llamado "Renueva tu colectivo" para que los taxis-colectivos cambien sus vehículos por eléctricos lo que, en suma, muestra el incentivo por un transporte público eléctrico en el mediano plazo. Sin embargo, este subsidio es subutilizado en este escenario.

En cuanto al escenario normativo, actualmente se encuentra en discusión en el Senado el proyecto de Ley de Eficiencia Energética, que tiene por objetivo promover el uso racional y eficiente de los recursos energéticos del país. Dentro de los diversos artículos que conforman la ley, uno de ellos tiene por objetivo impulsar la cantidad de VE en el parque automotriz. Para esto, el Artículo 7° fijará para cada año un estándar de eficiencia energética⁹ con el que

⁹ Estos estándares corresponden a metas de rendimiento energético en km/l y su equivalencia en gramos de Co2 emitidos por kilómetro.

deberán cumplir los vehículos motorizados nuevos, sean livianos, medianos o pesados. Así, los importadores o representantes de marcas de vehículos en el país deberán cerciorarse de que, en promedio, los vehículos nuevos que comercialicen cumplan con la meta definida por el estándar de dicho año. En caso contrario, recibirán una multa¹⁰. Estos estándares corresponderían a un incentivo a la electromovilidad, ya que cada VE vendido podrá contarse hasta 3 veces al momento de calcular el promedio de eficiencia energética anual. En el escenario conservador, este proyecto aún no ha sido despachado.

En noviembre de 2020, Banco Estado ha impulsado la electromovilidad a través de una nueva oferta de financiamiento a través de un crédito con una tasa mensual preferencial de 0,56% para la compra de vehículos eléctricos, scooter, bicicletas, triciclos y motos eléctricas. Esta oferta incluye tanto a personas como empresas y tiene por objetivo incentivar a las personas a la disminución de gases de efecto invernadero.

Respecto a los incentivos tributarios, en este escenario, no se agregan nuevos incentivos tributarios ni de descuento o exención del IVA, menor precio de la patente y/o reducción en el pago del permiso de circulación que contribuyera a que más personas adquieran uno de estos vehículos. Además, no hay nuevos impuestos que impliquen un mayor costo o desincentivo a comprar nuevos autos contaminantes, sólo se mantiene el impuesto verde actualmente vigente para vehículos a combustión interna nuevos¹¹, del que están exentos los VE.

- **Políticas no monetarias de fomento y desarrollo: falta de adecuación normativa**

La transición a VE trae consigo una serie de importantes cambios en términos energéticos, de infraestructura de carga, certificación y también en la planificación de las ciudades del país. Estas son consideradas áreas que corresponden a políticas públicas no monetarias y que se manifiestan a través de promulgación de nuevas leyes y/o a la publicación de normativas asociadas que reglamenten cada una de estas materias.

En este marco, hay dos proyectos de ley en formulación y discusión legislativa que serán fundamentales para continuar con el desarrollo de la electromovilidad: la Ley de Eficiencia Energética y la Ley Larga de Distribución. La primera de ellas, junto con lo descrito anteriormente, también tiene por objetivo regular la interoperabilidad de la infraestructura de carga de VE. En definitiva, esta ley permitirá establecer los requisitos de acceso y conexión que deben poseer los VE de manera que la infraestructura de carga pueda ser homogénea en cuanto a tipos de cargadores y usada por cualquier VE.

Respecto a la Ley Larga de Distribución, esta presenta tres ejes centrales: distribución de servicios públicos de distribución, competencia en beneficio de consumidores y protección al usuario. En lo netamente asociado a electromovilidad, esta ley permitirá actualizar la normativa de manera que la figura del distribuidor y comercializador de energía se separe en agentes distintos. Esto abrirá el mer-

10 La multa corresponde a 0,2 UF por cada 100 metros por litro de gasolina, equivalente por debajo del estándar definido para cada año.
11 Es un impuesto que se aplica por única vez a los automóviles nuevos, livianos y medianos, dependiendo de su rendimiento urbano, y que tiene como objetivo incentivar el ingreso de vehículos que contaminen menos. Este impuesto se calcula de acuerdo a niveles de rendimiento urbano, emisión de óxido de nitrógeno y precio de venta del vehículo. Los siguientes son vehículos exentos de este impuesto: Las camionetas nuevas de hasta 2.000 kilos de capacidad de carga útil que pasen a formar parte del activo inmovilizado de contribuyentes afectos al IVA, taxis una vez inscritos como tales en el sitio web de la TGR, vehículos de transporte de pasajeros con más de nueve asientos, camiones, camionetas y furgones de 2.000 o más kilos de capacidad de carga útil, ni a furgones cerrados de menor capacidad, tractores, carretillas automóbiles, vehículos a propulsión eléctrica, vehículos casa rodante autopropulsados, vehículos para transporte fuera de carretera, coches celulares, coches ambulancias, coches mortuorios o coches blindados para el transporte.

cado de la comercialización de energía a más actores que podrán ingresar a competir, lo que significaría más interesados en la construcción y operación de infraestructura de carga en lugares públicos.

En este Escenario Conservador, ambas leyes todavía no han sido despachadas por el Congreso y, por lo tanto, no habría regulación sobre la interoperabilidad de cargadores, así como no ingresarían nuevos actores a competir en el mercado de la comercialización energética que permitan masificar la electromovilidad.

Asimismo, en este escenario no existe una regulación que permita la alternativa de transformación de vehículos de combustión interna a VE en Chile. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia internacional y las entrevistas realizadas, sería posible de realizar desde un punto de vista técnico. Esta medida permitiría colaborar en la masificación de la electromovilidad pues el costo de transformación de un vehículo de combustión interna a eléctrico, dependiendo de la capacidad de la baterías, sería menor al de la compra de un VE nuevo¹². No obstante, para su autorización es requisito tener una normativa que especifique los estándares mínimos de seguridad en este proceso y especialmente explicitar las atribuciones para el Ministerio de Transportes y la SEC, en la certificación y fiscalización necesarias para llevar esta transformación. Ante la ausencia de esta normativa se incursionan en transformaciones de vehículos allí donde no es necesaria la norma, tienen una actividad delimitada fuera de la vía pública y son utilizados en la economía. Estos son los casos de vehículos en la actividad minera y también en los vehículos utilizados por personal de aeropuertos para su desplazamiento dentro de los límites del mismo.

Otras normativas ausentes en el escenario base, serían aquellas relativas a regulación de la construcción de infraestructura de carga en la vía pública, de modo de que sea planificada de manera armónica para cada ciudad e incluida en los instrumentos de planificación urbana y que asegure un acceso equitativo a esta infraestructura por parte de la población de las ciudades.

Respecto a políticas de difusión, en este escenario existen campañas informativas de difusión de las ventajas y beneficios de VE principalmente a través del uso de transporte público. En ellas el objetivo es colaborar en la interiorización de la población de esta tecnología con el fin de preferir medios de transporte eléctricos para mitigar el impacto medioambiental. No obstante, este tipo de campañas no permea en la mayoría de la población debido a que todavía su masificación se remite mayoritariamente al transporte público solo en la Región Metropolitana y a un segmento muy pequeño de conductores que pueden pagar un VE.

III. Formación, capacitación y certificación de capital humano

- **Formación Técnica-profesional de nivel medio: alto costo impide su adaptación**

Actualmente, entre las especialidades de la rama industrial de la Educación Media Técnico-Profesional (EMTP) se encuentran: mecánica automotriz, electrónica y electricidad. En un escenario conservador, según datos del Mineduc, actualmente existen unos 31 mil estudiantes matriculados en estas especialidades, que, si bien no son especialistas en electromovilidad, podrían reconvertirse y especializarse en esta área, por lo que estas cifras dan

12 Actualmente el valor de un VE ronda los 25 a 30 millones de pesos mientras que la transformación de un vehículo de combustión interna a VE tiene un valor entre los 5 y 6 millones de pesos para modelos de menor tecnología, sin embargo, el costo real de la transformación, va a depender también de la capacidad de la batería que se utilice y su costo asociado.

cuenta de la mano de obra potencial con la que se contaría para la continuidad y mayor implementación de esta tecnología.

Ahora bien, estas son tres especialidades que requieren de una revisión de contenidos, docentes capacitados y equipamiento de laboratorio e infraestructura adecuada para la formación de sus estudiantes con miras a la que será una gradual y creciente demanda por técnicos para perfiles laborales asociados a electromovilidad. Actualmente, los establecimientos educacionales que poseen estas especialidades no cuentan con los recursos ni elementos necesarios para la readecuación en la formación de sus estudiantes.

Sumado a lo anterior, en este escenario la formación relacionada a las especialidades afines a electromovilidad en la EMTP se concentran en las regiones que albergan las grandes ciudades del país, principalmente en la Región Metropolitana, seguidas de las regiones de Bío Bío y Valparaíso, lo que es una limitante para la penetración de esta tecnología en otros lugares.

- **Formación universitaria y técnica superior: alto costo ralentiza su adaptación**

De acuerdo a los resultados de esta investigación, gran parte de los perfiles laborales que serán requeridos para puestos de trabajo asociados a la electromovilidad requerirán de un nivel educacional superior, especialmente en la formación de mecánicos automotrices de vehículos livianos, medianos y maquinaria pesada, junto a ingenieros o técnicos eléctricos. En el caso de estos últimos, de acuerdo a los artículos 6°, 7° y 8° del D.S. N° 92, Reglamento de Instaladores Eléctricos, junto a lo recabado en las entrevistas, aquellos que están en condiciones

de trabajar con las competencias necesarias en puestos asociados a electromovilidad son los electricistas tipo A y B, que requieren ser bien un ingeniero Civil Electricista, Ingeniero de Ejecución Electricista o un Técnico en Electricidad de un centro de estudios superiores aceptado por SEC, lo que fija criterios de entrada respecto a quienes están calificados para este tipo de ocupaciones.

Más que la creación de nuevas carreras, a partir de las entrevistas realizadas a expertos, se prevé que lo que se requerirá es la readecuación de mallas curriculares de carreras actuales, con opciones para salidas y/o especializaciones en electromovilidad. Actualmente, existen 22.218 hombres y mujeres titulados de carreras afines a la electromovilidad y 30.938 matriculados en carreras profesionales, técnicas o postítulos asociados a la electromovilidad. Al igual que para la formación de EMTP, estas personas no necesariamente son especializadas en electromovilidad; sin embargo, este escenario inicia con más de 50 mil profesionales que potencialmente podrían especializarse en esta temática. De igual manera que para el caso de la educación media técnico profesional, los profesionales relacionados a áreas de la electromovilidad se concentran en la Región Metropolitana y en otras regiones con las principales ciudades del país, lo que dificulta el desarrollo de esta tecnología, dada la escasez de técnicos y profesionales en el resto del país.

Para los cambios graduales que deberán realizarse, al igual que para la formación EMTP, se requiere del equipamiento y la infraestructura necesaria para su formación. Un laboratorio pequeño con las medidas de seguridad necesarias sumado al VE de prueba podría tener un valor cercano a los 90 millones de pesos¹³ ya que se incluye el vehículo, simula-

13 De acuerdo a las entrevistas realizadas.

dores, equipos de laboratorio, sumado a elementos de seguridad personal. De este modo, el alto costo de inversión hace que solo algunas casas de estudio actualmente puedan formar capital humano con especializaciones en electromovilidad, y trabajen de forma colaborativa con marcas automotoras para la formación de capital humano especializado.

Los esfuerzos de las políticas públicas buscan, por lo tanto, formar capital humano técnico avanzado en el exterior que luego vuelva para emplearse en el país. Es por ello que las Becas “Técnicos para Chile” han focalizado los esfuerzos por formar con pasantías de hasta 9 meses en países desarrollados, líderes en distintas especialidades técnicas, a técnicos de nivel superior y docentes técnicos. Este programa entrega 200 becas anuales en total para diferentes áreas de especialización entre las cuales se encuentra electromovilidad con pasantías en Alemania.

- **Certificación, capacitación y reconversión laboral: baja pertinencia ante nuevos contenidos**

En términos de capacitación para perfiles laborales que serán más demandados, en las condiciones actuales, son pocas las alternativas que pueden entregarse a quienes deseen obtener los conocimientos y/o certificaciones necesarias por esta vía.

Los cursos de capacitación entregan conocimientos que no alcanzarían a cumplir con los niveles de competencias requeridos. Esto se debe especialmente al requisito de que los cursos deben contar con medidas mínimas de seguridad para realizar la capacitación y, por ende, contar con el equipamiento e infraestructura necesaria, lo que reduce la cantidad de organismos oferentes aptos para entregar este tipo de cursos. Esto influiría, por ejemplo, en un menor número de electricistas capacitados para realizar instalaciones o mantenimiento asociado a VE.

En relación a las capacitaciones para bomberos y personal de asistencia en ruta en caso de accidentes con VE involucrados, son aún insuficientes y se realizan en la medida que se gestiona la necesidad, no obstante, no existe un plan para capacitar a personal a lo largo del país.

Otro desafío de capacitación se presenta en las Plantas de Revisión Técnica (PRT). En estas instalaciones deben aplicarse las capacitaciones en su personal para realizar las medidas de evaluación adaptadas a los nuevos vehículos. Deberán ser capaces de diagnosticar entre VE de buen y mal estado para su aprobación, así como operar correctamente los instrumentos necesarios para ello.

Finalmente, un área adicional de capacitación es la que se requiere para la conducción de VE tanto buses como vehículos livianos. En el caso de los buses eléctricos, es necesaria la inclusión o modificación de algunos de los contenidos con información respecto a los resguardos que debe tener el conductor con estos vehículos, así como la forma de mantener la vida útil de la batería de forma óptima. Esto refiere a que, debido a que un bus en la Región Metropolitana recorre 200 kilómetros diarios, si el conductor no hace buen uso de los frenos regenerativos de la batería podría quedar sin carga antes de terminar su recorrido diario. A este respecto, en un escenario conservador se han introducido modificaciones para los cursos de conducción que se realizan en la Región Metropolitana y que están asociados especialmente a las becas que se entregan para la obtención de esta licencia profesional A3. No obstante, en el caso de los contenidos obligatorios para el resto de licencias, no se realizan modificaciones todavía, debido a la baja penetración de VE en el mercado automotriz.

7.2 Escenario Moderado

El segundo escenario sería el resultado del logro de ciertos hitos clave para el desarrollo de la electromovilidad en el país. En primer lugar, en este escenario se electrificaría todo el transporte público metropolitano con meta en el año 2040, y segundo, aumentaría el número de vehículos eléctricos livianos en el parque automotriz, acorde se vayan equiparando los costos de los VE a aquellos de combustión interna. La consolidación del transporte público eléctrico de la capital, sumado a una mayor circulación de VE particulares, tendría sus causas en factores como la existencia de un marco normativo energético acorde con las nuevas tecnologías, que se materializaría a partir de la promulgación de la Ley de Eficiencia Energética y la Ley Larga de Distribución, y con ello la disponibilidad de la infraestructura de carga necesaria para cumplir con estos objetivos.

