



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE UN SUBSIDIO PARA VEHÍCULOS

ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS ENCHUFABLES EN CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

AUTOR

FELIPE HURTADO ARAVENA

PROFESOR GUIA:

SR. JUAN TAPIA

VALPARAISO, 2021

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a las personas más importantes en mi vida, que son mi mamá Sandra y mi papá Fernando, que desde que tengo memoria me han apoyado en las decisiones que he tomado, como cuando me cambie de carrera después de 2 años en Telemática a Ingeniería Comercial. Ellos son mis pilares fundamentales por esto y por el cariño que me dan. A mi mamá, agradecer por el apoyo incondicional que siempre me ha dado durante mi paso en la universidad, sus consejos en momentos difíciles y mucho más. A mi papá, darle las gracias por siempre haberme ayudado a clarificar ideas, principalmente en el tema académico, entre otras.

En segundo lugar, agradecer a mis abuelos que también permanentemente me han apoyado en mis decisiones, en especial a mis abuelos maternos que siempre han estado muy orgullosos y me han apoyado con lo que elegí estudiar, y a mi abuela paterna que me ha acompañado desde el cielo en todo este período. Este trabajo está dedicado a mi abuelo materno que nos dejó el año pasado y mi abuela paterna.

Por otro lado, quiero agradecer a mis amigos del colegio que se han mantenido hasta la actualidad que han estado también en las buenas y en las malas, con quienes he pasado muy buenos momentos, y que siempre me han apoyado, ellos son Felipe López, Damaris Gil, Edinson Bazán y Alberto Bazán.

También quiero agradecer a mi grupo de amigos de mi primera carrera, con quienes pase muy buenos momentos y que estuvieron presentes en momentos muy complicados, siempre apoyando, ellos son Lilian Rosales, Matko Milovic, Juan Carlos Cespedes y Valentina Yevenes.

Además, una mención especial a un grupo de amigos que conocí el 2015, los “ernestos” compuestos por Patricio Valenzuela, Carlos Estay, Rodrigo Valdés, Nicolas Estay, Nelson Araya, Nicolas Rocchiccioli, Pablo Perez, Joaquin Madariaga y Vicente Vidal, con los que almorzábamos todos los días en la terraza del edificio P, creo que fueron los que más risas me sacaron en la u y eso siempre se agradece, además de la amistad duradera. También a otros amigos más de comercial, destacar nuevamente a Patricio Valenzuela y a Rodrigo Valdés, y por otro lado a Patricia González, Victoria Menares y Andrea Aracena, que han sido los más cercanos dentro de la carrera apoyando en todas y con quienes he pasado muy buenos momentos.

Igualmente me gustaría agradecer a Ronald Tobar, a quien conocí en mi primera práctica y que fue quien me ayudó a encontrar práctica previo a mi titulación, lo que ocurrió en diciembre de 2020.

Finalmente, agradecer a mi profesor guía Juan Tapia quien tomó mi tema de estudio cuando mi anterior profesor se fue de la universidad.

Resumen ejecutivo

En el presente estudio se busca analizar la factibilidad de aplicar un subsidio o aporte estatal al precio de vehículos livianos y medianos que contaminen menos que los que están presentes mayoritariamente en la actualidad. Esto se puede realizar sustituyendo el parque automotriz existente de vehículos bencineros y diésel por eléctricos o híbridos enchufables.

Para evaluar la factibilidad de esto, se hizo una comparación del beneficio social que implica sustituir parte del parque vehicular actual por uno eléctrico versus el costo que tiene para el estado financiar esto en distintos porcentajes, siendo los elegidos para este estudio, un 5%, 10% y 16% de aporte estatal.

Entonces, en base a los antecedentes presentados en el *Marco Teórico* y los datos y supuestos de la sección *Metodología*, se utilizó un modelo matemático basado en el modelo de Bass de difusión de las tecnologías para determinar las ventas a futuro de cada categoría y tipo de vehículo, para posteriormente calcular el parque vehicular anual que quedaría en cada una de los 3 escenarios mencionados en el párrafo anterior. Con esto y teniendo estimaciones también a futuro de las emisiones, se pasa a calcular la reducción de emisiones que se provocan como consecuencia del aporte monetario al precio del vehículo, para lo que se debió considerar un escenario base donde se dejó al mercado actuar por sí solo y calcular el diferencial de emisiones que no se emitían debido al aumento de los vehículos eléctricos y/o híbridos enchufables.

A partir de lo anterior, y considerando el precio social del carbono en Chile, se pasó a calcular el beneficio social como consecuencia de tomar estas medidas, y en contraparte, teniendo las ventas anuales en cada uno de los escenarios se calculó a partir de supuestos de precios futuros el costo que implicaría para el estado aplicar cada una de estas medidas.



Así, se obtuvo finalmente que todos los flujos de caja netos dieron un resultado negativo para cada categoría y tipo vehicular, siendo el mayor VAN social el de los taxis EV en un escenario de subsidio del 5% con un valor de -47,6 millones de dólares, todo esto aplicando el subsidio durante 25 años, por lo que cualquiera de las opciones evaluadas no es viable.

Entonces, se proponen algunas alternativas respecto a los subsidios, además de aplicar otras medidas en el país tomando ejemplos de otros países como Noruega que es un líder mundial en electromovilidad o Colombia que es líder regional en cuanto a vehículos livianos en Sudamérica, tales como la reducción del permiso de circulación, de los peajes y de los estacionamientos, además de otras que por el contrario no vayan directamente dirigidas a los eléctricos, pero que castiguen a los de combustión interna como lo es un mayor impuesto verde.



Índice de Contenido

Agradecimientos	1
Resumen ejecutivo.....	2
1 Planteamiento del problema	11
2 Objetivos	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 Marco Teórico	16
3.1 Tipos de vehículo.....	16
3.1.1 Por peso.....	16
3.1.2 Por tipo de motor.....	18
3.1.3 Clasificación ANAC.....	21
3.1.4 Clasificación INE	23
3.1.5 Por tipo de uso	24
3.1.6 Por tamaño.....	25
3.2 Mercado automotriz nacional.....	26
3.2.1 Oferta	26
3.2.2 Demanda	27
3.2.3 Mercado de autos ecológicos.....	35
3.3 Caracterización parque vehicular chileno	43
3.4 Cambio climático y contaminación de fuentes móviles.....	50
3.5 Precio social del carbono	61
3.6 Situación actual de Chile	63
3.7 Casos de otros países	70
3.7.1 Colombia	70
3.7.2 Noruega.....	76
3.8 Difusión de las tecnologías.....	82
3.8.1 Modelo de Bass	86
4 Metodología	88
4.1 Pronóstico de ventas de autos a futuro	89
4.2 Pronóstico de participación de mercado por tipo de combustible y categoría.....	95



4.3	Cálculo de parque vehicular anual	114
4.4	Comparación de escenarios y sensibilización de precios.....	116
4.5	Cálculo del beneficio social	118
4.6	Cálculo del costo	124
5	Resultados y análisis.....	125
5.1	Estimaciones de venta y parque automotriz con en un mercado sin subsidios	125
5.2	Ventas en los distintos escenarios de aporte estatal al precio	133
5.2.1	Escenario 1	134
5.2.2	Escenario 2	137
5.2.3	Escenario 3	140
5.3	Parques automotores en los distintos escenarios de aporte estatal al precio	147
5.3.1	Escenario 1	147
5.3.2	Escenario 2	151
5.3.3	Escenario 3	155
5.4	Emisiones de CO2 equivalente y beneficio social	162
5.4.1	Escenario 1	163
5.4.2	Escenario 2	166
5.4.3	Escenario 3	169
5.5	Costos para el estado	173
5.5.1	Escenario 1	173
5.5.2	Escenario 2	174
5.5.3	Escenario 3	174
5.6	Análisis económico.....	177
5.6.1	Escenario 1	177
5.6.2	Escenario 2	177
5.6.3	Escenario 3	178
6	Conclusiones, recomendaciones y limitantes	180
7	Referencias.....	187
8	Anexos.....	196

Índice de gráficos

Gráfico 1: Ventas anuales 2006-2019 de vehículos livianos y medianos en Chile.....	28
Gráfico 2: Participación de mercado por segmento desde 2006 a 2020 en Chile	32
Gráfico 3: Precio medio ponderado de los autos vendidos en Chile entre 2006 y 2020.	33
Gráfico 4: Participación de mercado de autos eléctricos e híbridos en Chile.....	36
Gráfico 5: Ventas mensuales de eléctricos (EV y PHEV) e híbridos (HEV) desde 2018 a marzo de 2020.....	36
Gráfico 6: Proporción de venta de EV según carrocería en 2019	37
Gráfico 7: Proporción de venta de PHEV según carrocería en 2019.....	38
Gráfico 8: Evolución de la diferencia media de precio entre PHEV y EV respecto a vehículos a combustión interna equivalentes por año.	39
Gráfico 9: Proporción de venta de HEV según carrocería en 2019	41
Gráfico 10: Parque vehicular anual de motorizados vs livianos y medianos	43
Gráfico 11: Parque de vehículos livianos y medianos totales vs parque de vehículos livianos y medianos en comunas con estadística de emisión de GEI	45
Gráfico 12: Parque de vehículos autos totales vs parque de autos en comunas con estadística de emisión de GEI.....	46
Gráfico 13: Parque de vehículos comerciales livianos totales vs parque de vehículos comerciales livianos en comunas con estadística de emisión de GEI	47
Gráfico 14: Parque vehicular de HEV, EV y PHEV desde 2005-2019.....	49
Gráfico 15: Parque vehicular por tipo de combustible al 2018	50
Gráfico 16: Evolución de las emisiones de GEI directos e indirectos por vehículos livianos y medianos en Chile	57
Gráfico 17: Emisiones de GEI directos e indirectos en Chile al año 2018	60
Gráfico 18: Emisiones (toneladas de GEI) de vehículos livianos y medianos por tipo de gas en Chile al año 2018.....	61
Gráfico 19: Ventas anuales de vehículos EV y PHEV respecto a las ventas totales del mercado	75
Gráfico 20: Participación de mercado de vehículos EV y PHEV por año en Colombia.....	75
Gráfico 21: Participación de mercado de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en Noruega	76
Gráfico 22: Emisiones de CO2 medias de autos nuevos vendidos en Noruega	80
Gráfico 23: Parque vehicular de eléctricos e híbridos enchufables en Noruega	81
Gráfico 24: Parque vehicular por tipo de combustible al 31 de diciembre de 2019	82
Gráfico 25: Distribución de los adoptantes de una innovación	85
Gráfico 26: Curva S de adopción acumulada de innovaciones	86
Gráfico 27: Evolución anual del PIB en Chile.....	92
Gráfico 28: Variación anual del IPC automotriz período 2005-2020	93
Gráfico 29: Estimación de la evolución costo incremental PHEV respecto a ICE de segmento similar	105
Gráfico 30: Estimación de la evolución costo incremental Autos EV respecto a Autos estándar ICE	105
Gráfico 31: Consumo urbano de 3 categorías de vehículos a futuro.....	107
Gráfico 32: Consumo urbano de 2 categorías de vehículos a futuro.....	107
Gráfico 33: Tasa de retiro de automóviles por año entre 2005 y 2019	115

Gráfico 34: Evolución de las ventas anuales de vehículos livianos y medianos.....	126
Gráfico 35: Evolución de las ventas anuales de vehículos PHEV y EV en el escenario base	129
Gráfico 36: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV por categoría en el escenario base.....	133
Gráfico 37: Evolución de las ventas anuales de los taxis EV en los diferentes escenarios	144
Gráfico 38: Evolución de las ventas anuales de los autos EV en los diferentes escenarios.....	145
Gráfico 39: Evolución de las ventas anuales de los comerciales EV en los diferentes escenarios .	145
Gráfico 40: Evolución de las ventas anuales de los autos PHEV en los diferentes escenarios	146
Gráfico 41: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV del escenario base vs escenario 1	150
Gráfico 42: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV del escenario base vs escenario 2	155
Gráfico 43: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV del escenario base vs escenario 3	160
Gráfico 44: Evolución del parque de taxis EV en cada escenario.....	160
Gráfico 45: Evolución del parque de autos EV en cada escenario	161
Gráfico 46: Evolución del parque de autos PHEV en los distintos escenarios	161
Gráfico 47: Evolución del parque de comerciales EV en los distintos escenarios	162
Gráfico 48: Reducción anual de emisiones de CO2 equivalente causadas por el subsidio del escenario 1 por categoría.....	163
Gráfico 49: Reducción anual de emisiones de CO2 equivalente causadas por el subsidio del escenario 2 por categoría.....	166
Gráfico 50: Reducción anual de emisiones de CO2 equivalente causadas por el subsidio del escenario 3 por categoría.....	169

Índice de tablas

Tabla 1: Equivalencias de vehículos entre Europa y Chile	18
Tabla 2: Ventas mensuales de vehículos livianos y medianos en Chile	29
Tabla 3: Precio medio ponderado de vehículos vendidos por segmento en 2019 en Chile	34
Tabla 4: Precio medio ponderado de vehículos vendidos por segmento en 2020 en Chile	34
Tabla 5: Precio medio ponderado y cantidad vendida de vehículos PHEV y EV en Chile para 2019.41	
Tabla 6: Precio medio ponderado y cantidad vendida de vehículos PHEV y EV en Chile de Enero a marzo de 2020.....	42
Tabla 7: Parque vehicular por tipo de combustible (%)	48
Tabla 8: Emisiones totales de CO2 eq y parque vehicular de las comunas con medición de gases de efecto invernadero para el periodo 2005-2018.....	58
Tabla 9: Emisiones de CO2 eq por vehículo al año en el período 2005-2018.....	59
Tabla 10: Emisiones de CO2 eq por categoría de vehículos ICE al año en el período 2005-2018	59
Tabla 11: Implementación de normas anticontaminación para autos	65
Tabla 12: Implementación de normas anticontaminación para comerciales.....	66
Tabla 13: Precios medios ponderados en Colombia de autos PHEV y EV y representatividad	71
Tabla 14: Precio medio de los 10 vehículos más vendidos en Noruega y proporción del total del mercado	77
Tabla 15: Desglose de costos de un mismo modelo en su versión bencinera y eléctrica	79
Tabla 16: Escenario de crecimiento económico esperado en el corto plazo.....	91



Tabla 17: Supuesto participación de mercado por categoría a futuro en las ventas anuales	94
Tabla 18: Valores de parámetros de Bass para vehículos PHEV	97
Tabla 19: Valores parámetros de Bass para vehículos EV	98
Tabla 20: Supuesto precios por categoría ICE	103
Tabla 21: Supuestos emisiones de NOx vehículos ICE y PHEV	106
Tabla 22: Supuestos Rendimiento urbano vehículos ICE y PHEV	106
Tabla 23: Consumo de electricidad de diferentes categorías de vehículos	110
Tabla 24: Distancia recorrida en zonas urbanas por parque automotriz según fuente 1	111
Tabla 25: Distancia media recorrida por categoría según fuente 2	111
Tabla 26: Supuesto de distancia media anual por categoría	111
Tabla 27: Supuestos precios de combustible	112
Tabla 28: Valores de coeficiente del payback para cada categoría vehicular	113
Tabla 29: Supuesto mínimo de toneladas de CO2 eq a alcanzar por vehículo de cada categoría ICE al año 2045	120
Tabla 30: Factor de emisión de 1 kwh a Ton Co2 eq por año en Chile	120
Tabla 31: Parque vehicular por categoría en escenario base	131
Tabla 32: Ventas anuales de las distintas categorías ecológicas en el escenario 1	136
Tabla 33: Ventas anuales de las distintas categorías ecológicas en el escenario 2	140
Tabla 34: Ventas anuales de las distintas categorías ecológicas en el escenario 3	143
Tabla 35: Parque vehicular por categoría en escenario 1	149
Tabla 36: Parque vehicular por categoría en escenario 2	153
Tabla 37: Parque vehicular por categoría en escenario 3	158
Tabla 38: Beneficio social anual por categoría de aplicar el subsidio al precio del vehículo del escenario 1.	165
Tabla 39: Beneficio social anual por categoría de aplicar el subsidio al precio del vehículo del escenario 2.	168
Tabla 40: Beneficio social anual por categoría de aplicar el subsidio al precio del vehículo del escenario 3.	172
Tabla 41: Evolución del precio medio por categoría de vehículos EV y PHEV	176
Tabla 42: VAN Social en dólares para cada escenario y categoría vehicular	179
Tabla 43: Propuesta subsidios escalonados	182
Tabla 44: Propuesta de subsidio a los taxis EV basada en la maximización del VAN	183

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Impuesto Verde	64
Ecuación 2	87
Ecuación 3	87
Ecuación 4	87
Ecuación 5	88
Ecuación 6	88
Ecuación 7: Modelo de Bass	88
Ecuación 8: Ventas a futuro de vehículos livianos y medianos en Chile	89
Ecuación 9: Regresión lineal para calcular p y q	95