I. Desarrollo de tecnologías: precios de VE competitivos y construcción de infraestructura de carga en la vía pública de la Región Metropolitana

- **Vehículos**

En un escenario moderado existiría un incremento más pronunciado en las ventas de VE año a año, tomando gradualmente la forma de un crecimiento exponencial. Ante la existencia de normativas que entregan certezas, menores precios de los VE asociados a tecnologías más baratas y su menor coste de importación -por mayor volumen de unidades- esta baja se traspasaría a los usuarios. Esto reflejaría un mercado con incentivos para las empresas automotoras de disponer al público una mayor cantidad de modelos de VE.

- **Infraestructura de carga**

Otro elemento facilitador en el escenario moderado para la mayor adquisición de VE particulares es que

se promulgarían la Ley de Eficiencia Energética y la Ley Larga de Distribución, que permitirían la mayor disponibilidad de infraestructura de carga de acceso a los usuarios, lo que tendría un efecto positivo en la percepción de confianza de los conductores de poder acceder a carga para sus vehículos en diferentes rutas. Esto se reflejaría en el aumento de las ventas de VE livianos particulares y de empresas de encomiendas o de otros usos comerciales.

En este escenario, se considera que la red eléctrica que abastece de energía a la Región Metropolitana ha logrado prepararse para el incremento en la demanda de energía tanto para VE particulares como para los buses eléctricos. En el caso de los VE particulares, la necesidad por incrementar la distribución de energía en zonas residenciales de baja tensión iría de la mano con el uso eficiente de la energía y, por ende, de la carga de VE en el transcurso de la noche que permita no saturar el sistema. No obstante, el rápido incremento de la demanda por instalar cargadores en edificios residenciales podría generar problemas de atochamiento ante la falta de adecuación de los edificios ya construidos que no poseen ductos o el amperaje necesario para instalar cargadores de VE. Para lo anterior, es deseable realizar adecuaciones que habiliten la distribución de carga suficiente para las zonas residenciales, tales como cambios en los transformadores desde la vía pública, así como en los alimentadores que dan hacia los edificios. De lo contrario este también será un costo adicional para los usuarios.

En relación a los terminales de buses, éstos representarían en su conjunto un problema similar si no se invierte en puntos de carga, ya que los buses eléctricos requieren de una cantidad considerable de potencia eléctrica. De acuerdo a las entrevistas realizadas a expertos, los terminales requerirán de sus propias instalaciones, como por ejemplo un ali-

mentador nuevo, para habilitar las suficientes unidades de infraestructura de carga. En este escenario, gracias a la normativa y a los equipos de carga inteligente disponibles y en la medida en que todos los buses carguen de noche, cuando vayan cargándose unos, se liberará energía para otros.

En un escenario moderado, la infraestructura de carga se implementaría de manera más rápida en la capital que en otras regiones, debido a la mayor cantidad de VE en Santiago, aun cuando las proyecciones de las empresas eléctricas comprometen cargadores para abastecer de la demanda de carga en todo el país en un horizonte temporal para este escenario.

II. Políticas de fomento y desarrollo

- **Políticas monetarias de fomento y desarrollo: transporte público RM 100% electrificado y creación de incentivos a VE**

En un escenario moderado se alcanzaría la total electrificación del transporte público como efecto de buses eléctricos con un doble éxito a su haber. En primer lugar, se habrían superado las expectativas de las empresas de transporte operadoras de la capital debido a que, si bien la inversión inicial es mayor a la de un bus tradicional¹⁴, la reducción periódica de mantenimiento¹⁵, el ahorro en combustible por el menor coste de la energía eléctrica al diésel y los incentivos ofrecidos -contratos del pago en 14 años en vez de 10 años como los buses de combustión interna haciendo más barata su cuota mensual- harían más convenientes estas máquinas para los operadores.

El segundo gran éxito de los buses eléctricos vendría dado por la alta valoración de los usuarios por este tipo de máquinas. Calefacción, aire acondicionado, Wifi, puertos de carga USB y, sobre todo, su desplazamiento silencioso, son algunas de las características más destacadas por los usuarios. Esta mayor valoración respecto a buses tradicionales, podría incluso traducirse en menores niveles de evasión, de acuerdo a las entrevistas realizadas, ya que la gente siente que está pagando por un servicio que vale el precio.

Si bien no se exige en actuales y futuras licitaciones que la renovación de buses sean necesariamente eléctricos¹⁶, dados los buenos resultados, se espera que, en un escenario moderado, los operadores opten por más buses eléctricos, cumpliéndose con un transporte metropolitano 100% eléctrico antes de 2040.

Respecto a los taxis-colectivos en este escenario moderado, al existir una mayor penetración general de la electromovilidad, se incentivará el recambio a VE con subsidios del tipo "Renueva tu Colectivo" y a través de mecanismos como menores costos de patentes y permisos de circulación para aquellos taxis que utilicen VE, y mayor disponibilidad carga gratis en la vía pública.

En cuanto a la Ley de Eficiencia Energética, en este escenario moderado con la promulgación de la Ley y entrada en vigencia del artículo 7°, que impone metas anuales de eficiencia energética a los importadores y marcas de automóviles, permitiría la ma-

14 Un bus eléctrico tiene un valor aproximado de USD \$300.000. Este valor se compensa con un 66% menos de costos operacionales, especialmente debido al ahorro en combustible y energía (Banco Mundial, 2020).

15 Revisión de mantenimiento en un vehículo de combustión interna es cada 10.000 kilómetros y un bus recorre en promedio 7.000 kilómetros al mes. Por tanto, un bus eléctrico ya representa un ahorro de un servicio de mantenimiento cada mes y medio.

En términos de costos se calcula que estos son un 66% menores a los de un bus de combustión interna (Banco Mundial, 2020).

16 La exigencia es la norma de buses menos contaminantes EURO 6, la más exigente de Sudamérica.

por disponibilidad de modelos y el incremento en las ventas de VE.

Además, junto con la construcción de infraestructura de carga en la vía pública, se sumarían otras medidas tributarias o apoyos financieros que incentivarían la compra de VE livianos por parte de empresas que renuevan sus flotas de vehículos comerciales. Una de ellas refiere al tipo de apoyo financiero que ofrece el Banco Estado a empresas pequeñas con facilidades de créditos para el recambio de sus vehículos por VE. En el escenario moderado, más instituciones financieras se sumarían a otorgar este tipo de productos.

Junto a lo anterior, en este escenario, potenciales adecuaciones y correcciones tributarias permitirían a los VE ser económicamente más atractivos. Por ejemplo, incentivos monetarios para empresas con flotas vehiculares, en las que los VE adquiridos que pasen a ser parte del activo inmovilizado con exención del IVA¹⁷. De manera complementaria, se endurecerían las medidas contra vehículos más contaminantes, como la revocación de la exención de impuestos a las camionetas nuevas de hasta 2.000 kilos, debiendo pagar un porcentaje del IVA que se irá incrementando gradualmente en un plazo de tiempo determinado hasta completar la totalidad del impuesto. En línea con estas medidas, un incremento gradual del impuesto verde para vehículos comerciales a combustión interna, podría funcionar como incentivo a la compra de vehículos libres de emisión contaminante.

- **Políticas no monetarias de fomento y desarrollo: promulgación de leyes agiliza la transición a la electromovilidad**

La promulgación de las leyes que adecuan la normativa del país a los desafíos y nuevas tendencias

energéticas, establecerían las condiciones para una aceleración en la masificación de la electromovilidad. Si bien estas leyes afectan a todo el país, el desarrollo sería más rápido en la Región Metropolitana que es donde en mayor medida se concentran estos vehículos.

En primer lugar, la Ley de Eficiencia Energética permitiría que, en lo asociado a electromovilidad, se regularan los requerimientos mínimos que deben poseer tanto VE como infraestructura de carga en la vía pública, con el fin de que estos sean homogenizados y tengan mínimos exigibles. Esta medida tendría dos efectos inmediatos: el primero refiere a que la mayoría de los VE eléctricos no tendría problemas para realizar carga en estos puntos. Esto es lo que en términos técnicos de la interoperabilidad refiere al *nivel de componentes* de la interoperabilidad de la infraestructura de carga. El segundo efecto de esta ley refiere al *nivel de comunicación* y que posibilitaría que cualquier VE pueda ser cargado en cualquier infraestructura de carga en la vía pública del país. Esto facilitaría el uso de VE en cualquier región, independiente de donde el usuario posea una cuenta de electricidad asociada, haciendo posible la carga del VE sin la necesidad de un contrato con la empresa de distribución y/o comercialización de energía de una región específica. De esta manera se permitiría la habilitación y comunicación de los operadores de la infraestructura de carga entre sí para que el cobro final llegue a la cuenta del consumidor en su domicilio de origen.

En segundo lugar, la Ley Larga de Distribución permitiría que el mercado de distribución y comercialización de energía sean diferenciados. Para la electromovilidad esto permitiría la entrada de más actores en la comercialización de la energía, lo que crearía incentivos para aprovechar los nuevos mo-

¹⁷ Este proceso será igual al ya existente: se deberá obtener el comprobante de exención y pago con valor cero, llenar el Formulario N°88 y seguir con el pago en la web de la Tesorería General de la República para luego inscribir el vehículo en el Registro Civil.

delos de negocios que surjan a partir de una mayor comercialización de la energía. Entre los efectos esperables está el que se incremente el número de puntos de infraestructura de carga en la vía pública. Entre ambas leyes se generarían incentivos a la adquisición de VE por parte de la población, especialmente en el inicio de la masificación de estos vehículos. En una primera etapa es cuando más dudas existirán respecto a la capacidades y ventajas o desventajas que podría tener un VE respecto a uno de combustión interna. Por ello es que, aun cuando la mayoría de la carga de un VE se realiza durante la noche, la mayor cantidad de puntos de carga en la vía pública¹⁸, sumado a las facilidades de uso de la infraestructura independiente del modelo o la marca en cualquier lugar del país serían facilitadores para este momento crítico en la transición.

Una masificación más pronunciada de VE debería llevar modificaciones sobre la planificación urbana. En un escenario moderado, en la RM, se deberían contemplar estudios para la localización estratégica y equitativa de la infraestructura de carga. De igual forma, se deberían realizar ajustes a las normas de edificación para considerar gradualmente la incorporación de ductos para habilitar cargadores eléctricos residenciales, así como incrementar las capacidades energéticas de los mismos.

Como medidas no monetarias que actúen como incentivos para la masificación de VE, se consideraría un conjunto de beneficios preferenciales para sus usuarios como carriles exclusivos, estacionamientos preferenciales o gratuitos, eximición de restricciones vehiculares, entre otros. Respecto a las campañas de difusión desde el Gobierno, és-

tas tendrían una mayor influencia en los sectores medios y altos de la población debido a que son quienes más analizarán el recambio de sus vehículos por VE. Entre los contenidos de las campañas de difusión sobre los beneficios propios de estos nuevos vehículos se encuentra el dar conocimiento sobre algunas de las medidas preferenciales para VE ya mencionadas.

A pesar de los avances descritos, todavía no existiría una definición sobre las funciones, atribuciones y deberes de organismos del Estado que permitirían habilitar la transformación de vehículos de combustión interna por VE. Por ello la compra de un VE todavía será una inversión que, si bien será reconocida como conveniente en el mediano y largo plazo, no será aún asequible para toda la población.

III. Formación, capacitación y certificación de capital humano

- **Formación Técnica-profesional de nivel medio: alianzas y patrocinio del sector privado**

Con la mayor penetración de la electromovilidad en el escenario moderado, y en virtud del contingente de jóvenes formados en especialidades de mecánica automotriz, electricidad o electrónica en los años anteriores, aumentaría el interés de las empresas por contar con jóvenes que tengan formación media técnico-profesional que puedan insertarse laboralmente en puestos de trabajo asociados a la electromovilidad.

De todas formas, una de las barreras para consolidar la formación en electromovilidad dentro de las especialidades, seguiría siendo la falta de re-

¹⁸ Resolviendo así el temor de los conductores de quedarse sin carga antes de llegar a sus domicilios, la denominada ansiedad del rango (Islas et al, 2019).

cursos para la infraestructura y/o de herramientas necesarias (laboratorios con VE entre otros). Ante esto, en un escenario moderado, se realizarían alianzas público-privadas en las que empresas del rubro especializado, acuerden incorporar jóvenes de ciertos establecimientos EMTP en sus dependencias para alguna de las tres especialidades del sector industrial: mecánica automotriz, electricidad y electrónica, en modalidades de formación dual, lo que permitiría a los jóvenes participantes estar en ambientes de trabajo reales, y a las empresas la oportunidad de captar a jóvenes talentos interesados en electromovilidad. Así mismo, a los jóvenes, esta experiencia les podría abrir oportunidades de continuar con sus estudios superiores en carreras asociadas a la electromovilidad.

En términos de actualizaciones curriculares, además de los recursos necesarios para la formación práctica, los contenidos estos deberán readecuarse según si se establezca y actualice un Marco de Cualificación Técnico Profesional para el Sector Energía.

- **Formación técnica superior y universitaria: pocas IES ofertan carreras asociadas**

Las Instituciones de mayor envergadura son las que en este escenario ofrecerían especializaciones en electromovilidad en sus carreras de ingeniería, eléctrica, o mecánica, localizándose solamente en la Región Metropolitana y en las principales ciudades del resto del país. Esto porque en un escenario moderado, aún no se contaría con la inversión necesaria para la expansión de estas especialidades en todas las IES que imparten dichas carreras. Por otro lado, ante la mediana penetración de la tecnología, la demanda laboral por técnicos especialistas en electromovilidad aumentaría, pero no sería aún intensiva.

En función de la mayor demanda por técnicos especializados en mecánica o eléctrica para el desarrollo de la electromovilidad, se iniciarían programas piloto de instituciones de educación superior para incorporar a jóvenes provenientes de la EMTP y convalidar cursos para que más jóvenes continúen sus estudios en carreras relacionadas. Esta iniciativa sería un intento de articulación vertical en la educación técnico-profesional ante la necesidad por formar a capital humano que será demandado en perfiles laborales asociados a la electromovilidad.

Por otra parte, en el escenario moderado, el programa de Becas “Técnicos para Chile” ante la necesidad por técnicos especializados, demandados tanto por el sector privado como por casas de estudios para ejercer docencia, aumentaría el número de becas entregadas por año para minimizar la escasez de técnicos en el país y formar capital humano avanzado en electromovilidad.

- **Certificación, capacitación y reconversión laboral: poca pertinencia ante nuevos contenidos**

Ante la mayor introducción de la electromovilidad en el escenario moderado, podrían presentarse déficits de personal capacitado y certificado para responder a la mayor demanda laboral por la mayor instalación de infraestructura de carga y la mayor circulación de VE. De acuerdo a la visión de los actores entrevistados, los perfiles laborales asociados a electromovilidad que más se requerirán con su masificación, son de nivel técnico superior o profesional, pues cumplirían con los mínimos exigidos por la SEC y las empresas especializadas, por lo que la oferta de capacitación especializada sería mayormente en a ese nivel como requisito de entrada. Por ello, las IES que imparten cursos de capacitación son las que ofrecerían la mayor cantidad

de conocimientos, equipamiento e infraestructura para realizar los cursos de capacitación o diplomados en electromovilidad, más que otros organismos técnicos de capacitación.

Ante la mayor demanda de personal de nivel técnico superior o profesional del área eléctrica o electrónica, en el escenario moderado, habría una escasez de electricistas para certificarse en, por ejemplo, la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura de carga de VE. De forma similar, la SEC requerirá de más profesionales y técnicos que puedan desempeñarse como evaluadores y fiscalizadores para la aprobación de la construcción de infraestructura de carga. Esta situación podría generar atochamiento y demora entre las solicitudes por evaluaciones para realizar estas construcciones y la capacidad para ser aprobadas por el personal de la SEC, demorando la habilitación de infraestructura de carga especialmente en regiones.

Por otro lado, los talleres mecánicos requerirán contar con mecánicos habilitados para realizar los mantenimientos de los nuevos VE, aun cuando el mantenimiento de estos vehículos es menor al de vehículos de combustión interna, en un escenario moderado, se requerirán ingenieros o técnicos mecánicos especializados en Santiago y regiones.

En el caso de las Plantas de Revisión Técnica, a medida que aumente la circulación de VE, se requerirá capacitar a su personal. En un escenario moderado, es probable una mayor demanda por este servicio en la Región Metropolitana que en regiones, considerando una mayor penetración de autos eléctricos en Santiago que en otras ciudades del país.

Para trabajadores sin estudios superiores, la capacitación asociada a electromovilidad se enfocaría

en mayor medida en cursos de conducción para choferes de buses eléctricos, o capacitación de mecánicos o eléctricos de oficio que se vean expuestos a VE o infraestructura de carga en sus quehaceres habituales.

Respecto a la adecuación de contenidos para la obtención de licencias para conductores, además de la inclusión de módulos para la obtención de licencia profesional A3, ante la mayor demanda por VE también sería necesario integrar contenidos para el uso y medidas de seguridad con estos vehículos para la obtención de la licencia no profesional clase B.

Finalmente, en un escenario moderado, sería necesario capacitar al personal de asistencia en ruta y bomberos, en conocimientos y procedimientos de seguridad en caso de accidentes con VE, siendo más probable que se focalicen en un primer momento en la Región Metropolitana y luego a otras regiones en la medida que aumenten los autos eléctricos.

7.3 Escenario Optimista

El último escenario representa las mejores condiciones de desarrollo para la transición a la electromovilidad y su masificación. Si bien es un escenario ambicioso en término de logros, uno de los aspectos más relevantes para su cumplimiento es la coordinación entre actores públicos y privados con el fin de hacer el cambio a los VE lo más atractivo posible en el territorio nacional.

I. Desarrollo de tecnologías: VE competitivos en el mercado y suficiente infraestructura de carga pública y privada

- **Vehículos**
En este escenario la electromovilidad permearía a toda la sociedad de manera transversal, ya sea

a través del uso y beneficio del transporte público, como también por la adquisición de VE de manera particular y de uso comercial. También en la minería se adoptan tecnologías de electromovilidad y se han extendido el uso de VE pesados en otras industrias.

Sobre el mercado de VE livianos particulares, en un escenario optimista, crecería aceleradamente a lo largo del país. Si bien la mayoría de las unidades vendidas corresponderían a la Región Metropolitana, la tendencia sería la de un parque automotriz nacional cada vez más electrificado. Debido a los incentivos para los usuarios y a la baja del precio de la tecnología a nivel internacional, los VE se han vuelto en su mayoría competitivos comparativamente en su valor de compra a los vehículos de combustión interna. Además, en este escenario, podría implementarse una normativa similar a la existente en el Estado de California en Estados Unidos donde las automotoras tienen porcentajes de ventas mínimos de VE por año, con el objetivo de que las empresas también busquen vender este tipo de vehículos para cumplir con las cuotas establecidas, o de lo contrario, existirán multas asociadas. En conjunto, estas condiciones permitirían el crecimiento de las ventas de VE, al punto de que las nuevas estimaciones indicarían que para el año 2050 cerca de la mitad de los vehículos comercializados en Chile serían eléctricos, superando en 10 puntos porcentuales la meta de vehículos comercializados propuesta por el país.

- **Infraestructura de carga**

Gracias a las leyes de Distribución y Eficiencia Energética ya operativas en este escenario, el incremento de VE llevaría aparejado la construcción de puntos de carga de infraestructura pública en todo

el país. De igual forma, la red energética estaría preparada para la mayor demanda de energía desde las zonas residenciales de baja tensión y, sumado a la carga eficiente de VE en horas de bajo consumo, los cargadores particulares absorberían de buena manera el incremento por energía a causa de los VE. El desafío, no obstante, se encuentra en la habilitación de cargadores en edificios residenciales previos a las actualizaciones de normas de construcción para la operación de los cargadores eléctricos.

II. Políticas de fomento y desarrollo

- **Políticas monetarias de fomento y desarrollo: transporte público 100% electrificado de todo el país y ampliación de incentivos a VE livianos**

En un escenario optimista el transporte público lograría la meta propuesta por el Estado y sería completamente eléctrico al 2050. Luego del éxito y los aprendizajes obtenidos en la electrificación del transporte público metropolitano, las direcciones de transporte en regiones también realizarían las adecuaciones en licitaciones, incentivos e infraestructura para propiciar el recambio de buses públicos eléctricos en otras ciudades del país. En este aspecto, en un escenario optimista, Chile se convertiría en uno de los primeros países a nivel mundial en poseer una flota nacional 100% eléctrica. En adición a los buses eléctricos, la mayoría de la flota de taxis-colectivos del país a través de subsidios y beneficios de carga gratuita, harían el recambio a VE.

Además, en este escenario se podría dar un paso más que sumaría a distintos usuarios a la electromovilidad, ya sean empresas o particulares para

sus flotas de uso comercial, o también arriendo de VE. Dentro de estas medidas se encuentran algunas posibles que han sido exitosas en otros países tales como: opciones flexibles de financiamiento para la compra de VE, reducción del precio de patentes y permisos de circulación y/o la disminución de un porcentaje de los peajes en las carreteras del país. Si bien, en su conjunto representan un alto costo fiscal, el aumento progresivo de impuestos verdes, precios de patentes y permisos de circulación a vehículos de combustión interna, podrían compensarlo con el fin de que estas políticas sean sostenibles en la transición eléctrica del país. Por cierto, la continuidad de estas iniciativas dependerá de si la universalización de los VE alcance o supere los umbrales esperados. En la medida que esto ocurra, este tipo de incentivos podrían reducirse gradualmente.

Junto con lo anterior, en un escenario optimista, los estándares de eficiencia energética fijados año a año lograrían ser alcanzados por la mayoría de las importadoras y marcas de vehículos, gracias al incremento en las ventas de automóviles nuevos de tipo eléctrico, lo que permitiría alcanzar el promedio de eficiencia energética fijado por el estándar y renovar de manera considerable el parque vehicular. De modo complementario, las multas establecidas para aquellos importadores que no cumplan con el estándar, se presentarían como una herramienta para compensar la baja en la recaudación de impuestos por la compra de VE.

- **Políticas no monetarias de fomento y desarrollo: normativas favorecen masificación de la electromovilidad**

Las leyes de Eficiencia Energética y Distribución en el escenario optimista, actuarían como incentivo para la expansión y operación de infraestructura de carga y la consiguiente masificación de la electro-

movilidad, junto con alternativas y potenciales modelos de negocios asociados a la comercialización de la energía.

Así también, en este escenario optimista, la regulación de la transformación de vehículos de combustión interna a VE podría ocurrir en un contexto de mayor masificación de la tecnología. Esta regulación correspondería al Ministerio de Transporte y a la SEC, y consideraría los procedimientos y obligaciones en la transformación de cualquier vehículo a lo largo del país. Dentro de lo anterior, los elementos fundamentales que regularía esta alternativa, refieren a mantener el centro de gravedad de los vehículos al reemplazar motores de combustión por motores eléctricos -de aproximadamente la mitad del peso del motor a combustión- y realizar la instalación de baterías y cableado eléctrico de manera de cumplir con los estándares de seguridad. Además de fijar las obligaciones de cualquier taller o empresa que realice este tipo de servicios, también sería necesaria la creación de un ente que fiscalice -o bien dotar de más atribuciones a la SEC- para que estos lugares posean las medidas de seguridad y el equipamiento necesario que les permita realizar este procedimiento.

La transformación de vehículos de combustión interna a VE sería una alternativa para transitar hacia la electromovilidad asequible a toda la población. Ya sea por la baja de precios de VE nuevos en el mercado sumado a esta alternativa de transformación a un VE¹⁹. Esto, además, permitiría implementar modelos de economía circular que le den una mayor vida útil a vehículos que sin esta alternativa pasarían inmediatamente a ser desechados o desmantelados.

De manera adicional, un punto de potencial debate que se abriría como consecuencia de esta medida,

¹⁹ De acuerdo con las entrevistas realizadas se habla de un rango de precios entre los 5 y los 6 millones de pesos.

sería la posibilidad de establecer una industria nacional y acotada para la fabricación de baterías de litio en el país. Uno de los argumentos que objetan esta alternativa, radica en la ineficiencia de producir baterías de litio internamente, para luego ser exportadas a China. En este escenario, la alternativa de habilitar VE mediante su transformación desde vehículos convencionales permitiría pensar en una producción de baterías de litio de consumo nacional con el fin de abastecer sólo kits de transformación utilizados en el mercado local.

Dentro de las políticas no monetarias, en un escenario optimista, la construcción de infraestructura de carga se realizaría de manera coordinada en las principales ciudades del país y se incluiría dentro de los instrumentos de planificación urbana. Asimismo, la mayor difusión y campañas de fomento de la electromovilidad en el transporte, y sus beneficios, permearían a la mayoría de la población en Chile, incentivando junto a la masificación de VE, alternativas eléctricas de dos ruedas como motocicletas, scooters y bicicletas.

III. Formación, capacitación y certificación de capital humano

- **Formación Técnica-profesional de nivel medio: alto costo requiere de alianzas y patrocinio del sector privado**

En un escenario optimista, se requeriría de una mayor especialización de técnicos de nivel medio, dada por la mayor demanda de eléctricos y mecánicos para la electromovilidad. Ante la necesidad de recursos para reacondicionar equipamiento e infraestructura de los liceos EMTP, la elaboración de planes de articulación entre establecimientos educacionales que imparten especialidades de mecánica y eléctrica, con empresas con perfiles laborales

en electromovilidad sería la alternativa más óptima para encontrar un equilibrio entre oferta formativa y demanda laboral en estos perfiles. Para lograr lo anterior se requeriría de acciones articuladas desde el Ministerio de Educación que incluyeran la formación de docentes-tutores y actualizaciones de contenidos curriculares en las especialidades mencionadas y su correspondiente vinculación a perfiles laborales de un nuevo Marco de Cualificaciones Técnico Profesionales del Sector Energía.

Específicamente, en un escenario de masificación de la electromovilidad, en las especialidades de mecánica automotriz deberían adaptarse los contenidos para este cambio, y transitar hacia especialidades más afines a la electromecánica u otras variantes que permitan adaptarse a las necesidades de la industria y los usuarios.

- **Formación técnica superior y universitaria: se amplía la gama de posibilidades**

En este escenario, se profundizaría en diagnosticar aquellas regiones con menor cantidad de técnicos y profesionales, y generar mayores incentivos para su atracción y formación de capital humano a nivel regional, con metas y objetivos para un número mínimo de electricistas certificados y otros puestos de trabajo que permitan a las regiones ser parte de los cambios por un transporte eléctrico.

La mayor demanda por profesionales o técnicos, presionaría la expansión de planes de articulación vertical entre establecimientos EMTP y casas de estudios superiores, lo que permitirían a una mayor cantidad de jóvenes proseguir con sus estudios a nivel superior, adelantando un semestre de una carrera superior asociada.

Así mismo, la necesidad de perfiles laborales aso-

ciados a la electromovilidad de técnico nivel superior y/o de nivel profesional en el país, incentivaría a que más IES readecuen los contenidos de sus carreras existentes de áreas ad hoc, (ingeniería, eléctrica o mecánica), para otorgar ciertos cursos o contenidos específicos que permitan especializaciones en electromovilidad en sus carreras.

En paralelo, las Becas “Técnicos para Chile” aumentarían sus cupos para estudiantes en programas de calidad en los países líderes en electromovilidad, lo que incidiría positivamente en la cantidad de técnicos especializados en electromovilidad disponibles en el país.

- **Certificación, capacitación y reconversión laboral: poca pertinencia ante nuevos contenidos y competencias**

En un escenario optimista, ante la necesidad de contar con más capital humano especializado en regiones, se reformularían programas de capacitación para entregar conocimientos y certificaciones a mecánicos, electricistas y electrónicos, permitiendo que el mantenimiento de VE sea posible a lo largo de todo el país.

Estos programas formativos podrían promover la capacitación y reconversión laboral que apunte a cumplir con estándares mínimos más exigentes para la certificación de trabajadores, lo que además impone nuevas exigencias de calidad para los organismos oferentes de este tipo de cursos en ocupaciones laborales prioritarias para el desarrollo del país.

Sumado a lo anterior, considerando que en este escenario los vehículos a combustión irían a la baja, es de esperar que la demanda laboral por los oficios dedicados a este tipo de vehículos también lo haga. En este sentido, los programas de capacitación y reconversión laboral se presentarían como una herramienta fundamental para reconvertir laboralmente a las personas de estos oficios cuyos puestos de trabajo se hayan visto afectados por la introducción de la electromovilidad.

Asimismo, la incorporación de vehículos eléctricos en las flotas de transporte de empresas y agencias públicas, requeriría de cambios en la cultura organizacional, para la gestión, operación, mantenimiento y seguridad, relativas al uso de esta tecnología en las organizaciones.

Adicionalmente, los cambios en los contenidos sobre conducción y seguridad de VE por parte de conductores que busquen obtener la licencia no profesional clase B se expandirían a lo largo de todo el país, junto a los de la Licencia Profesional A3 para buses de transporte público. Así también la capacitación en materia de seguridad en as PRT, cuerpos de bomberos y personal de asistencia técnica se masificarían con lo que la transición al uso de un transporte eléctrico.