Ecuación 10: Tasa de adopción modificada de Bass	98
Ecuación 11: Modelo de pronóstico de participación de mercado EV y PHEV	99
Ecuación 12: Participación máxima de mercado	99
Ecuación 13: Payback	100
Ecuación 14: Inversión inicial adicional respecto a un vehículo convencional	101
Ecuación 15: Costos operacionales anuales.....	101
Ecuación 16: Curva S para diferencia de precios EV/PHEV – ICE	103
Ecuación 17: Ventas anuales de vehículos PHEV y EV en sus distintas categorías	114
Ecuación 18: Parque vehicular de livianos y medianos en Chile.....	114
Ecuación 19: Tasa de retiro de automóviles en Chile	116
Ecuación 20: Parque vehicular adicional EV o PHEV derivado de la rebaja en el precio por año... ..	117
Ecuación 21: Relación entre gasolina y CO2	119
Ecuación 22: Relación entre diesel y CO2	119
Ecuación 23: Reducción de emisiones por sustitución de vehículo ICE por EV o PHEV.....	122
Ecuación 24: Reducción total anual de las emisiones de CO2 eq en toneladas en cada escenario de reducción de precio y para cada categoría vehicular.	123
Ecuación 25: Beneficio social anual a consecuencia de un subsidio en cada categoría y tipo de vehículo	123
Ecuación 26: Costo anual de un subsidio para el estado	124

Índice de anexos

Anexo 1: Ilustraciones de clasificación vehicular de ANAC.....	196
Anexo 2 Marcas de automóviles presentes en el mercado chileno.	197
Anexo 3: Areas urbanas con estimación de emisiones	199
Anexo 4: Detalle de comunas por área urbana.....	199
Anexo 5: Vehículos motorizados exentos de impuesto verde.....	202
Anexo 6: Normativa de emisiones Euro automóviles de turismo.....	202
Anexo 7: Normativa de emisiones Euro vehículos industriales	203
Anexo 8: Participación de mercado de autos eléctricos	204
Anexo 9: Estaciones de carga lenta por año	205
Anexo 10: Estaciones de carga rápida por año	206
Anexo 11: Regresión de ventas de vehículos EV para cálculo de parámetros de Bass.....	207
Anexo 12: Regresión lineal de ventas de vehículos PHEV para cálculo de parámetros de Bass	207
Anexo 13: Evolución precio medio real ponderado Autos ICE más vendidos	207
Anexo 14: Evolución precio medio real de Autos ICE gama alta.....	207
Anexo 15: Evolución precio medio real de Comerciales livianos ICE.....	208
Anexo 16: Modelos considerados en la categoría taxi.....	208
Anexo 17: Evolución de costo incremental de PHEV respecto a autos ICE gama alta.....	208
Anexo 18: Evolución del costo incremental de Autos EV respecto al precio medio ponderado de autos ICE.....	209
Anexo 19: Evolución de costo incremental de Comerciales livianos EV respecto a ICE	210
Anexo 20: Rendimientos urbanos en Km/l para el futuro de cada categoría vehicular	210
Anexo 21: Rendimientos medios en Km/l para el futuro de cada categoría vehicular.....	211



Anexo 22: Emisiones en gr CO2/km a futuro por categoría vehicular	212
Anexo 23: Estimación de factores de emisión de 1 kwh a Ton CO2 eq por año en Chile.....	212
Anexo 24: Toneladas de CO2 eq emitidas por categoría vehicular ICE per cápita año a año.....	213
Anexo 25: Reducción de emisiones de toneladas de CO2 eq per cápita por año en Chile.....	214
Anexo 26: Ventas anuales por categoría en el escenario base.....	215
Anexo 27: Reducción anual porcentual de emisiones de CO2 eq del escenario 1 respecto al escenario base en su misma categoría	215
Anexo 28: Reducción anual porcentual de emisiones de CO2 eq del escenario 2 respecto al escenario base en su misma categoría	216
Anexo 29: Reducción anual porcentual de emisiones de CO2 eq del escenario 3 respecto al escenario base en su misma categoría	217
Anexo 30: Flujos netos de cada periodo y categoría para propuesta de subsidios escalonados ...	217
Anexo 31: Flujos netos para la propuesta de subsidios a los taxis EV presentada en la tabla 44 ..	218

1 Planteamiento del problema

La sociedad actual, vive una encrucijada buscando como disminuir las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes de efecto invernadero que afectan al planeta y contribuyen con el cambio climático. En este contexto, el transporte por medio de distintos tipos de vehículos contribuye de manera importante con cerca de un 20%¹ del total de las emisiones de uno de los gases de efecto invernadero como es el CO₂. Como se mencionó existen diferentes tipos de vehículos, encontrándose los vehículos livianos, los medianos y los pesados, que están definidos detalladamente por ley. Para efectos de este estudio solo se considerarán los vehículos livianos, que corresponden a los automóviles de pasajeros, camionetas, SUV y pequeños vehículos comerciales (CAVEM, 2019), los que corresponden a un 87,76% del parque automotriz del país al año 2018.

Dentro del mercado automotriz chileno existen vehículos que funcionan principalmente de 3 maneras, los eléctricos, a combustión interna y una combinación de los 2 anteriores, los llamados híbridos. De estos, los que predominan en el mercado nacional son los motores a combustión interna, los que corresponden a un 99,97% del parque automotriz chileno al 2018 (INE, 2019), y que se subclasifican en motores a gasolina, diesel y a gas licuado de petróleo. Estos motores se caracterizan por emitir una cierta cantidad de sustancias contaminantes entre los que se incluyen CO₂, HC, CH₄, N₂O, CO y NO_x. Así, los motores a gasolina que corresponden a un 73,81% de los vehículos del país, emiten principalmente CO₂; los motores que funcionan con diesel, que pertenecen al 25,99% del parque vehicular, liberan al ambiente especialmente NO_x y por último los automóviles que funcionan a gas

¹ Obtenido de (Banco Mundial, 2019)

licuado que corresponden al 0,18% de los automóviles en el país, emiten los mismos gases que los otros motores, pero en menores cantidades, principalmente reduciendo las emisiones de NOx. Además, es importante considerar que, en los distintos tipos de motor, un factor importante al momento de saber la cantidad de emisiones que tendrá un automóvil es el tamaño de este motor, las tecnologías que posea y el peso propio del vehículo. De esta manera, un móvil con un motor de mayor tamaño tendrá un mayor nivel de emisiones de sustancias contaminantes que otro de similares características con motor más pequeño, también si se tienen dos vehículos de iguales características mecánicas, pero uno más pesado que otro, significa que contaminará más, y, por último, si se comparan motores de igual tamaño, pero de diferentes generaciones, los actuales contaminarán menos debido a que poseen mayor cantidad de tecnologías.

Volviendo entonces al tema de disminuir los gases contaminantes, se aprecia que existe un problema en la sociedad al haber un número mayoritario de vehículos en el país que contribuyen con diversos efectos negativos a la atmósfera.

La industria del automóvil se ha adecuando a los tiempos actuales con sus respectivas contingencias, y ha iniciado la carrera para que la fabricación de vehículos vaya poco a poco cambiando su fuente de combustible, para así llegar en un futuro a tener solamente automóviles con 0 emisiones de gases, es decir que funcionen con motores eléctricos. Este cambio, se puede apreciar principalmente en 2 tipos de vehículos que actualmente se comercializan a nivel mundial. En primer lugar, se encuentran los vehículos híbridos, que como su nombre lo dice, combina 2 elementos, mayoritariamente gasolina y electricidad, disminuyendo así en un número importante la polución producida por el transporte, pero no en su totalidad, por tanto, es parte de la transición que se vive actualmente camino a las 0

emisiones. En segundo lugar, están los automóviles eléctricos, que finalmente son la solución definitiva a los problemas de emisiones por parte del transporte de todo tipo realizado en los distintos tipos de vehículos de cuatro ruedas. Estos últimos, no emiten ningún gas de efecto invernadero al ser usados, por lo que son una buena solución para reducir la contaminación producida a causa del transporte.

No todo son maravillas en este contexto, existe un gran problema relacionado con los 2 tipos de vehículos mencionados en el párrafo anterior, el tema económico. Estos vehículos al ser desarrollados hace relativamente pocos años, ocupan tecnología mucho más reciente, y a la vez más costosa, considerando también todos los gastos en I+D en los que se ha incurrido para poder acercar las prestaciones de estos vehículos a los de los autos que funcionan a combustión interna. Así, se puede ver en el mercado nacional que los automóviles híbridos que se venden son por lo general las versiones más costosas para el consumidor de un modelo determinado, y los autos eléctricos son mucho más costosos que un automóvil a combustión interna del mismo segmento y de similar equipamiento, llegando a tener un precio dos veces mayor que estos en algunas ocasiones.

Aquí se plantea la gran problemática del tema, debido a que ambos tipos de automóviles que aminoran y/o eliminan las emisiones de gases de efecto invernadero no están al alcance del público masivo, además de que quien si posea el presupuesto necesario para comprar y mantener estos vehículos, tendrá opciones de categorías superiores para elegir a precios similares, y los incentivos que existen en la actualidad, apenas han logrado que las ventas suban en los últimos años, correspondiendo estas en cada año a menos del 0,01% de las ventas totales de cada año, sin tampoco permitir que el total de híbridos y eléctricos crezca



como porcentaje en el parque automotriz completo, al que solo pertenecen un 0,03% de los vehículos existentes en el país.

Con este escenario, es que se plantea la posibilidad de que el estado otorgue algún incentivo económico mayor a la compra de automóviles eléctricos e híbridos, considerando la segmentación inicialmente hecha, de manera de considerar solo los vehículos livianos para este estudio. A partir de esto surge la interrogante, ¿el beneficio social que implica la reducción de emisiones de efecto invernadero, por la progresiva sustitución de automóviles de combustión interna por híbridos enchufables y/o eléctricos es mayor al costo de subsidiarlos de manera que su venta pueda ser incentivada mediante una ayuda a la compra de estos?

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Estudiar la factibilidad económica de aplicar un subsidio a los automóviles eléctricos e híbridos en Chile, a través de una relación de los costos que implicaría para el estado versus el beneficio social que otorgaría esta medida, con el fin de incentivar la utilización de un transporte más ecológico.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el beneficio social, medido monetariamente, que conlleva la reducción de emisiones de gases de efectos de invernadero de vehículos livianos en el mediano plazo.
- Identificar el costo que implica para el estado subsidiar los automóviles híbridos enchufables y/o eléctricos que se vendan en el país de aquí en adelante.
- Proponer alternativas de incentivo que puedan resultar viables para el estado.
- Estimar el comportamiento de los precios de los automóviles híbridos y eléctricos en el futuro cercano.
- Señalar un modelo que permita establecer un comportamiento aproximado de las ventas futuras de los vehículos eléctricos y/o híbridos enchufables.
- Analizar el comportamiento del mercado de los vehículos híbridos enchufables y eléctricos a futuro.

3 Marco Teórico

3.1 Tipos de vehículo

Existen diferentes maneras de clasificar los vehículos existentes, por lo que, para efectos de este estudio, es necesario dar algunas definiciones respecto a las clasificaciones de automóviles. Estas son las siguientes:

3.1.1 Por peso

Como se mencionó, para efectos de este estudio se tomarán en cuenta solo los vehículos livianos y medianos, pero, a modo de contextualizar, se definirán los 3 tipos de vehículo que considera la legislación nacional.

Vehículo liviano: Todo vehículo motorizado con un peso bruto menor a 2700 (kg), excluidos los de 3 o menos ruedas. Estos a su vez se subclasifican en vehículos de pasajeros y comerciales (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991).

- *Vehículos livianos de pasajeros:* Todo vehículo motorizado diseñado principalmente para el transporte de personas. Se incluyen en esta definición, las camionetas livianas o furgones con un peso bruto menor a 2700 (kg) y que son derivadas de vehículos que originalmente fueron diseñados para el transporte de pasajeros (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991).
- *Vehículos comerciales livianos:* Son los vehículos motorizados livianos con un peso bruto menor a 2700 (kg) diseñados para el transporte de carga o derivados de estos (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991). Se pueden sub clasificar de la siguiente manera:

- *Vehículos comerciales livianos clase 1*: Son los vehículos comerciales livianos con un peso de marcha menor o igual a 1305 kg, entendiéndose por peso neto de marcha la definición de Masa de Referencia utilizada por la directiva 70/220 CEE, modificada por la directiva 98/69 CE, ambas de la Comunidad Económica Europea (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991).
- *Vehículos comerciales livianos clase 2*: Son los vehículos comerciales livianos con un peso de marcha mayor a 1305 kg y menor o igual a 1760 kg, entendiéndose por peso neto de marcha la definición de Masa de Referencia utilizada por la directiva 70/220 CEE, modificada por la directiva 98/69 CE, ambas de la Comunidad Económica Europea (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991).
- *Vehículos comerciales livianos clase 3*: Son los vehículos comerciales livianos con un peso de marcha mayor a 1760 kg, entendiéndose por peso neto de marcha la definición de Masa de Referencia utilizada por la directiva 70/220 CEE, modificada por la directiva 98/69 CE, ambas de la Comunidad Económica Europea (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991).

Vehículo mediano: Vehículo motorizado destinado al transporte de pasajeros o carga, por calles y caminos, que tienen un peso vehicular igual o superior a 2700 (kg) e inferior a 3860 (kg). Los vehículos motorizados medianos se clasifican en dos tipos (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019).

- *Vehículos medianos tipo 1*: Vehículo motorizado mediano que tiene un peso neto en marcha inferior a 1700 (kg) (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019).
- *Vehículos medianos tipo 2*: Vehículo motorizado mediano que tiene un peso neto en marcha igual o superior a 1700 (kg) (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019).

Vehículo pesado: Vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos, y que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 3860 (kg) (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2012).

Para culminar esta sección, se presenta la siguiente tabla de equivalencias entre esta clasificación y la utilizada en Europa.

Tabla 1: Equivalencias de vehículos entre Europa y Chile

Chile	Europa
Vehículo liviano de pasajeros	Turismo
Vehículo comercial clase 1	Vehículos industriales ligeros N1 clase I
Vehículo comercial clase 2	Vehículos industriales ligeros N1 clase II
Vehículo comercial clase 3	Vehículos industriales ligeros N1 clase III

Fuente: Elaboración propia en base a cruce de datos²

3.1.2 Por tipo de motor

Los automóviles se mueven gracias a un motor que produce la energía necesaria para poder moverlo al trasladar esta potencia generada a las ruedas. A su vez, para producir la fuerza mencionada, se necesita un combustible, así, para el mercado de automóviles chileno, se encuentran los siguientes motores y respectivos combustibles:

² Se cruzaron datos de la normativa chilena anticontaminación con los de la europea en los cuales para cada tipo de vehículo se menciona un límite de emisión.

Motores a combustión interna: Son aquellos que queman una mezcla de combustible con aire, generando pequeñas explosiones que liberan la energía que finalmente es transmitida a las ruedas (Prior, 2012). La nomenclatura que se utilizará para estos motores es la de ICE, por su abreviatura en inglés proveniente de Internal Combustion Engine. Según datos de los reportes anuales del parque vehicular anual chileno que da el INE año a año, los combustibles en esta categoría de motor son:

- Gasolina
- Diesel
- Gas licuado de petróleo

Motores eléctricos: Existen diferentes tipos, pero cumplen con el principio de que la electricidad que recibe el motor genera un campo magnético que finalmente es el que produce la energía que llega a las ruedas (Perez, 2018). Cabe mencionar que estos vehículos además de tener una fuente de energía mediante la recarga de sus baterías, lo que se hace con la conexión del vehículo a la red eléctrica, generan su propio combustible, es decir electricidad, en los frenados, la cual es guardada en las mismas baterías que posee el automóvil (Perez, 2018). Las nomenclaturas con las que a nivel mundial se conoce este tipo de vehículo, son EV de Electric Vehicle y BEV de Battery Electric Vehicle, utilizándose la primera en el presente estudio.

Tren de potencia híbrido: Es una combinación de un motor a combustión interna que puede ser diesel o bencinero, con uno o más motores eléctricos, y cada uno cumpliendo las definiciones mencionadas anteriormente, que generan una determinada cantidad de fuerza de manera individual y que combinados transmiten una determinada potencia a las ruedas del

vehículo para que este se pueda mover. Así, las combinaciones pueden ser diesel-eléctrico y bencina-eléctrico, pudiendo ser estos de 2 tipos:

- *Vehículo híbrido no recargable (HEV)*: Corresponde a un vehículo propulsado por los 2 tipos de motores mencionados, donde varía la participación de cada motor de acuerdo con las circunstancias (Asociación gremial de Vehículos eléctricos de Chile, 2019). Su nomenclatura HEV corresponde a Hybrid Electric Vehicle.
- *Vehículo híbrido enchufable (PHEV)*: Corresponde a un tipo de vehículo que opera similar al HEV, pero que permite al usuario conectarlo directamente a un punto de carga para recargar su batería (Asociación gremial de Vehículos eléctricos de Chile, 2019). Su nomenclatura PHEV se desglosa como Plug In Hybrid Electric Vehicle. Cabe mencionar que en múltiples instituciones como ANAC y la IEA, al hablar de vehículos eléctricos a modo genérico considera a los EV y a los PHEV, debido a que ambos pueden moverse, aunque sea por unos kilómetros solamente con el motor eléctrico, cosa que no ocurre con los HEV.