A continuación, en la Tabla 10 se resumen las principales condiciones a cumplirse en cada dimensión para los tres escenarios posibles de transición hacia la electromovilidad.

TABLA 10. SÍNTESIS CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS.

Dimensiones		Escenario CONSERVADOR	Escenario MODERADO	Escenario OPTIMISTA
Desarrollo de tecnologías	Vehículo	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas marcas ofrecen modelos de VE en el mercado. Su venta no es todavía atractiva en el país de manera masiva. • Alto costo de VE en comparación a vehículos de combustión interna. • Lo más atrayente en el mercado corresponde a buses de transporte público de la RM. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precios de VE disminuyen de forma constante. • Empresas incrementan su oferta de modelos de VE para el público. • Se incrementan las ventas de VE particulares. 	<ul style="list-style-type: none"> • VE son competitivos en valor con vehículos a combustión. • Automotoras ofrecen amplia gama de modelos de VE para el público. • La mitad de vehículos vendidos en Chile son eléctricos para 2050. • Normativa exige a automotoras un porcentaje mínimo de VE vendidos en el país con multas para aquellas que no cumplan con mínimos.
	Infraestructura de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos actores en el mercado para comercialización de energía hacen lenta la construcción de infraestructura de carga. • Problemas de energía en zonas residenciales de baja tensión ante instalación de cargadores privados. • Escaso personal habilitado y requerido para fiscalización y certificación de medidas de seguridad eléctrica desde SEC a nivel residencial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se construye suficiente infraestructura de carga en la vía pública para la RM que incentiva la adquisición de VE. • Falta de infraestructura de carga pública en regiones del país. • Transferencia y distribución energética satisface la demanda en zonas residenciales de baja tensión eléctrica. • Falta de normativa y fiscalización para instalación de cargadores particulares genera problemas de atochamiento en edificios residenciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo del país se construye la suficiente infraestructura de carga pública que incentiva la adquisición de VE. • Transferencia y distribución energética satisface la demanda en zonas residenciales de baja tensión eléctrica. • Desafío en habilitar edificios residenciales previos a las actualizaciones normativas de construcción para cargadores eléctricos.
Políticas de fomento y desarrollo	Políticas monetarias	<ul style="list-style-type: none"> • Chile país líder de Latinoamérica con mayor cantidad de buses eléctricos en el transporte público. • Bajo uso de subsidios para la compra de VE por parte de taxis y colectivos. • Nuevos mecanismos de financiamiento desde instituciones financieras para compra de VE livianos. • No se modifica impuesto verde a vehículos que más contaminan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Toda la flota de transporte público de la RM al 2040. • Incentivos económicos para reconversión de taxis y colectivos a VE. • Opciones de financiamiento para que pequeñas empresas adquieran VE. • Incentivos tributarios para VE en desmedro de auto a combustión interna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Toda la flota de transporte público del país es eléctrica para 2050, incluyendo a taxis-colectivos. • Variedad de opciones de financiamiento flexible para adquirir VE. • Incentivos tributarios y monetarios para VE en desmedro de auto a combustión interna.
	Políticas no monetarias	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de eficiencia energética aun no es despachada desde el Congreso. Ausencia de regulación y normativa sobre interoperabilidad de carga VE. • Ley larga de distribución energética aun no es despachada desde el Congreso. Normativa vigente es barrera para la entrada de nuevos actores al mercado de la comercialización energética. • Falta de normativa sobre transformación de vehículos de combustión interna a eléctricos. • No existe una planificación urbana para las ciudades que considere la construcción de infraestructura de carga en la vía pública. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de eficiencia energética es promulgada. Normativa permite la interoperabilidad, regulación tipos de cargadores y unificación de cobros de VE en el país. • Ley larga de distribución energética es promulgada. Se incorpora figura del agente comercializador de energía y se integran nuevos competidores al mercado de comercialización energética. • Planificación urbana RM considera infraestructura de carga pública. • Difusión de beneficios de VE permea entre sectores medios y altos de la población a partir de la evaluación del transporte público y vehículos livianos. • Creación de conjunto de beneficios preferenciales (carriles y estacionamientos preferenciales, eximición restricciones vehiculares). 	<ul style="list-style-type: none"> • Leyes de eficiencia energética y distribución se encuentra en vigencia y facilita construcción de infraestructura de carga e incentivando nuevos modelos de negocios asociados a la electromovilidad. • Difusión de beneficios de VE permea en la mayoría de la población incluyendo uso de automóviles y vehículos eléctricos de dos ruedas. • Existencia de normativa y ente fiscalizador para transformación a VE permite masificación de electromovilidad asegurando estándares de seguridad. • Transformación a VE permite el desarrollo de una industria nacional acotada para fabricación de baterías de litio exclusivas para este proceso desde vehículos de combustión a eléctricos. • Existe una planificación urbana de la RM y principales ciudades del país con el impacto de infraestructura de carga pública.

TABLA 10. SÍNTESIS CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS (CONTINUACIÓN).

Dimensiones		Escenario CONSERVADOR	Escenario MODERADO	Escenario OPTIMISTA
Formación, Capacitación y Certificación	Formación técnica nivel medio- EMTP	<ul style="list-style-type: none"> Falta de recursos para actualización de infraestructura y equipos de establecimientos educacionales EMTP para especialidades de electricidad, electrónica y mecánica automotriz. No hay actualización curricular o capacitación docente para nuevos perfiles laborales. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecimientos EMTP y empresas realizan convenios con empresas para formación en el trabajo y captar jóvenes talentos en seguir carreras en el rubro. Demoras en la actualización curricular de contenidos de especialidades EMTP en electricidad, electrónica y mecánica automotriz. 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de articulación para establecimientos educacionales EMTP y empresas con perfiles laborales en electromovilidad en formación de jóvenes. Se actualizan contenidos curriculares de las especialidades asociadas a electromovilidad y perfiles laborales se cubren de forma apropiada en el Marco de Cualificaciones del Sector Energía.
	Formación técnica superior-ESTP y universitaria	<ul style="list-style-type: none"> Readecuación de carreras ya existentes asociadas a la electromovilidad. Alto costo en inversión de infraestructura y equipos solo permite a algunas IES la formación práctica para perfiles laborales en electromovilidad. Becas anuales "Técnicos para Chile" programa para generar capital humano avanzado. 	<ul style="list-style-type: none"> Pocas IES incluyen formación en laboratorios y equipamiento práctico asociadas a electromovilidad. Jóvenes de especialidades EMTP mecánica y eléctrica convalidan estudios con IES. Se incrementa número de Becas anuales "Técnicos para Chile" para capital humano avanzado. 	<ul style="list-style-type: none"> Programas de articulación vertical, entre EMTP y Educación Técnica Superior en electromovilidad. Readecuación de carreras para especializaciones en electromovilidad a nivel nacional para técnicos de nivel superior en electrónica, electricidad, mecánica automotriz y mecánico de maquinaria pesada. Becas anuales "Técnicos para Chile" para capital humano avanzado ayudan a satisfacer demanda laboral.
	Certificación, capacitación y reconversión laboral	<ul style="list-style-type: none"> Carencia de cursos de capacitación para mecánicos y eléctricos para servicios de mantenimiento de VE. Baja certificación de electricistas. No existe un plan de capacitación de bomberos y asistentes en ruta en el país. Licencia clase B no profesional no incluye contenidos de funcionamiento y seguridad de VE. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitaciones especializadas para profesionales y técnicos. Capacitaciones para que empresas u organizaciones asociados al uso de VE y su infraestructura de carga. Fiscalización de instalaciones de infraestructura de carga público-privada no es suficiente para cubrir toda la red del país. Falta de servicios de mantenimiento de VE y Revisión técnica en regiones por falta de personal capacitado. Inclusión de contenidos sobre funcionamiento y seguridad de VE para Licencia Clase B no profesional. Incipiente capacitación en seguridad ante accidentes de VE para bomberos y asistentes en ruta. 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivos para la atracción y formación de técnicos y profesionales. Fiscalización de instalaciones de infraestructura público-privada suficiente para cubrir toda la red del país. Reconversión laboral para oficinas afectados por la electromovilidad. Servicios de mantenimiento de VE se realiza en la mayoría de ciudades del país. Adecuación de contenidos sobre funcionamiento y seguridad de VE para obtención licencia Clase B no profesional. La capacitación a bomberos y asistentes en ruta se expande a lo largo de todo el país.

Fuente: elaboración propia.

8. Principales perfiles laborales requeridos para la transición a la electromovilidad

A partir de la descripción de los diferentes escenarios que podrían ocurrir en el país en su transición al uso de vehículos eléctricos, la información recabada en las entrevistas a expertos y la experiencia internacional, fueron identificados una serie de perfiles laborales que serán clave para el desarrollo la electromovilidad.

Cabe aclarar que, en cualquier escenario, los principales perfiles laborales que se requieren para la transición a la electromovilidad en el país, son **Eléctricos y Mecánicos**, y en ambos casos se trata de perfiles de nivel técnico superior. Además, en esta transición a los vehículos eléctricos, se requerirá de la reconversión o necesidad de especialización de otros perfiles laborales, que tienen que ver principalmente con la conducción y seguridad de los VE, así como la planificación y gestión de la infraestructura de carga, u otras actividades de industrias relacionadas.

A continuación, se profundiza en las características y tareas asociadas a estos perfiles:

- **Electricistas**

De acuerdo a las distintas fuentes de información, la movilidad eléctrica demandará necesariamente una mayor cantidad de labores asociadas a eléctri-

cos certificados especialmente en la planificación, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura de carga asociada a VE. Los puntos de carga son uno de los pilares en los que se sustenta la electromovilidad, es por ello que a medida que aumente la cantidad de vehículos eléctricos también deberá aumentar el número de cargadores e infraestructura de carga a lo largo del país.

Ocupaciones asociadas a la electricidad son los ingenieros electricistas, los instaladores y reparadores de líneas eléctricas, mecánicos y ajustadores electricistas, técnicos y electricistas de obra. Actualmente en el país, más de 100 mil personas se desempeñan en estas ocupaciones, siendo los electricistas de obra el perfil más frecuente (Ministerio de Desarrollo Social, Casen 2017). Con la introducción de la electromovilidad, es de esperar que la demanda por estos perfiles aumente y, por tanto, que un número considerable de estas personas se deba capacitar y actualizar con conocimientos relativos a la electromovilidad.

Las personas que serán responsables de habilitar las instalaciones para la carga de vehículos eléctricos livianos, medianos y pesados requerirán de

conocimientos formales y finalización de estudios superiores, como requisito señalado por las empresas eléctricas, para desempeñar tareas como el diseño y ejecución de proyectos de instalaciones eléctricas de baja y alta tensión, considerando el uso más eficiente de la energía posible. Este requerimiento se debe fundamentalmente a dos razones: la primera refiere a la necesidad de manejar contenidos eléctricos de alta y baja tensión, dependiendo de las instalaciones, asociados a nuevas tecnologías en equipamiento e infraestructura, y, en segundo lugar, al requerimiento legal exigido por la Superintendencia de Energía y Combustibles (SEC) respecto a quienes están habilitados para estas tareas, asegurando los estándares de seguridad necesarios en su instalación.

Los artículos 6°, 7° y 8° del D.S. N° 92, Reglamento de Instaladores Eléctricos especifica que, acorde con lo señalado en las entrevistas, quienes están en condiciones de trabajar con las competencias necesarias en puestos asociados a electromovilidad son los electricistas tipo A y B, que requieren ser bien un ingeniero Civil Electricista, Ingeniero de Ejecución Electricista o un Técnico en Electricidad de un centro de estudios superiores aceptado por SEC.

Los electricistas suelen ser ocupaciones que requieren de estudios superiores, ya sea universitarios o técnicos, o especializaciones a través de liceos de educación técnica. En este sentido, la especialización de perfiles de electricista en temas de electromovilidad requerirá de la realización de estudios de educación continua, así como actualizaciones curriculares en los programas académicos asociados a estos perfiles.

De acuerdo a la normativa, desde diciembre de 2018, toda infraestructura de carga de vehículos eléctricos en el país, para quedar operativa, debe ser declarada y evaluada por un electricista certificado y avalado

por SEC en su plataforma electrónica con el fin de dar cumplimiento a los estándares necesarios de seguridad para su funcionamiento. Los aspectos evaluados se encuentran en el listado del Certificado TE-6 de SEC que se indican a continuación:

1. El destino de la propiedad indicado en el TE-6 corresponde al indicado en el plano y lo dibujado en el plano, corresponde a lo declarado como cantidades de cargadores y conectores o enchufes (solar, eólica, etc.,)
2. Indica direcciones y georreferencias de la propiedad.
3. En la declaración, la potencia total declarada en el TE-6 es igual a la potencia total proyectada señalada en el cuadro de resumen de cargas.
4. Se indica correctamente si la instalación cuenta con acceso a todo público para su uso.
5. "Se declara correctamente la información solicitada en el TE-6 (N° de cliente, potencia unitaria del cargador, tipo de diferencial, datos del cargador y conectores, etc.)"
6. Acompaña memoria explicativa.
7. Se adjuntan planos de la instalación.
8. Adjunta Informe de imágenes de la instalación, que muestre gráficamente la instalación ejecutada.
9. Adjunta manual de usuario que detalle los pasos a seguir para la carga del vehículo en lugares públicos.
10. Adjunta manual de mantenimiento que detalle los pasos a seguir para la mantención de la infraestructura de carga del vehículo.
11. Incluye diagrama unilíneal, cuadro(s) de carga.
12. Formato del plano cumple con la norma NCH Elec. 2/84.
13. Validación de los cálculos resultantes en los planos, cuadros de carga.
14. Los tableros de AC cumplen con la NCH Elec. 4/2003.
15. Los alimentadores y conductores de los circuitos de CA quedan protegidos por la capacidad de su correspondiente protección.
16. La canalización está en conformidad con la NCH Elec. 4/2003

Tareas para el mantenimiento de infraestructura de carga

Adicionalmente a la instalación y operación de la infraestructura de carga, un aspecto clave en la que se requerirá de personal calificado es en el mantenimiento de esta infraestructura.

Business development de TE Mobility estima que en 10 años existirán alrededor de 190.000 puntos de carga en el país, públicos y privados (Electromov, 2020n). Esta organización señala que, si bien actualmente se pone especial énfasis en la instalación de la infraestructura de carga, será muy importante la necesidad de mantenimiento de los cargadores. En consecuencia, es necesario formar en las competencias necesarias para ello pensando en la seguridad de los usuarios (Electromov, 2020n).