Para efectos de este estudio, se verá la factibilidad de aplicar un subsidio a los automóviles con motor eléctrico y con tren de potencia híbrido, pero específicamente a los que posean la mezcla de diésel-electricidad o gasolina-electricidad y que correspondan a la categoría de Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).

Además, considerando que la clasificación de tipos de automóviles realizada por la ANAC es la que se utiliza como base en este estudio, se procede a definir cada tipo de vehículo según la segmentación realizada por este organismo, para que posteriormente sean mencionadas las equivalencias respecto a las definiciones del INE, fuente de la cual se

obtiene el parque vehicular del país y de la RETC³, desde donde se obtienen las emisiones de los vehículos livianos y medianos.

3.1.3 Clasificación ANAC

Es el organismo que clasifica los automóviles de la manera que se ocupó como base para este estudio, dividiéndolos en Livianos y Medianos, Camiones, y finalmente Buses, tal como se presenta en el siguiente organigrama. Como se ha mencionado ya, este estudio abarca a los vehículos livianos y medianos, aunque para fines teóricos se definirán los 3 tipos con sus respectivas subclasificaciones.

Autos livianos y medianos:

- *Citycar*: Vehículo de pasajeros de dos volúmenes (capó y habitáculo de pasajeros), que pueden tener 3 o 5 puertas, considerando el portalón trasero como una puerta, de largo menor o igual a 360 cm. (ANAC, 2017).
- *Hatchback*: Vehículo de pasajeros de dos volúmenes (capó y habitáculo de pasajeros) que puede tener 3 o 5 puertas, considerando el portalón trasero como una puerta, con un largo superior a 360 cm. (ANAC, 2017)
- *Sedán*: Vehículo de paseros de cuatro puertas y tres volúmenes (capó, habitáculo de pasajeros y maletero). (ANAC, 2017)
- *Station Wagon*: Vehículo de pasajeros de dos volúmenes (capó y habitáculo de pasajeros de cinco puertas, considerando el portalón trasero) y que cuenta con mayor espacio de carga trasera. (ANAC, 2017)

³ Registro de emisiones y transmisiones de contaminantes del Ministerio del medio ambiente de Chile

- *Coupé*: Vehículo de pasajeros de tres o dos volúmenes con dos puertas. (ANAC, 2017)
- *Cabrióle*: Vehículo de pasajeros con techo abatible. (ANAC, 2017)
- *Mini Van*: Vehículo monovolumen con un mínimo de tres corridas de asientos para un máximo de nueve pasajeros, incluyendo al conductor. (ANAC, 2017)
- *SUV (Sport Utility Vehicle)*: Vehículo de dos volúmenes, con tres o cinco puertas, considerando el portalón trasero y con apariencia de vehículo todoterreno. (ANAC, 2017)

Comerciales livianos:

- *Camioneta*: Vehículo provisto de cabina simple o doble, dotado de dos o cuatro puertas, y con una caja de carga de hasta 2000 kilos. Es utilizado principalmente en las actividades mineras, forestales y agropecuarias, teniendo también relevancia en actividades de comercio urbano. (ANAC, 2017)
- *Furgón*: Vehículo compuesto de cabina y caja para el transporte de carga en un solo cuerpo, provisto de dos puertas delanteras; lateral(es) o posterior para el movimiento de carga. Utilizado mayoritariamente en logística y prestación de servicios urbanos. (ANAC, 2017)
- *Minibús*: Vehículo para el transporte de personas, con entre diez y veinte asientos, carrocería de un solo cuerpo, con vidrios en sus paneles laterales. Utilizado principalmente en el transporte de personas, servicios de turismo, transporte escolar, entre otros (ANAC, 2017).

- *Minitrucks*: Vehículo de carga similar en sus características al segmento de camiones, pero con un peso bruto vehicular menor a 3860 kg. Utilizado mayoritariamente para el transporte urbano de bienes y servicios (ANAC, 2017).

A modo de clarificar esta segmentación realizada por ANAC se realizó el *Anexo 1* donde se pueden observar ilustraciones de cada uno de estos tipos de autos y comerciales livianos.

A su vez cabe recalcar que en los informes entregados periódicamente por ANAC, se puede observar que se separan las ventas de “autos livianos y medianos” en “pasajeros” y “SUV”, donde SUV ya fue definida y, por tanto, pasajeros corresponde al resto de los “autos livianos y medianos”. En tanto, en estos mismos reportes, los comerciales livianos son separados en “camionetas”, que es el primer ítem definido dentro de esta macro clasificación, y en “comerciales” que corresponde al resto y que se denominarán de aquí en adelante como “otros comerciales” para evitar confusiones.

3.1.4 Clasificación INE

Por otro lado, es importante considerar también que para presentar el parque vehicular anual el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2020), este lo hace bajo otra separación, a la que se le puede asignar su equivalente de la clasificación ANAC, quedando de la siguiente manera:

- 1) Autos livianos y medianos:
 - a) Automóvil, Station Wagon y Todo Terreno.
 - b) Otros con motor.
 - c) Taxi básico.

- d) Taxi colectivo.
 - e) Taxi turismo.
- 2) Comerciales livianos:
- a) Furgón.
 - b) Minibús.
 - c) Camioneta.
 - d) Minibús, Transporte colectivo.

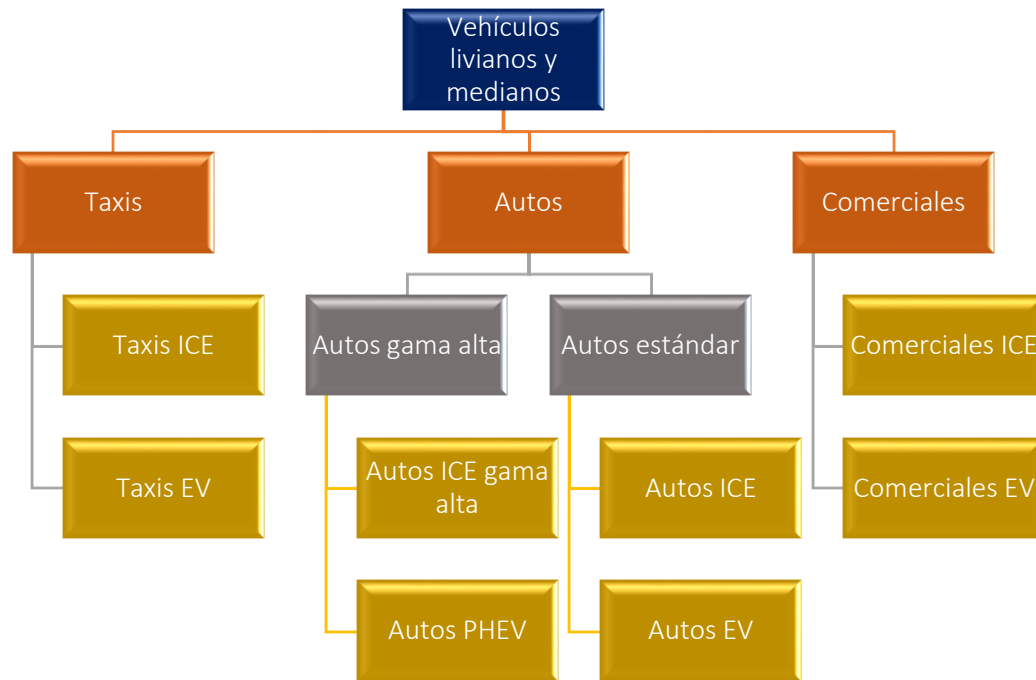
3.1.5 Por tipo de uso

Esta clasificación es definida para este estudio, basado en lo visto en otros relacionados en esta materia, en donde se realizaba una separación similar de manera de poder contabilizar posteriormente diferentes costos asociados a los vehículos según el tipo de uso que le dan los consumidores finales. Aquí se tienen entonces 3 categorías:

- *Autos*: Corresponden a los vehículos particulares dentro de la clasificación INE de “Automóvil, Station Wagon y Todo Terreno” y “Otros con motor”.
- *Comerciales*: Se asume como comercial a todo vehículo que este contenido dentro de la clasificación de la ANAC de Comercial Liviano, o el equivalente a “Furgón”, “Minibús”, “Camioneta” y “Minibús, transporte colectivo” de la clasificación INE.
- *Taxis*: Corresponde a las categorías INE de “Taxi básico”, “Taxi turismo” y “Taxi colectivo”.