De esta manera, desde TE Mobility señalan que el mantenimiento de cargadores se centrará en cuatro tareas fundamentales:

1. Revisar el sistema eléctrico, cableado, conexiones, protecciones eléctricas, aislación y derivaciones a tierra, tensiones de entrada y salida, entre otros, tanto para los circuitos internos del cargador como para su sistema de alimentación.
2. Mediante software, se debe diagnosticar el estado de los componentes de control, los ajustes de los parámetros de funcionamiento y actualización de los firmwares en caso de ser necesario.
3. Realizar pruebas efectivas de carga que incluyen simulaciones de diferentes tipos de fallas para comprobar el correcto funcionamiento del equipo y corroborar el estado de las comunicaciones hacia los sistemas de gestión.
4. Realizar una revisión externa para comprobar el estado estructural, instructivos, señaléticas y elementos de protección, en caso que aplique.

Especialmente en el caso de la infraestructura de carga pública será clave que esta posea redes inteligentes para así hacer más eficiente su mantenimiento de manera preventiva. De esta manera, será posible administrar y monitorear el estado de las unidades de manera remota con lo que saber de manera planificada, y además en tiempo real, la infraestructura que requiere mantenimiento.

• Mecánicos

Una de las ocupaciones que tendrá más variaciones en las tareas y competencias necesarias a raíz del cambio de vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos, serán los mecánicos y reparadores de vehículos de motor.

Los mecánicos son los encargados de realizar actividades periódicas y no periódicas de inspección, diagnóstico, mantenimiento y reparación de vehículos automotores. Generalmente, las personas que se dedican a esta ocupación cursaron estudios en liceos de enseñanza media técnico-profesional y/o estudios superiores en institutos profesionales o centros de formación técnica. Debido a las nuevas tecnologías que constantemente aparecen en los modelos de última generación, los mecánicos se encuentran en constante aprendizaje de nuevas metodologías, herramientas o partes necesarias para mantenerse vigentes en su trabajo. En este escenario muchos de ellos deciden especializarse en distintos tipos de vehículos, distintas marcas o áreas del vehículo. Sin embargo, la transición a vehículos eléctricos representará un desafío de marca mayor para este perfil laboral.

Actualmente existen 108.833 personas que se desempeñan como mecánicos y reparadores de vehículos de motor en el país (Ministerio de Desarrollo Social, Casen 2017). De este modo, si la introducción de la electromovilidad continúa su avance y,

por tanto, disminuye la circulación de vehículos a combustión, existiría un número considerable de mecánicos que deberán capacitarse en esta tecnología o reconvertirse laboralmente. A esto se suma que, según datos del Ministerio de Educación, en 2019 habían cerca de 20 mil matriculados en programas relacionados a mecánica de automóviles en CFT e IP (SIES, 2019). Hasta ahora, algunos de estos programas entregan cursos y optativos relacionados a electromovilidad. En 2019, Duoc UC ya capacitó alrededor de 800 alumnos de mecánica automotriz en movilidad eléctrica (Duoc UC, 2019).

El cambio de un vehículo de combustión interna a uno eléctrico se caracteriza por una disminución importante en la cantidad de piezas entre uno y otro vehículo. Pistones, anillos, inyectores, prensa, discos, piñones, sincronizadores, empaquetadura, válvulas, filtros de aceite, correas de distribución, entre muchas otras piezas no se encuentran en motores eléctricos. Esto significa que todas aquellas revisiones regulares respecto al desgaste de piezas mecánicas ya no serán necesarias en los nuevos vehículos. De allí que las revisiones cada 10.000 km ya no serán necesarias en los VE. Al no tener estas piezas estos vehículos tienen una vida útil mayor y menor mantenimiento.

En este nuevo escenario, se estima que el gasto en mantención de un vehículo eléctrico puede ser entre un 70% y un 66% menos al de un vehículo de combustión interna (Propfe et al., 2012; World Bank, 2020). El mantenimiento de estos vehículos será sobre todo para la revisión de frenos, dirección, ruedas, caucho y materiales de desgaste que todavía se utilicen. Incluso en el caso de los frenos, las pastillas requerirán menos cambio en VE debido a que la energía del freno es utilizada y redirigida a la batería para generar más energía.

Otro cambio importante a tener en consideración es la digitalización de los VE. Las nuevas tecnologías implementadas en estos vehículos permitirán que las distintas partes del mismo recopilen una alta cantidad de datos sobre su funcionamiento y sean capaces de entregar diagnósticos acabados. Es por ello que los mecánicos deberán ser capaces de entender los mecanismos a través de los cuales obtener esta información de cada vehículo y realizar así las reparaciones y mantenimientos específicos que el vehículo requiera.

En el caso que se regulara y se permitiera en Chile la transformación de vehículos a combustión interna a vehículos eléctricos, serían los mecánicos los que debieran estar a cargo de esta tarea. Si bien, los kits para transformar los autos pueden ser importados o comercializados en el mercado, son éstos técnicos los que debieran estar capacitados y certificados para hacerlo, considerando las medidas y protocolos necesarios para su adecuada y segura transformación.

- **Conductores**

Como fue descrito en los distintos escenarios, la transición hacia la electromovilidad también requerirá de una conducción apropiada de estos vehículos por parte de sus conductores con miras al buen uso de sus baterías para funcionar con su máxima autonomía y prolongar la vida útil de las mismas.

Uno de los principales objetivos del país en materia de electromovilidad es el recambio completo de la flota de autobuses de la Red de Metropolitana de Movilidad por buses eléctricos. Actualmente, existen 73.237 conductores de buses en el país (Ministerio de Desarrollo Social, Casen 2017) y cerca de 7.200 buses en la Red Metropolitana de Movilidad (Dirección de Transporte Público Metropolitana, 2019). De este modo, el cambio hacia el uso de bu-

ses eléctricos implicaría -si se consideran 3 choferes por bus- la necesidad de capacitar unos 18 mil conductores para la RM al 2040.

En el caso de las capacidades de la tecnología disponible para los buses eléctricos, la autonomía de una de estas máquinas se encuentra alrededor de los 200 a 250 km por carga de batería, siendo muy similar a las distancias que hace un bus diario durante su recorrido por la Región Metropolitana. Es por ello que es necesario capacitar a los actuales conductores de buses que pasen a utilizar estas nuevas máquinas, así como también introducir estos contenidos en la formación de los cursos para la obtención de la licencia profesional A-3 de los futuros conductores de buses. La aceleración, conducción y frenado de la máquina de manera adecuada son claves para la regeneración de energía hacia la batería cuando el bus realiza sus recorridos por lo que un mal no solo trae riesgos sobre que el bus no alcance a terminar sus desplazamientos diarios antes de llegar al terminal, sino que también su mal uso acumulativo terminará acortando la vida útil del mismo.

En el caso de la conducción de vehículos livianos y medianos, para las empresas que requieren flotas de vehículos para sus operaciones, la capacitación de sus conductores también representa un desafío del mismo tipo al de los buses eléctricos. Además de adecuar y planificar las rutas acordes a la capacidad de autonomía de los vehículos eléctricos de estas empresas, los conductores deben conocer aquellas prácticas que merman la vida útil de estos vehículos. De acuerdo a una de las empresas de este tipo que fueron entrevistadas, los conductores tienen muchas veces el incentivo a exceder el límite de velocidad permitido en orden a hacer la mayor cantidad de entregas en el menor tiempo posible.

Esta situación es contraproducente en el caso de los VE ya que hay límites de velocidad que no debieran ser sobrepasados para que la autonomía del vehículo rinda lo necesario para terminar sus recorridos antes de volver al terminal.

En la actualidad en Chile existen cerca de 190 mil conductores de taxis y colectivos (Ministerio de Desarrollo Social, Casen 2017). En este sentido, el objetivo de electrificar esta flota de automóviles es un desafío importante, si se considera que sólo en Santiago existen 10 mil colectivos y 26 mil taxis (Subsecretaría de Transportes, 2020). Si bien, a diferencia de lo que ocurre con el caso de los buses eléctricos, no se espera electrificar en su totalidad la flota de colectivos y taxis, los programas impulsados para promover la adquisición de vehículos eléctricos implicarán la necesidad de capacitar a aquellos conductores que decidan cambiar sus vehículos por uno eléctrico.

De la misma manera a la conducción, ya sea el conductor o un operador de terminal debe conocer el procedimiento correcto para la carga de los vehículos eléctricos. De acuerdo al Banco Mundial (2020), la carga incorrecta puede de igual manera dañar la batería y la vida útil del vehículo. Además, en caso de ser necesarias reparaciones por la mala carga de baterías, pueden ser necesarias reparaciones de un alto costo.

- **Personal de asistencia en ruta**

En este nuevo escenario, una de las ocupaciones que deberá ser capacitada para ajustarse a los cambios por la transición a VE son los bomberos y asistentes en ruta en caso de accidentes automovilísticos. La capacitación sobre el protocolo y las acciones necesarias para la asistencia en ruta ante la ocurrencia de un accidente de un VE debe ser

considerado en la medida que se masifique su uso. Esto a causa de los potenciales riesgos por descarga eléctrica o incendios asociados a la intervención de vehículos siniestrados.

En 2019, INACAP realizó una capacitación a alrededor de 40 bomberos de la Región Metropolitana y O'Higgins sobre el funcionamiento de buses eléctricos interurbanos, con el foco puesto en los procedimientos adecuados en caso de una emergencia o accidentes (Inacap, 2019). Ahora bien, en Chile existen cerca de 2.400 bomberos (Ministerio de Desarrollo Social, Casen 2017) y 313 compañías (Bomberos de Chile, 2019) que requerirán de los conocimientos necesarios en materia de seguridad y prevención en la medida en que se masifiquen los automóviles y buses eléctricos, especialmente en la Región Metropolitana, en primera instancia.

Otros perfiles laborales relacionados con la asistencia en ruta son los carabineros y los paramédicos. Considerando de manera complementaria a los bomberos, estos perfiles cumplen con un rol fundamental en el caso de accidentes automovilísticos. En este sentido, especialmente en el caso de carabineros, es importante que conozcan los protocolos y las guías de emergencia sobre cómo manipular este tipo de vehículos en caso de accidente. Considerando que en el país existen cerca de 60 mil carabineros (Carabineros de Chile, 2020), el desafío de capacitar a estas personas en estas guías de seguridad es una tarea importante en la medida que se masifique la electromovilidad.

Guías de emergencia

Para la actualización de protocolos de intervención de vehículos eléctricos siniestrados es vital considerar la desenergización del vehículo. Para ello es importante considerar las especificaciones de cada modelo y mar-

ca del vehículo eléctrico pues la distribución de sus componentes será distinta.

Las Guías de Emergencia que desarrollan los fabricantes en colaboración con otras instituciones ayudan a seguir una serie de pasos fundamentales para eliminar riesgos ante los desafíos que traen los nuevos vehículos. Es por ello que SAE International (Sociedad de Ingenieros de Automoción o *Society of Automotive Engineers*, por sus siglas en inglés), la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, el Departamento de Energía y la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de US, están cubriendo el vacío educativo que existe sobre la manera de abordar las características especiales los vehículos eléctricos, para facilitar el trabajo de los cuerpos de bomberos (Híbridos y eléctricos, 2019).

Si bien, el nivel de riesgos asociados a vehículos eléctricos, es similar al de vehículos de combustión interna (Fundación de investigación de protección contra incendios de US, 2010), es importante considerar los cambios que existen en el manejo de vehículos accidentados de uno u otro tipo, especialmente para reducir los riesgos creados, sobre todo, por la batería de alto voltaje de un VE.

Riesgos asociados a vehículos eléctricos

Con los vehículos eléctricos existen asociados nuevos peligros para el personal de asistencia en ruta y personas involucradas en un accidente. Entre ellas están las posibilidades de electrocución, las quemaduras eléctricas, el incendio provocado por reacciones químicas no controladas y riesgos asociados a la extracción de las víctimas o el traslado y almacenamiento del vehículo accidentado. De acuerdo a una sistematización de información sobre accidentes de vehículos eléctricos realizados por Sun, Huang, Bisschop y Niu (2020), se realizan sugerencias sobre los cuidados adicionales y diferentes que deben tener quienes realizan rescates y atienden accidentes de vehículos electrificados.

De acuerdo a los autores, uno de los riesgos de mayor cuidado a tener en consideración al momento de asistir un VE accidentado es mantener cualquier foco de fuego lejos de las baterías eléctricas. Cuando ocurre un accidente y se inicia un incendio, la prioridad debe ser evitar que las baterías reaccionen y comiencen su incineración ante el incremento de la temperatura del vehículo y la existencia de baterías dañadas a causa del accidente. Es por ello que, como resultado, en caso de incendio se necesita una cantidad mucho mayor de agua para enfriar el vehículo y la batería para extinguir el fuego, en comparación a un vehículo a combustión interna. Adicionalmente, un VE incendiado corre el riesgo de liberar gases tóxicos a raíz de los materiales inflamables de las baterías y que no posee un vehículo tradicional. En términos de cantidad de agua requerida, los autores señalan que un incendio de vehículo a combustión requiere entre 1.500 a 5.000 litros para ser controlado mientras que un vehículo eléctrico requiere de un mínimo de 10.000 litros (Sun, Huang, Bisschop and Niu, 2020).

A continuación, se describen los pasos sugeridos para la readecuación del protocolo de asistencia en ruta de acuerdo a lo declarado por Híbridos y Eléctricos (2019) y la Fundación de investigación de protección contra incendios de US (2010):

1. Debido a que los vehículos eléctricos tienen sistemas de seguridad únicos -tecnología específica de cada marca e incluso de cada modelo- es necesario identificar la marca y modelo para identificar la guía de emergencia con las especificaciones propias.
2. Luego es necesario la inmovilización y aislamiento. Al ser vehículos silenciosos, se debe comprobar que el vehículo se encuentra apagado antes de cualquier procedimiento. Las guías de emergencia de un vehículo señalan si adicionalmente existe un

interruptor de corte de circuito para aislar la energía de la batería al resto del vehículo.

3. Como tercer paso procede la extracción de los heridos del vehículo siniestrado. Debe considerarse el cuidado de evitar aquellas áreas de la carrocería que pudiesen estar electrificadas o cercanas a las baterías o cableado eléctrico.
4. Luego de poner a salvo a las personas procedentes del vehículo, es necesario ubicar el lugar de la batería para inspeccionar y determinar si ésta ha sido dañada o no. Para ello hay variables que los bomberos deben corroborar. Por ejemplo, si la caja en la que se integra la batería ha sido perforada, si se ha sumergido en agua, si ha estado expuesta al combustible de otro vehículo, si está caliente, o si se escuchan explosiones internas. En estos casos, verificar la batería con una cámara termográfica.
5. Posteriormente es necesario enfriar la batería, acción que requiere de una gran cantidad de agua. Una vez terminado el proceso, la batería debe permanecer a temperatura ambiente durante al menos 45 minutos antes de liberar el vehículo para su transporte.
6. El último paso refiere al almacenamiento del vehículo dañado. Ante los riesgos de un posible nuevo incendio ante sus daños, es recomendable dejar almacenado a una distancia alejada de otros vehículos.

- **Planificadores urbanos**

La construcción de infraestructura de carga en la vía pública es un factor fundamental para incentivar la masificación de los VE entre la población. Esto se debe a la entrega de seguridad de los conductores de que, aun cuando carguen su vehículo en sus hogares durante la noche, puedan encontrar lugares de carga durante el día en caso de que lo necesiten.

No obstante, para la construcción de estos puntos de carga es importante realizar una planificación tanto

por los requerimientos legales como por los requerimientos estratégicos de dónde pueden ser ubicados. Es aquí que los planificadores urbanos de municipios y gobernaciones regionales cumplirán un rol importante para el diseño de la construcción de la infraestructura de carga en cada ciudad del país.

Mientras que desde el punto de vista legal existe prohibición para realizar modificaciones a licitaciones de terrenos que sean estacionamientos, la ubicación de puntos de carga debe ser pensada de una manera equitativa dentro de la ciudad, así como también ser lugares atractivos cercanos a puntos de comercio, zonas de trabajo o bien de estudio. Adicionalmente, un factor importante que debe ser considerado en el diseño y planificación de estos puntos es el que en Chile no suelen existir veredas anchas, lo que dificulta aún más la instalación de estos puntos de carga. Una de las labores para los responsables de la planificación urbana será el diseñar o bien dar buen manejo de los Bienes Nacionales de Uso Público (BNUP) con veredas anchas especiales que cumplan con los requerimientos de la infraestructura de carga.

- **Otros perfiles laborales**

A raíz de la actualización de contenidos curriculares en carreras de educación superior, es posible que se creen nuevas salidas de especialización en electromovilidad en carreras como ingeniería civil, de ejecución o en carreras de técnicas superiores, lo cual podría disponibilizar de nuevos perfiles a la industria.

Por otra parte, si se desarrollara una industria nacional asociada al litio, sería necesario contar con perfiles laborales como ingenieros, químicos, físicos, o científicos expertos en investigación de materiales, con habilidades en investigación y desarrollo para la elaboración de baterías u otros componentes de los VE asociados a esta industria. Así también, como se mencionó en el informe,

el reciclaje de baterías también traería un nicho nuevo de desarrollo, donde se requerirán de perfiles profesionales y técnicos que requieran de capacitación.

Por último, en el ámbito de la comercialización de vehículos, la masificación de la electromovilidad aumentará la demanda por vendedores especializados y de soporte, con conocimientos de la operación y características de los vehículos, y habilidades de comunicar de las ventajas de los vehículos eléctricos como ha ocurrido en países líderes en esta tecnología. En la medida en que aumenten las ventas de vehículos eléctricos livianos y que se implementen las regulaciones que incentiven su venta por parte de las automotoras, será cada vez más importante contar con vendedores especializados en este tipo de tecnologías. En la actualidad, existen más de 25 mil ocupados en actividades de venta de vehículos (Ministerio de Desarrollo Social, Casen 2017). La transición hacia la electromovilidad traerá como desafío capacitar a estos últimos y actualizarlos para que puedan adaptarse a los nuevos requerimientos de la industria en temas de movilidad eléctrica.

Finalmente, la incorporación de electromovilidad también requerirá actualizar los contenidos impartidos en las especialidades de electricidad, electrónica y mecánica automotriz impartidas por los Liceos Técnicos Profesionales. Para esto, se requerirá de profesores de enseñanza media que puedan enseñar sobre electromovilidad y sus temas afines a los estudiantes de estas especialidades. Un ejemplo de esto serían los instructores de tecnología automotriz.

A continuación, la Tabla 11 resume información respecto a los perfiles laborales requeridos para la transición hacia la electromovilidad, la disponibilidad de ocupados y otra información relevante al respecto, que permite tener una idea de la demanda laboral que habrá que ir proyectando en la medida que se masifique la tecnología.

TABLA 11: PERFILES LABORALES REQUERIDOS PARA LA ELECTROMOVILIDAD

Perfil Laboral		Estimación de mano de obra disponible	Otros antecedentes
Electricistas	Ingenieros electricistas	12.777	<ul style="list-style-type: none"> • N° cargadores públicos actuales: 112. • N° de cargadores públicos y privados proyectados a 2030: 190.000 (Electromov,2020). • N° de cargadores públicos proyectados a 2025: 1.200 (Enel X, 2020).
	Instaladores y reparadores de líneas eléctricas	14.486	
	Técnico electricista	6.593	
	Electricista de obra	48.638	
Mecánicos	Mecánicos y reparadores de vehículos de motor	108.833	<ul style="list-style-type: none"> • Número de automóviles eléctricos actuales: 5.200 (entre automóviles híbridos y eléctricos). • Número de buses eléctricos: 800.
	Mecánicos y ajustadores electricistas (electricista automotriz)	22.709	
Choferes	Conductores de automóviles, taxis y camionetas	190.057	<ul style="list-style-type: none"> • Número de taxis: 42.019. • Taxis RM: 26.418. • Colectivos urbanos: 51.429. • Colectivos urbanos RM: 10.095.
	Conductores de buses y trolebuses	73.237	
Personal de asistencia en ruta	Carabineros	60.327	Número de compañías de bomberos: 313.
	Practicantes y asistentes médicos (Paramédicos)	21.261	
	Bomberos	2.432	
Planificadores urbanos	Arquitectos, Urbanistas e ingenieros de transporte y tránsito	21.909	<ul style="list-style-type: none"> • N° cargadores actuales: 112. • N° cargadores proyectados: 1.200 a 2025.
Otros	Vendedor de vehículos automotores	25,525	<ul style="list-style-type: none"> • 945 liceos técnicos profesionales (cambiar y poner solo los con especialidad mecánica o eléctrica). • 3 especialidades: electricidad, electrónica y mecánica automotriz.
	Profesores de Educación Media Técnico profesional- Instructor de tecnología automotriz	Sin información	

Fuente: Encuesta Casen (2017), Directorio de Transporte Público Metropolitana (2019); SIES (2019), Mineduc (2019), Subsecretaría de Transportes (2020), Bomberos de Chile (2020) y Carabineros de Chile (2020).

9. Conclusiones

- **En la transición hacia la electromovilidad hay variables clave que van a definir el paso entre los diferentes escenarios de desarrollo de la tecnología en Chile**

Actualmente, Chile está en una etapa más avanzada en la introducción de la electromovilidad en comparación a otros países de la región, lo que se debe fundamentalmente a la estrategia de recambio de la flota de buses urbanos de la capital por buses eléctricos durante los próximos años. En el presente estudio, se ha podido analizar la implementación y el desarrollo de la electromovilidad en Chile entre los años 2017 y 2050, y se han construido tres escenarios para comprender este camino, identificando las principales barreras y facilitadores que obstaculizan o posibilitan esta transición, con especial énfasis en las necesidades en el ámbito de capital humano que surgirían en función de los avances que se obtengan.

En este informe se han identificado variables clave para que esta tecnología pueda continuar desarrollándose: (1) el nivel de avance de la tecnología, tanto en la penetración de VE como la construcción y operación de la infraestructura de carga, (2) las políticas de fomento y desarrollo monetarias y no monetarias, y las normativas asociadas; y (3) la formación técnica de nivel medio y superior, la capacitación y certificación de capital humano en áreas afines a la electromovilidad. En este sentido, es re-

levante seguir de cerca estas variables para entender el paso a un escenario a otro en la transición, así como comprender y proyectar el camino que Chile ha emprendido hacia la electromovilidad.

- **Existe incertidumbre respecto al momento en que se masificará la electromovilidad en el país y las proyecciones de demanda laboral que traerá aparejada**

A pesar del progreso de la electromovilidad a nivel nacional, la revisión de literatura y las entrevistas a expertos y actores involucrados, dieron cuenta que la movilidad eléctrica en el país es aún incipiente y que no existe una industria consolidada como para modelar y cuantificar la demanda laboral en un futuro. Esto dependerá de cómo se sorteen las barreras y se fomenten los elementos facilitadores para acelerar la transición, partiendo por el alto costo de la tecnología.

Considerando que, en el escenario actual, las necesidades de la industria están en desarrollo y que existe una base de incertidumbre sobre la que se seguirá desarrollando la electromovilidad, este estudio toma un carácter más bien exploratorio y se centra en estudiar potenciales escenarios y las condiciones para el paso entre uno y otro. Pese a lo anterior, dados los compromisos medioambientales y de electrificación del transporte a los que hemos suscrito como país, es esperable que se avance en los escenarios

planteados. Para el cumplimiento de estos compromisos, sin embargo, se deberán incluir medidas más agresivas que incentiven el recambio hacia los vehículos eléctricos, pero que también desincentiven el uso de vehículos a combustión, políticas que ya ha sido planteadas por los países líderes en electromovilidad, los que han propuesto acabar con este tipo de vehículos durante los próximos años para avanzar hacia movilidad limpia.

- **La mayor demanda de capital humano en la transición a la electromovilidad se proyecta para perfiles técnicos superior mecánicos o eléctricos**

Como resultado de este estudio, se obtiene que la mayor demanda por capital humano estaría centrada en mecánicos y eléctricos certificados de perfiles técnicos de nivel superior. En este sentido, el compromiso de la Mesa +capital humano capacitar a 6 mil personas en electromovilidad al año 2022, debiera continuar enfocándose en este segmento. Por otra parte, es de esperar que la demanda por eléctricos aumente dadas las proyecciones de construcción de 1.200 nuevos puntos de carga de ENEL X en todo a Chile al 2025, y a la infraestructura de carga que se vea facilitada por la nueva normativa eléctrica aún en discusión. Con esto, a partir del escenario moderado, se proyecta la mayor necesidad de eléctricos certificados por la SEC, para la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura de carga asociada a VE y también una mayor demanda por fiscalizadores para esta misma institución, los cuales son también de un

perfil similar (ingenieros o técnicos eléctricos de nivel superior).

- **Actualmente habría una masa crítica de técnicos y profesionales que requieren de especialización para el mayor desarrollo de la electromovilidad**

En materia de formación y capital humano, los datos expuestos para el escenario base o conservador, muestran que existe un número considerable de titulados y estudiantes de carreras afines a la electromovilidad, que se pueden considerar como mano de obra potencial para la transición a la electromovilidad, con las especializaciones correspondientes. Un grupo importante de jóvenes podría avanzar a especializarse en movilidad eléctrica y desenvolverse en los puestos de trabajo que se generen con la masificación de la tecnología. Sin embargo, la mayor parte de ellos se concentra en la Región Metropolitana y en las principales ciudades por lo que, para que el desarrollo de la electromovilidad se pueda masificar al resto del país, es fundamental que se realice un trabajo de capacitación en el resto de las regiones.

Con todo, la formación de capital humano en electromovilidad se tiene que dar como un ecosistema integrado, de tal forma que las capacitaciones y la formación de nuevos técnicos y profesionales estén en línea con los nuevos requerimientos del mercado laboral, con contenidos actualizados e integrados al marco de cualificaciones, a través de un diálogo entre los centros de estudio y los requerimientos del mercado laboral.

- **Los perfiles laborales asociados a la electromovilidad son ocupados principalmente por hombres, ante lo cual se presenta la oportunidad de impulsar la participación femenina en esta industria.**

Ante la demanda por capital humano especializado en temas de electromovilidad, también se presenta el desafío de incentivar la inclusión de mujeres en el estudio y el ejercicio de estas profesiones u oficios. Los números actuales muestran que los estudiantes y titulados de programas asociados a la electromovilidad son mayoritariamente hombres, algo que debería cambiar si se considera que este tipo de profesiones también pueden ser ejercidas por mujeres y que en general, son áreas cuyas remuneraciones son mayores en comparación a otros programas de estudio, por lo que el aumento de la matrícula femenina debiera ser prioritario.

- **La seguridad como temática relevante para la capacitación con la masificación de VE**

Un área de formación a la que hay que prestar especial atención en la electromovilidad es a la seguridad de los vehículos eléctricos y al conocimiento de protocolos asociados a este tipo de vehículos, lo cual incluye no solo a los mecánicos encargados de su mantenimiento y fiscalización, sino también, conductores, personal de asistencia y público en general. Actualmente, la formación de expertos de seguridad en el país, tales como bomberos o personal de asistencia en ruta, para el manejo de VE en caso de accidentes, ha sido preliminar. Así, la mayor penetración de VE plantea nuevos desafíos en materia de seguridad que deben ser atendidos,

para evitar accidentes y atender a éstos con éxito cuando sea requerido. Junto con esto, los cursos de conducción para obtener las licencias profesionales y no profesionales también son una instancia relevante para inducir a las personas sobre las características de estos vehículos, sus protocolos y medidas de seguridad.

- **La transición a la electromovilidad puede ser monitoreada a través de indicadores que den alerta de su evolución**

Con todo lo anterior, este informe ha dejado en evidencia que la electromovilidad es una tecnología cuyo desarrollo está comenzando en el país, de tal forma que las direcciones y temporalidades que pueda seguir en las próximas décadas son aún difíciles de predecir con exactitud. Es por esto que se hace fundamental seguir evaluando los avances de la introducción de la electromovilidad año a año. Para esto, se sugiere monitorear un set de indicadores que den alerta sobre la evolución de los siguientes factores: (1) al seguimiento de la tecnología y de cómo penetra en el país (vehículos) (2) a la construcción de puntos de carga y necesidad de infraestructura de carga; (3) a los avances normativos que faciliten la transición a la electromovilidad y; (4) a la disponibilidad de mano de obra de los perfiles más requeridos y el seguimiento de titulados de los programas de formación y especialización. Lo anterior con el fin de hacer un seguimiento que se actualice acorde a los ritmos de cambio de esta tecnología en Chile y poder proyectar en forma más certera la demanda laboral que estos impliquen.

10. Lineamientos de acción a futuro

A partir de la información recopilada, la generación de potenciales escenarios, el perfil de puestos de trabajo que serán importantes para continuar con la transición a la electromovilidad en el país, a continuación, se presentan algunas líneas de acción a considerar en este proceso.

- **Continuar con el desarrollo del transporte público eléctrico en el país**

La Región Metropolitana es actualmente la capital de Latinoamérica con mayor cantidad de buses eléctricos. Chile ha ideado un plan de transformación de su flota pública de transporte que lo convierte en uno de los países líderes a nivel internacional en la materia. Es por ello que para mantener esta distinción se requiere seguir incrementando el número de buses de este tipo de manera gradual hasta completar la totalidad de la flota metropolitana y, conforme se haga, más desafíos de operación y mantención de ellos y de la infraestructura de carga será requerida.

En vistas a los positivos resultados tanto para empresas operadoras como para usuarios y a los planes de gobierno por impulsar la electromovilidad a través del transporte público, todo indica que Chile será de las primeras capitales del mundo con el 100% de su transporte eléctrico.