Para mostrarlo de otra manera, a continuación, se presenta un esquema de manera de mostrar cómo se segmentarán los vehículos:

Ilustración 1: Segmentación de vehículos utilizada en este estudio



Con posterioridad se definirán características de cada una de estas categorías para el mercado chileno. Por otro lado, y respecto a definiciones, los “autos estándar” de aquí en adelante se mencionarán como “autos”.

3.1.6 Por tamaño

Considerando que por lo general hay una relación entre el tamaño del motor y vehículo con la cantidad de emisiones por kilómetro de estos, es que se definirá también una clasificación universal para automóviles livianos y medianos que tiene este enfoque.

- *Segmento A*: Generalmente denominados city cars, estos miden entre 3,3 y 3,7 metros de largo con una capacidad de cuatro pasajeros. Poseen motores de hasta 1,6 litros de cilindrada en caso de poseer motor de combustión interna (EMOL, 2018).

- *Segmento B:* Corresponde a los hatchbacks de aproximadamente 4 metros de largo y a los sedanes de alrededor de 4,25 metros, con capacidad para 5 pasajeros y motores que por lo general van entre 1,0 y 2,0 litros de cuatro cilindros.
- *Segmento C:* Aquí los hatchbacks miden desde los 4,3 metros de largo con cinco puertas y el resto de los vehículos entre los que están sedanes, SUV y monovolúmenes cuentan con al menos 4,5 metros hasta cerca de 4,65 metros. Tienen capacidad para 5 pasajeros, exceptuando los monovolúmenes que pueden tener 7 y motores que por lo general van entre los 1,4 y 2,0 litros, pudiendo llegar a los 3,2 litros en versiones deportivas.
- *Segmento D:* Por lo general automóviles de tipo sedán y SUV que van entre los 4,7 y algo más de 4,8 metros de largo, con capacidad para 5 pasajeros y motores de cuatro y hasta seis cilindros.
- *Segmento E:* Automóviles del tipo sedán, SUV y liftback⁴ de entre 4,75 y 4,95 metros de largo, con capacidad de entre 5 y 7 pasajeros según carrocería y con motores de entre 4 a 8 cilindros de entre 2,0 y 5,0 litros por lo general, llegando versiones deportivas hasta los 6,2 litros.
- *Segmento F:* Vehículos del tipo SUV y sedán que superan los 5 metros de largo y que por lo general son los autos de lujo de las respectivas marcas. Tienen motores de 6 hasta los 12 cilindros.

3.2 Mercado automotriz nacional

3.2.1 Oferta

⁴ Carrocería de dos volúmenes con una única y fuerte pendiente que va desde el techo hasta el extremo trasero de la carrocería, de 3 y 5 puertas (Prueba de ruta, s.f.).

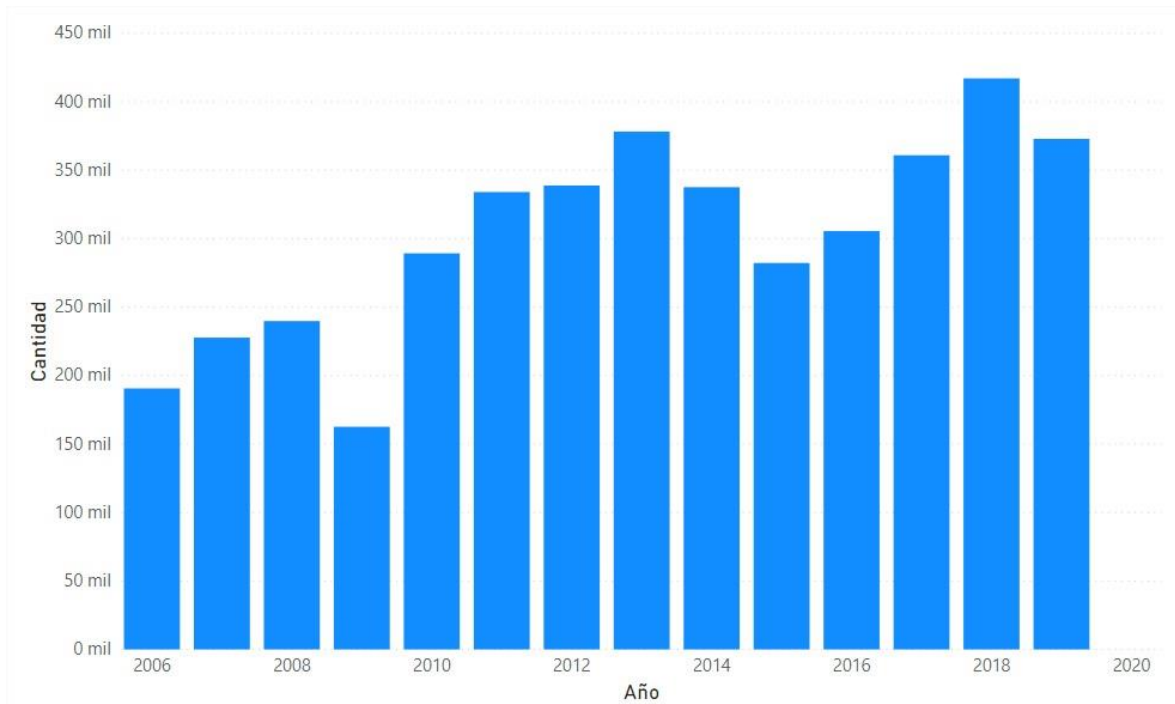
El mercado automotriz chileno es bastante diverso en cuanto a marcas respecto a otros mercados del mundo, contando con un total de 68 marcas, las que se detallan en el *Anexo 2*, y por tanto posee una gran cantidad de modelos disponibles en la oferta para los clientes. Esto se debe en parte a la gran apertura comercial de la economía nacional, que no castiga a determinadas marcas con impuestos mucho más altos respecto a otros por venir de un determinado país, y por otro lado a la heterogeneidad de los gustos de los consumidores nacionales. Así, en el mercado nacional se ve una mezcla de modelos típicos del mercado norteamericano como son los denominados “muscle car” (Ford Mustang, Chevrolet Camaro, Dodge Challenger) modelos que no están disponibles a la venta en los concesionarios en otros mercados como el europeo, junto a vehículos típicos de las calles europeas como son los hatchbacks de motor pequeño tales como el Peugeot 208, Skoda Fabia, Opel Corsa y Seat Ibiza, entre otros, que a la inversa del caso anterior, no se encuentran a la venta en el mercado norteamericano. Pero además de todo esto, en el mercado chileno hay una importante cabida para los vehículos de marcas chinas, las que no están presentes en Norteamérica y en baja magnitud en Europa, de las que se tiene una presencia alta con 19 marcas y con una cuota de mercado cercana al 18,93% en lo que va de 2020.

3.2.2 Demanda

El mercado ha oscilado en lo relacionado a la cantidad total de vehículos livianos y medianos vendidos en la última década, manteniéndose en el rango de entre los 280.000 y los 420.000 cada año, en donde se veía una tendencia a la recuperación post crisis subprime, desde 2009 hasta el 2013, año en donde desde el cual comenzó a ser más irregular el comportamiento con alzas y bajas en las ventas, y además se podía apreciar que la curva de ventas entre 2005 y 2013 mostraba una tendencia al alza. En el *Gráfico 1* que se muestra a

continuación, se puede apreciar la evolución anual de la demanda de mercado de este tipo de vehículos.

Gráfico 1: Ventas anuales 2006-2019 de vehículos livianos y medianos en Chile



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC

Analizando a profundidad el último año y los primeros 10 meses de 2020 con la *Tabla 2*, en 2019, se puede apreciar un comportamiento similar de la curva de ventas en comparación con otros años, viéndose un mes de enero en el cual se mantiene un número similar a diciembre del año anterior, para después bajar drásticamente como ocurre habitualmente en febrero, y crecer levemente en marzo para mantenerse relativamente estables hasta agosto, con solo un mes con comportamiento atípico que fue junio que tuvo una baja del 8,8% respecto al mes anterior y fue el único con menos de 30.000 unidades vendidas entre marzo y octubre. Ya en septiembre, como todos los años las ventas fueron significativamente más altas, típico de todos los años en este mes debido al cambio de año vehicular. Mes a mes, en 2019, se vio que desde febrero las ventas comenzaron a bajar

porcentualmente respecto al mismo mes del año anterior, siendo la baja más significativa en junio y agosto con 14% de reducción de ventas y con una media de 8,2% menos en cada mes respecto al año anterior entre febrero y septiembre. Aquí se pudo apreciar que el primer semestre, tiene un total de 187.020 vehículos livianos y medianos vendidos lo que corresponde a un 7% menos que el primer semestre de 2018. Finalmente, en los últimos meses del año, por lo general se mantiene el nivel de ventas cercano al de septiembre, pero en 2019, influenciado de manera importante por el estallido social, se vio una baja con una media cercana al 20% en cada uno de estos meses, mostrando una leve recuperación en diciembre. Esto, sumado ya a una caída generalizada en las ventas que se venía viendo en las tendencias, tal como se mencionó anteriormente, provocó que el segundo semestre del año 2019 tuviera unas ventas de 185.858 automóviles, lo que equivale a una caída del 14% respecto al mismo período del año anterior. Así, por diversos factores el 2019 cerró con ventas de 372.878 en el rubro de automóviles livianos y medianos, representando una disminución del 10% en comparación al año anterior.

Tabla 2: Ventas mensuales de vehículos livianos y medianos en Chile

Mes	Vehículos vendidos
ene-19	36543
feb-19	27912
mar-19	30199
abr-19	32176
may-19	31204
jun-19	28446
jul-19	31474
ago-19	33059
sept-19	37925
oct-19	28038
nov-19	24272
dic-19	31090
ene-20	32104
feb-20	25028
mar-20	19056

abr-20	8906
may-20	8681
jun-20	8971
jul-20	11464
ago-20	19037
sept-20	31897
oct-20	36243

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC⁵

El 2020 se proyectaba como un año con ventas más bajas con un total estimado de 329 mil unidades según pronósticos de ANAC. Así, este año comenzó con un enero manteniendo comportamiento similar a diciembre de 2019, tal como ocurrió en los mismos meses de períodos anteriores, y también con febrero mostrando una reducción en las ventas de la misma manera que sucede todos los años, pero con una notoria baja en la magnitud de estas cercana a un 10% respecto al mismo mes de 2019, cumpliéndose así el pronóstico inicial que indicaba una disminución en las ventas. Ya en marzo el panorama cambia por un factor que no se había tenido en cuenta en las predicciones y que impactaría con una fuerte reducción en las ventas del mercado nacional, la llegada del COVID-19 a Chile. En este

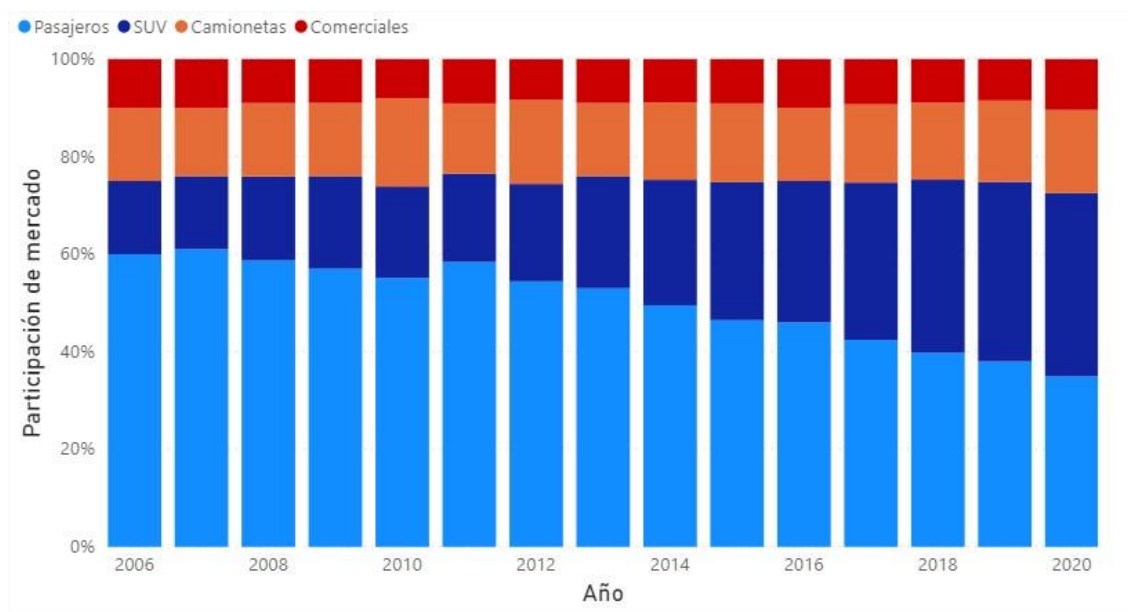
⁵ Para analizar la tendencia del monto de las ventas se ocupó información de ANAC de octubre (ANAC, 2020), mientras que para mostrar las categorías con posterioridad se utilizó información hasta mediados de año.

periodo, a pesar de que el impacto de la pandemia se vio desde mediados de mes, las ventas cayeron en un 36,9% respecto al mismo mes del año anterior, siendo casi 4 veces mayor la caída respecto al año pasado, que en los meses anteriores y notándose entonces el efecto del coronavirus en las ventas. Por último, en abril de 2020, las ventas disminuyeron aún más, teniendo en cuenta que también en este mes el efecto de la pandemia abarca todo el mes y no solo la mitad como ocurrió con marzo. Aquí la reducción de las ventas fue de un 72,9%, teniendo por primera vez en 11 años, un mes con menos de 10.000 vehículos livianos y medianos vendidos. En mayo se mantuvo esta tendencia, relacionada con la pandemia que ha golpeado al país, con una baja del 72,2% respecto al mismo período del año anterior, manteniéndose números similares en las ventas en junio. A partir de julio se comienza a ver una leve reactivación del mercado siguiendo lo mencionado por la ANAC acerca de que “la industria automotriz mundial debiera reactivarse una vez que la propagación del Covid-19 comience a disminuir y el comercio retome la actividad de manera paulatina” (ANAC, 2020). Esta alza mencionada, tiene directa relación con el comienzo del desconfiamiento de algunas comunas, para finalmente en septiembre y octubre llegar a una situación casi normal en cuanto a número de ventas, superando ambos meses las 30000 unidades y alcanzándose números que no se veían desde antes del estallido social en Chile.

En cuanto al tipo de vehículos demandado, segmentando en autos y comerciales livianos y a su vez sub segmentando los primeros en pasajeros y SUV, y los últimos en Camionetas y Otros Comerciales (minitrucks, furgones, minibús), se puede apreciar en el gráfico una tendencia en los últimos años del dominio de las ventas de los autos, pero con un aumento continuo de la participación de mercado de los SUV llegando está a un 37% en 2019 quedando muy cerca del 38% alcanzado por los autos. Por otro lado, las camionetas

alcanzaron en ese mismo año un 17% y el resto de los vehículos comerciales un 9%. Ya en lo que va de 2020, se continuó con la tendencia de aumento en la participación de mercado de los SUV, superando estos por primera vez a los autos y siendo el segmento más vendido con un 36% equivalente a 37.018 unidades del total de 102.746 que vendieron durante el primer semestre de 2020, en tanto los autos que han pasado al segundo lugar bajaron su participación con respecto al año anterior quedando en un 34,8%. Las camionetas se mantienen en torno a proporciones similares al 2019 con un 17,7% y los comerciales aumentaron levemente su participación a un 11,9%.