No obstante, será fundamental la incorporación de aprendizajes de lo sucedido en el Gran Santiago para adaptar planes a las realidades de las distintas regio-

nes del país que permitan la electrificación también del transporte eléctrico a lo largo de todo el territorio nacional. De acuerdo con un informe del Banco Mundial (2020), las autoridades de transporte del país ya han anunciado que las ciudades de Temuco y Concepción serán las próximas en incluir buses eléctricos en sus recorridos lo que muestra avances en las intenciones de masificar el transporte eléctrico fuera de la Región Metropolitana. Durante este proceso será fundamental incorporar los gastos de financiamiento para la adecuación de infraestructura, equipamiento y personal regional para la operación de los nuevos buses eléctricos mediante la ley de Subsidio al Transporte Público, más conocida como Ley Espejo, que faculta al Ministerio de Transportes a destinar recursos para el mejoramiento de los servicios de transporte en regiones, equivalente a los recursos destinados -al antiguo Transantiago- sistema Red de la Región Metropolitana.

- **Aumentar la inversión público-privada en infraestructura de carga**

El objetivo de impulsar políticas para la masificación del uso de vehículos eléctricos responde principalmente al desarrollo de un medio de transporte eficiente y menos contaminante. No obstante, la transición de vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos debe considerar el cambio en el hábito de consumo de su población y para ello los vehículos eléctricos deben ser y percibirse como igualmente competitivos que sus pares de combustión interna. De acuerdo con una

encuesta levantada por McKinsey (2018) en China, Alemania y Estados Unidos, los consumidores consideran que no tener suficientes estaciones de carga para sus vehículos, es la tercera barrera más importante señalada para la compra de estos vehículos, por detrás del precio y el rango de autonomía de manejo que poseen. De acuerdo a todas las proyecciones realizadas, el precio de los vehículos seguirá disminuyendo y la autonomía de sus baterías aumentará por lo que la necesidad de puntos de carga es probable se convierta entonces en la primera barrera para la adquisición de vehículos eléctricos tanto por particulares como por empresas que utilizan flota de vehículos en sus operaciones.

En este contexto, la inversión pública y las alianzas con actores privados serían necesarias para incrementar la infraestructura de carga que será requerida. En este sentido, las acciones que tomen los gobiernos por facilitar las acciones e involucramiento de privados resulta fundamental (World Bank, 2020). Este tipo de medidas son aún más importantes para el caso de Chile, debido a la importancia que poseen los viajes interurbanos a lo largo del territorio y para los cuales estos puntos de carga son fundamentales.

De acuerdo a los antecedentes entregados, la construcción de infraestructura de carga tendrá impacto en el empleo regional referente a la construcción, funcionamiento y operación, lo que hará necesario la coordinación entre las instituciones formadoras y de capacitación con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para la actualización de contenidos curriculares.

- **Articular al SENCE con red de CFT Estatales para formación de electricistas en las regiones del país**

Una de las medidas en el corto plazo que podría considerarse es el trabajo de SENCE, organismos de capacitación y los CFT Estatales por idear planes de formación y certificación de electricistas que cumplan con

los requerimientos SEC para la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura de carga a lo largo del territorio nacional.

Una de las primeras ocupaciones que comenzarán a ser más escasas a partir del incremento del uso del vehículo eléctrico en Chile serán los electricistas ya que serán necesarios para las instalaciones y la mantención de infraestructura de carga en la vía pública, así como para la instalación correcta de cargadores residenciales y verificar que la capacidad eléctrica de los hogares del país posea los equipos adecuados para el aumento de electricidad que será requerida.

Es por lo anterior que ya en las entrevistas se levantó la alerta sobre la escasez de electricistas para la infraestructura de carga en regiones. Para la formación de este tipo de personal de manera descentralizada se sugiere la evaluación de realizar esfuerzos conjuntos con casas de estudios en cada región en la que se propongan metas y objetivos para un número mínimo de electricistas certificados que permitan a las regiones ser parte de los cambios por un transporte eléctrico.

- **Actualizar las leyes y normativas vigentes**

En cualquier escenario futuro, ya han surgido nuevas tecnologías y equipamientos que posibilitarán el uso más eficiente de la energía. Para su incorporación al país es necesario que se modernicen las normativas que regularán su uso tanto por parte de empresas como de usuarios.

En línea con la inversión y alianzas público-privadas para la construcción de infraestructura de carga, la promulgación de nuevas normativas energéticas es también esencial para incrementar los puntos de carga en el país. Por ello la Ley de Eficiencia Energética y la Ley Larga de Distribución son hitos fundamentales para sentar las bases de un nuevo marco regulatorio que permita una definición clara sobre atribuciones,

funciones, deberes y derechos de todos los actores involucrados. Como se ha mencionado anteriormente, en lo que refiere específicamente a la electromovilidad ambas leyes permitirán la regulación de la interoperabilidad de cargadores para vehículos eléctricos, así como la separación entre distribución y comercialización de energía lo que permitirá la entrada de más actores a la venta de energía, generándose nuevos modelos de negocios. De igual manera, la regulación de tipos y número de cargadores residenciales, diferenciación de tarifas de pago por consumo en distintas horas del día (para incentivar la carga de vehículos durante la noche), regulaciones sobre cargadores V2G (Vehículo-Grid) o aseguramiento de normas de seguridad y capacidades de potencia para la población, son algunos de los puntos que también contendría la una normativa y que facilitaría la transición a la electromovilidad.

Por todo lo anterior, es importante que la discusión parlamentaria tome en cuenta la relevancia que poseen los proyectos de ley respectivos y pueda despacharlas de manera oportuna cuando todavía la llegada de vehículos eléctricos está iniciándose en el país.

- **Considerar la transformación de vehículos a combustión interna a eléctricos como una alternativa para la masificación de la electromovilidad**

Adicionalmente a las leyes mencionadas en el punto anterior, considerar la alternativa de transformar vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos, puede operar como una de las opciones para acelerar entre la población del país el uso de transporte eléctrico.

La posibilidad de realizar esta transformación abriría un foco para reconversión de talleres y empresas que les permitiría adaptarse a un escenario en el que el mantenimiento de motores de vehículos dejaría, gradualmente, de ser requerido en medida que eran requeridos con los antiguos vehículos de combustión. Permitiría además la reutilización de una parte de estos vehículos que ya

se encuentran en el país, evitando así su desecho masivo por la población, haciendo posible incorporar de manera más sustentable la cultura de transporte eléctrico en el país y generar una economía circular asociada. Otro punto de discusión interesante que podría generar esta medida refiere a dar un valor agregado al litio extraído en Chile. Ante la necesidad de kits con baterías de litio para motores de vehículos eléctricos, se abriría una oportunidad de expandir y refinar la extracción de este recurso natural, de manera de producir baterías de litio para uso exclusivo en la transformación de vehículos de combustión interna.

Si bien esta medida podría abrir muchas oportunidades y beneficios, es importante evaluar las condiciones necesarias, las normativas y los entes fiscalizadores correspondientes para realizar este proceso de transformación cumpliendo con todas las medidas de seguridad correspondientes. De acuerdo con la experiencia internacional, esta sería una alternativa viable técnicamente, no obstante, antes de habilitar esta opción, es importante definir los estándares de seguridad y por sobre todo definir en quién recaerá el mandato de fiscalizar dicho proceso, así como de entregar los recursos para ello.

- **Modificar actuales exenciones de impuestos de vehículos contaminantes hacia vehículos eléctricos y otros cambios tributarios**

Para hacer más atractiva la adquisición de vehículos eléctricos, estos deben poseer ventajas comparativas respecto a los vehículos tradicionales y hay casos de países en el mundo que han utilizado subsidios para lograr este objetivo. No obstante, la aplicación de subvenciones a la oferta de vehículos eléctricos no resulta ser una política pública acorde a la realidad del país.

De aplicar una medida de este estilo, con los precios actuales de vehículos eléctricos, el resultado poseería características de regresividad ya que se beneficiarían solo

quienes pueden adquirir vehículos sobre los 25 millones de pesos. Sin embargo, existen otro tipo de medidas que podrían ser evaluadas y que también generarían incentivos para la masificación de vehículos eléctricos, especialmente entre empresas que poseen flotas vehiculares en sus operaciones y entre particulares.

Una primera alternativa a revisar refiere a la exención de IVA de camionetas de hasta 2.000 kilos de empresas como parte de sus activos. Una manera de incentivar el uso de vehículos eléctricos implicaría traspasar la exención de camionetas a vehículos eléctricos conforme a reemplazar incentivos que actualmente ya existen en el país y que fue descrito previamente.

Junto al cambio de exención del IVA también está la posibilidad de reducir el valor de las patentes y permisos de circulación de vehículos eléctricos. Actualmente los criterios para fijar sus precios se fundamentan sobre todo en el año del modelo en vez del tipo de motor que utiliza el vehículo. Por ello es por lo que estos nuevos vehículos, a pesar de contaminar menos, son parte del segmento que más deben pagar por patentes y permisos de circulación. La evaluación de estos criterios se sugiere ser revisada pues actualmente representan una barrera para la masificación de vehículos eléctricos. Otras medidas similares pueden ser tomadas que consideren reducción del valor de peajes, estacionamientos y carriles preferenciales y la no aplicación de restricciones vehiculares.

Aplicar medidas que generen una menor recaudación de impuestos tendrá un costo en las arcas fiscales, no obstante, estas debiesen ir acompañadas de otro tipo de fuentes que recuperen los recursos destinados a incentivar el uso de vehículos eléctricos. El aumento gradual del impuesto verde o un cargo adicional a empresas de venta de vehículos que no logren vender un porcentaje mínimo de vehículos eléctricos son algunas de las medidas discutidas en este informe.

- **Fortalecer el rol del programa Técnicos Para Chile**

El Ministerio de Educación destina anualmente 200 becas para que docentes y técnicos superiores se perfeccionen en nuevos conocimientos asociadas a siete áreas estratégicas para el país, entre ellas la electromovilidad. Estos esfuerzos cumplen un rol clave en traer conocimientos y capacidades que el país requerirá para la transición al transporte eléctrico, sin embargo, todavía en un número acotado pensando en los desafíos en la materia y que este número de becas es para un total de siete áreas prioritarias.

Por esta razón la búsqueda de alianzas entre actores públicos y privados para incrementar el número de becas para la electromovilidad o financiar más programas alternativos, que permitan ir gradualmente dejando capacidades instaladas para formar a más personas en el país, es un desafío a mediano plazo a favor de cerrar las posibles brechas de capital humano en la materia. En la medida que se incremente el número de becarios en diferentes programas de estudios, seleccionados en países líderes de la materia, y estos regresen al país, también será fundamental evaluar su inserción laboral que permita realizar ajustes a convocatorias futuras que, entre otros, incentive la formación y regreso de técnicos a aquellas regiones donde exista mayor escasez por este tipo de técnicos.

- **Evaluar la implementación de programas piloto que integren rutas formativo-laborales EM-TP-Formación Dual-ESTP**

Junto con las becas para formación en el extranjero, los desafíos de la electromovilidad para el mundo de la educación técnica representan una oportunidad para potenciar y visibilizar la importancia de esta modalidad educativa para el desarrollo del país.

La necesidad de formar a técnicos de nivel superior para los trabajos que demandará la electromovilidad pueden ser la instancia ideal para implementar programas piloto a mayor escala que vincule a establecimientos educacionales EMTP con empresas especializadas en el rubro y con Instituciones de Educación Superior Técnica. Ante la necesidad de formar a jóvenes de las especialidades afines desde la enseñanza media en espacios laborales reales, la búsqueda de soluciones a las barreras legales -para el trabajo de esos estudiantes- además de crear interés en las empresas del rubro, se vuelve prioritario. De esta manera los jóvenes pueden tener una experiencia educativa que permita experimentar y visibilizar el tipo de carrera educativo-laboral que podrían proseguir en estas especialidades, así como las empresas tengan la posibilidad de captar jóvenes talentos.

Sumado a ello, también será importante para la construcción de carreras educativo-laborales la vinculación con la educación superior técnica. Una de las maneras de generar estos lazos podría ser mediante la articulación vertical entre la EMTP y la Educación Superior Técnico-Profesional (ESTP). Esta es una propuesta que se discute hace años y que, en concreto, permitiría a estudiantes que prosigan estudios superiores vinculados a su especialidad de la enseñanza media a adelantar un semestre de estudios. En la medida que este tipo de programas den buenos resultados y aprendizajes, podría ser una medida que se pueda aplicar gradualmente a una mayor cantidad de estudiantes.

Para esto, será importante comenzar, en primer lugar, por la realización de un estudio acabado que analice los programas de estudio disponibles actualmente de las especialidades relativas a electromovilidad, ofrecidos por las instituciones de EMTP y ESTP. Esto involucraría un análisis de la oferta disponible, el material docente y didáctico para el trabajo teórico y práctico de los estudiantes. Así, a partir de esta información será posible determinar los

cambios y las necesidades actuales en la educación técnica para el desarrollo de la electromovilidad.

- **Contar con un marco de Cualificaciones para la actualización de planes formativos en la EMTP, ESTP y organismos de capacitación**

La posibilidad de mayor articulación vertical u horizontal en el sistema de educación técnica, requieren como piedra angular la existencia de un Marco de Cualificaciones que permita la vinculación entre actores del sistema mediante calificaciones específicas (CPP-UC, 2017). Es por ello que la inclusión en el Marco de Cualificaciones del sector energía y la educación técnico profesional resulta una de las prioridades para mantener actualizados los conocimientos requeridos en esta modalidad educativa, conforme a los cambios que ocurran en los perfiles laborales asociados. Además, es fundamental que estos conocimientos ofrecidos por las industrias educativas estén integrados con lo que se requiera en la industria del sector.

En este sentido, en la actualidad existen Instituciones de Educación Superior que han desarrollado una serie de iniciativas en las que, junto a empresas del transporte público, han capacitado a trabajadores en el uso de vehículos eléctricos, su mantención e instalación de puntos de carga. A partir de estas iniciativas se sugiere sistematizar e incluir como insumo para la elaboración del Marco de Cualificaciones del sector con el fin de especificar contenidos a ser actualizados y/o modificados en la oferta de los planes formativos y de capacitación existentes en la región y el país.

- **Considerar la infraestructura de carga en la planificación de ciudades a nivel urbano y residencial**

En la medida que las ventajas de los vehículos eléctricos, no solo a nivel de medioambiental, sino que también económico, sean conocidas entre la población,

mayor será la cantidad de vehículos particulares de este tipo.

Será importante considerar, por lo tanto, la adaptación de los hogares para la instalación de cargadores residenciales. Si bien en casas particulares no pareciera existir complicaciones, es importante prever soluciones para lo que podrían ser límites en la cantidad de cargadores eléctricos por edificio, especialmente en aquellos de mayor antigüedad. En la medida que este sea un problema no resuelto se presentará como una barrera para la adquisición de vehículos eléctricos.

De igual manera quienes planifican el crecimiento de las ciudades deben considerar la construcción de puntos de carga en la vía pública para este tipo de vehículos. Además de los requisitos legales que deberán ser respetados, también será importante localizar y definir puntos estratégicos en los que construir este tipo de infraestructura a modo de diseñar una red que permita el desplazamiento por las ciudades de estos vehículos. Por ello es que además debiesen ser considerados en el plan urbano de una ciudad de manera que estos sean distribuidos de manera equitativa conforme a permitir el uso de este nuevo medio de transporte a toda la población de las ciudades de nuestro país.

- **Concientizar a la población sobre la importancia y beneficios del uso del transporte eléctrico**

Considerando que se espera que la flota de buses eléctricos en el transporte público de Santiago avance hacia ser totalmente eléctrica, se debe incentivar a la población sobre los beneficios de este tipo de transporte, de modo de presentarlo como una opción más atractiva que los vehículos particulares. Esto último porque, en primer lugar, el uso de transporte público contribuye a disminuir el tráfico en la ciudad y, además, al funcionar a través de buses eléctricos, al usar este tipo de movilidad los usuarios estarían contribuyendo significa-

tivamente a disminuir la huella de carbono, una tarea fundamental si se consideran los altos niveles de contaminación atmosférica de la capital.

Para lo anterior, el trabajo conjunto de los Ministerios de Energía y de Transporte para impulsar el uso del transporte público y comunicar a la población sobre los beneficios de hacerlo, es una estrategia que puede aumentar el impacto del uso de la electromovilidad en el medioambiente y la calidad de vida de las personas, de manera indirecta o directa. Para esto, se pueden realizar campañas comunicacionales, intervenciones en escuelas, propagandas, entre otros.

- **Utilizar el hidrógeno como tecnología complementaria**

Como fue establecido anteriormente, Chile ha adherido a una serie de tratados y compromisos relativos al cuidado del medioambiente y a disminuir las emisiones de CO₂. Para esto, las energías renovables y las nuevas tecnologías, como la electromovilidad y el hidrógeno verde, son alternativas eficientes y limpias a través de las cuales alcanzar estas metas y así contribuir a la disminución de emisión de gases contaminantes.

En esta línea, la electromovilidad y el hidrógeno verde son tecnologías complementarias que pueden servir para diferentes funciones. Por un lado, la electromovilidad ha demostrado ser altamente eficiente para los vehículos livianos, taxis, scooters, motos, bicicletas eléctricas y buses. Sin embargo, la evidencia recopilada en esta investigación da cuenta de que esta tecnología no ha sido óptima para su uso en minería y maquinaria pesada, ámbito en el que el hidrógeno verde sí ha demostrado ser una alternativa al petróleo. Así, ambas tecnologías deben ser consideradas como prioritarias y complementarias para cumplir con los compromisos del país en materia de cambio climático.

11. Referencias

- America Retail. (2020). *Colombia: El país le apuesta a la movilidad eléctrica*. Retrieved 19 may 2020, from <https://www.america-retail.com/colombia/colombia-el-pais-le-apuesta-a-lamovilidad-electrica/>
- Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC). (2019). Informe automotor diciembre.
- BloombergNEF. (2019). *Electric vehicle outlook*.
- CPP-UC. (2017). Estado y nudos críticos de la formación técnica en Chile. *Centro Políticas Públicas UC*.
- Carabineros de Chile (2020). *Cuenta Pública 2019*. Recuperado de: https://www.carabineros.cl/secciones/Cuenta_Publica_2020/assets/cuenta_publica_2020.pdf
- Center of Automotive Management (CAM). (2019). *Electricity Report 2019*.
- Cooperativa. (2020). *Chile doblará su producción de litio pero disminuirá su cuota de mercado*. Retrieved 28 August 2020, from <https://cooperativa.cl/noticias/economia/materias-primas/litio/chile-doblara-produccion-de-litio-a-2030-pero-disminuira-su-cuota-de/2020-08-27/011633.html>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2018). *The E-Mobility Race and China's Determination to Win Measurements by the Chinese government to accelerate emobility development*. Beijing.
- Directorio de Transporte Público Metropolitano (2019). *Informe de Gestión 2019*. Recuperado de: http://www.dtpm.gob.cl/descargas/memoria/InformeGestion_2019_DTPM.pdf
- Duoc UC.(2019). *Avances de Duoc UC en energía, electromovilidad e industria 4.0*. Santiago Marín Cruchaga. Director Área Escuelas Ingeniería, Construcción y Recursos Naturales de Duoc UC. | Observatorio de la Educación Técnico Profesional Duoc UC. [online] Duoc.cl. Available at: <http://observatorio.duoc.cl/avances-de-duoc-uc-en-energia-electromovilidad-e-industria-40-santiago-marin-cruchaga-director-area> [Accessed 3 Dec. 2019].
- Duoc UC. (2019). *Duoc UC inauguró nueva electrolinea gratuita para la comunidad en sede plaza norte*. Retrieved 19 November 2019, from https://www.duoc.cl/?noticia_post_type=duoc-uc-inauguro-nueva-electrolinea-gratuita-para-la-comunidad-en-sede-plaza-norte
- Electricidad.(2019). *Electromovilidad: El montaje eléctrico en infraestructura de carga*. Retrieved 18 Dic 2019, from <https://www.revistaei.cl/informes-tecnicos/electromovilidad-el-montaje-electrico-en-infraestructura-de-carga/>
- Electroindustria.(2019). *Revista ElectroIndustria – NUEVA LEY DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA: Las claves de la distribución del futuro*. [online] Emb.cl. Available at: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3050&srch=-transformador&act=3> [Accessed 3 Oct. 2019].

Electromov. (2019a). *Juan Barichevich (Inacap): "La formación de estudiantes tiene una fuerte carga de asignaturas de electricidad y electrónica" – Tecnología*. [online] ElectroMov. Available at: <https://www.electromov.cl/2019/02/18/juan-barichevich-inacap-la-formacion-de-estudiantes-tiene-una-fuerte-carga-de-asignaturas-de-electricidad-y-electronica/> [Accessed 28 Nov. 2019].

Electromov. (2019c). *Minería y electromovilidad el vínculo para combatir el cambio climático*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.electromov.cl/2019/04/14/mineria-y-electromovilidad-el-vinculo-para-combatir-el-cambio-climatico/>

Electromov. (2019d). *Minería y electromovilidad el vínculo para combatir el cambio climático*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.electromov.cl/2019/10/14/mineria-sector-con-mas-buses-electricos-des-pues-del-transporte-publico/>

Electromov. (2020d). *Los beneficios que están entregando los buses eléctricos a la minería*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/01/29/los-beneficios-que-estan-entregando-los-buses-electricos-a-la-mineria/>

Electromov. (2020e). *Enel X lanza electroruta nacional con 1.200 puntos de carga a 2025*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/01/17/video-enel-x-lanza-electroruta-nacional-con-1-200-puntos-de-carga-a-2025/>

Electromov. (2020f). *Electromovilidad lo que se viene en regulación*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/01/22/electromovilidad-lo-que-viene-en-regulacion/>

Electromov. (2020h). *Los 11 objetivos que busca corfo con el centro para el desarrollo de la electromovilidad en Chile*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/02/12/los-11-objetivos-que-busca-corfo-con-el-centro-para-el-desarrollo-de-la-electromovilidad-en-chile/>

Electromov. (2020j). *Codelco: conozca la nueva flota eléctrica en El Teniente*. Retrieved 5 May 2020, from <https://www.electromov.cl/2019/04/24/codelco-estrena-flota-electrica-en-el-teniente/>

Electromov. (2020l). *Bogotá busca desplazar a Santiago como la ciudad con más buses eléctricos de Latinoamérica*. Retrieved 19 May 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/02/25/bogota-busca-desplazar-a-santiago-como-la-ciudad-con-mas-buses-electricos-de-latinoamerica/>

Electromov. (2020m). *Demanda por electromovilidad subirá de 176 a 1.885 gwh entre 2020 y 2040*. Retrieved 30 July 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/07/29/demanda-por-electromovilidad-subira-de-176-a-1-885-gwh-entre-2020-y-2040/>

Electromov. (2020n). *Infraestructura inteligente crucial en mantenimiento de puntos de carga*. Retrieved 13 July 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/07/17/infraestructura-inteligente-crucial-en-mantenimiento-de-puntos-de-carga/>

Electromov. (2020o). *Electromovilidad representará 79% del consumo de litio hacia 2030*. Retrieved 12 November 2020, from <https://www.electromov.cl/2020/11/12/demanda-litio-crecera-casi-6-veces-a-2030-gracias-a-la-electromovilidad/>

Electricidad (2019). *Ley corta de distribución eléctrica es despachada de la Comisión de Energía reconociendo la necesidad de una ley larga*. [online] *Revistaei.cl*. Available at: <http://www.revistaei.cl/2019/11/07/ley-corta-de-distribucion-electrica-es-despachada-de-lacomision-de-energia-reconociendo-la-necesidad-de-una-ley-larga/> [Accessed 4 Oct. 2019].

Eurofound (2017). *Electric Vehicles shifting gear or changing directions? Impact of gamechanging technologies in European manufacturing. Future of Manufacturing in Europe*.

Escalona, E. and Julio, B. (2020). *Políticas Públicas Para Una Adecuada Implementación De La Electromovilidad En Chile*. Presentado en Sociedad de Políticas Públicas, Santiago de Chile.

FCFM. (2018). *FCFM capacita a conductores de buses eléctricos del transantiago*. Retrieved 19 november 2019, from <http://ingenieria.uchile.cl/noticias/146520/fcfm-capacita-aconductores-de-buses-electricos-del-transantiago>.

Fidelmov. (2019a). *Ciudades inteligentes: políticas públicas y regulaciones internacionales*. Presentation, Santiago, Chile.

Fidelmov. (2019b). *Reuso de baterías de litio*. Presentation, Santiago, Chile.

Fidelmov. (2019c). *Características y tipos de cargadores*. Presentation, Santiago, Chile.

Fidelmov. (2019e). *Desarrollo de la electromovilidad en Chile*. Presentation, Santiago, Chile.

García, N., (2019). *Electromovilidad Tendencias Y Experiencia Nacional E Internacional*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria.

Generadoras de Chile. (2019). *La hoja de ruta en materia de electromovilidad en Chile*. Generadoras de Chile. Retrieved 13 April 2020, from <http://generadoras.cl/prensa/la-hoja-de-ruta-en-materia-de-electromovilidad-en-chile>.

Híbridos & Eléctricos. (2019). *Guía de emergencia de coches eléctricos*. Retrieved 20 June 2020, from <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/guia-emergencia-cocheselectricos-7-pasos-bomberos-accidente/20191127180857031768.html>.

Híbridos & Eléctricos. (2020a). *Mercedes-Benz presenta su primer autobús eléctrico con baterías de electrolito sólido*. Retrieved 20 June 2020, from <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/mercedes-benz-ecitaro-g-primer-autobus-electrico-baterias-electrolito-solido/20200619131330036040.html>.

Híbridos & Eléctricos. (2020b). *Reutilizar las baterías de los coches eléctricos es mejor que reciclarlas, aunque con matices*. Retrieved 23 June 2020, from <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/reutilizar-baterias-coches-electricos-reciclar/20200622141702036074.html>.

ICCT. (2019). *The surge of electric vehicles in United States cities*. International Energy Agency (IEA), (2018a). *Global EV Outlook 2018*. Disponible en: <https://www.iea.org/gevo2018/>

- International Energy Agency (IEA), (2018b). Nordic EV Outlook 2018 Insights from leaders in electric mobility. Disponible en: <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2018/05/NordicEVOutlook2018.pdf>
- International Energy Agency (IEA), (2019). Global EV Outlook 2019.
- Isla, L., Singla, M., Rodríguez, M., & Granada, I. (2019). *Análisis de tecnología, industria y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Inacap. (2019). *Inacap y Turbus realizan capacitación a bomberos sobre el funcionamiento de un bus eléctrico interurbano*. Retrieved 19 November 2019, from <https://portales.inacap.cl/noticias/destacadas/2019/inacap-y-turbus-realizan-capacitacion-a-bomberos-sobre-el-funcionamiento-de-un-bus-electrico-interurbano>
- McKinsey & Company.(2017). *Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability*.
- Ministerio de Desarrollo Social (2017). Base de Datos Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN).
- Ministerio de Educación. (2020a). *Becas y Programas*. Retrieved 2 June 2020, from <http://www.tecnico-profesional.mineduc.cl/becas-y-programas/>
- Ministerio de Educación. (2020b). *Becarios en electromovilidad se capacitan en diversas industrias de Alemania*. Retrieved 2 June 2020, from <https://educacionsuperior.mineduc.cl/2020/01/15/becarios-en-electro-movilidad-se-capacitan-en-diversas-industrias-de-alemania/>
- Ministerio de Energía.(2017). *Estrategia Nacional de Electromovilidad Un camino para los vehículos eléctricos*.
- Ministerio de Energía.(2019). *Buenas Prácticas En Movilidad Eléctrica*.
- Ministerio de Medio Ambiente Chile (2018). Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático, <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPanish.pdf>
- Norsk elbilforening. (2019). *Norwegian EV policy. Elbil*. no. Retrieved 10 December 2019, from <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>.
- Presidencia. (2019). *Normativa ley 1964 de 20 de julio de 2019*. Retrieved 19 may 2020, from <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201964%20DEL%2011%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>
- Propfe, B., Redelbach, M., J. Santini, D., & Friedrich, H. (2012). *Cost analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles including Maintenance & Repair Costs and Resale Values*. Los Angeles, California: World Electric Vehicle Journal.
- PNUMA. (2019). *Estado de la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe*.
- Schuh, G., Schwartz, M., Kolz, D., Jussen, P., & Lütke Meyring, T. (2018). Scenarios for the Development of Electromobility. IEEA, 28–31. Retrieved 15 September 2019.
- Subsecretaría de Transportes (2020). Base de Datos Transporte Público – Noviembre de 2020. Recuperado de: <https://usuarios.subtrans.gob.cl/estadisticas/parques-vehiculares.html>

Superintendencia de Energía y Combustibles (SEC). (2019). *Declaración de puesta en servicio de instalaciones para carga de vehículos eléctricos*. Retrieved 16 April 2020, from <https://www.sec.cl/electro-movilidad-te6/>.

The Fire Protection Research Foundation. (2010). *Fire Fighter Safety and Emergency Response for Electric Drive and Hybrid Electric Vehicles*. World Economic Forum. Retrieved 11 August 2020, from http://sikkimfire.nic.in/Download/Download_2.pdf

UTFSM. (2018). *USM mantiene activa participación en cambios hacia la electromovilidad*. Retrieved 19 november 2019, from <https://noticias.usm.cl/2018/12/17/usm-mantiene-activa-participacion-en-cambios-hacia-la-electromovilidad/>