Gráfico 2: Participación de mercado por segmento desde 2006 a 2020 en Chile

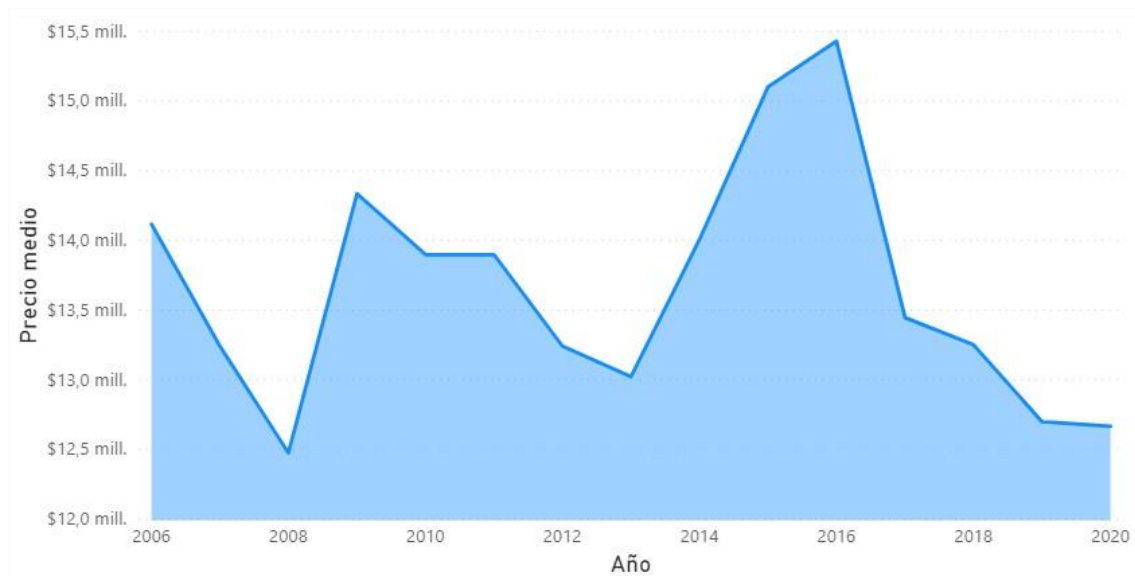


Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC.

Pasando al ámbito monetario, se tiene el precio medio ponderado de los vehículos livianos y medianos en los últimos 14 años, el cual se obtuvo, entre 2006 y 2016 de datos del anuario de ANAC del 2016 (ANAC, 2017) y calculando el precio medio ponderado de los 10 autos más vendidos de tipo SUV, Pasajeros, Camionetas, y otros Comerciales (40 modelos en total por año) entre 2017 y 2020 a partir de la búsqueda de precios de cada uno de los

automóviles en cada período. Este precio fue actualizado, considerando la acción de la inflación para cada caso, hasta Julio de 2020. A continuación, se muestra la tendencia de esta curva.

Gráfico 3: Precio medio ponderado de los autos vendidos en Chile entre 2006 y 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC y cálculos propios.

Analizando más a detalle lo sucedido en el período reciente, entre los vehículos más vendidos en el 2019 y en lo que va de 2020 en Chile, y clasificándolos en los mismos 4 segmentos que se han mencionado con anterioridad, se tiene que a partir de los datos obtenidos de los modelos más vendidos con sus respectivos precios⁶ de 2019 (ANAC, 2020) y del informe mensual de Junio de 2020 (ANAC, 2020), se puede calcular una media ponderada del precio. La representatividad de estos precios medios ponderados en cada segmento, es decir a cuánto porcentaje del total de vehículos vendidos por segmento

⁶ En caso de que se venda una o dos versiones se toma el precio de la versión más barata. En caso de que haya disponible como oferta tres o más versiones se toma el precio de la segunda más barata, con precios obtenidos el 14 de julio de 2020, y para el caso de los 2019 se aplicó reducción de inflación de 2020 y se usó el tipo de cambio del 31 de diciembre de 2019.

representan los 10 más vendidos, junto con los precios medios ponderados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3: Precio medio ponderado de vehículos vendidos por segmento en 2019 en Chile

Segmento	Precio medio	Representatividad en segmento
Autos	USD 11.172	45%
SUV	USD 17.797	31%
Camionetas	USD 25.993	72%
Otros comerciales	USD 20.344	58%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC y precios obtenidos de distintos representantes de marcas.

Tabla 4: Precio medio ponderado de vehículos vendidos por segmento en 2020 en Chile

Categoría	Precio medio	Representatividad en segmento
Autos	USD 10.956	45%
SUV	USD 15.388	33%
Camionetas	USD 25.290	72%
Otros Comerciales	USD 21.116	58%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC y precios obtenidos de distintos representantes de marcas

Aquí, se puede apreciar que el precio medio más bajo es por parte de los autos con algo más de 11.000 dólares en 2019, disminuyendo a algo menos de esto en lo que va de 2020, posteriormente vienen los SUV que, como se mencionó con anterioridad son los más vendidos al 2020. Finalmente, las camionetas son las más costosas con cerca de 26.000 dólares en 2019 y algo más de 25.000 dólares en lo que va de 2020 de precio medio ponderado en el top 10 de las más vendidas para cada período. Aquí se muestra una concentración de mercado mayor a los otros segmentos y una mejor representatividad de este precio medio, considerando que 10 modelos se llevan el 72% de ese mercado en los dos períodos medidos. Se aprecia entonces que 2 segmentos aumentaron su precio medio y 2 lo disminuyeron, manteniéndose las representatividades de este top 10 por segmento relativamente similares.

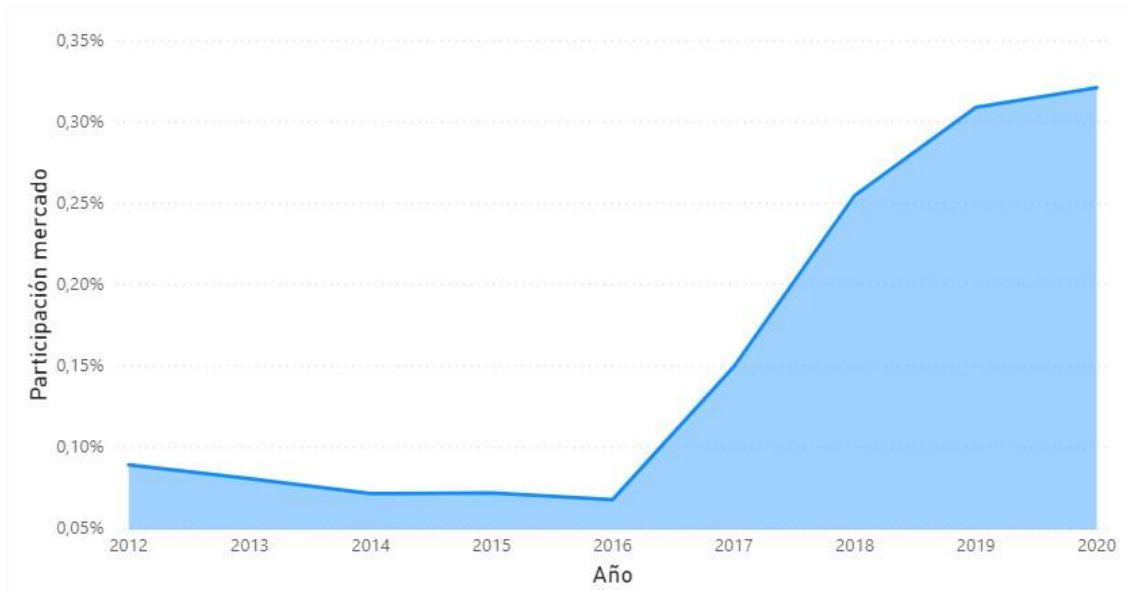
Por último, y calculando nuevamente el promedio ponderado, considerando que había diferentes representatividades por segmento, la media ponderada de los 40 modelos considerados de los 4 segmentos es de 16.862 dólares, representando la cantidad vendida de estos un 46% del total de lo vendido en 2019 en el mercado chileno y de 16.248 dólares, siendo este promedio un 47% del total de los vehículos vendidos hasta junio de 2020.

3.2.3 Mercado de autos ecológicos

La demanda de autos eléctricos e híbridos enchufables y no enchufables, es relativamente baja respecto al total que se vende en el mercado nacional, teniendo entre todos una participación media entre 2012 y 2019 de solo un 0,14%, pero con una tendencia al alza tal como se muestra en el *Gráfico 4*. Esta tendencia en cuanto a proporciones sigue durante los 3 primeros meses del 2020 con un crecimiento desacelerado respecto a los últimos tres años, y con 15 días aproximadamente de este período influenciados por la reducción de ventas general que ha provocado la pandemia del COVID-19⁷. Haciendo un desglose de estas ventas, se puede observar que tanto las ventas de autos híbridos como las de eléctricos poseen un crecimiento en los últimos años, pero este es mucho mayor en el último tipo de autos con un alza del 1373% desde 2016 a 2019, en tanto que esta alza fue de un 153% de 2018 a 2019, en cambio en los híbridos en los períodos mencionados las variaciones fueron de 459% al alza para el rango de 3 años y de -1,8% en el último período, baja que en la práctica representó 16 automóviles híbridos menos, pero que fue mucho menor a la baja general del mercado de vehículos livianos y medianos donde las ventas disminuyeron en un 10%.

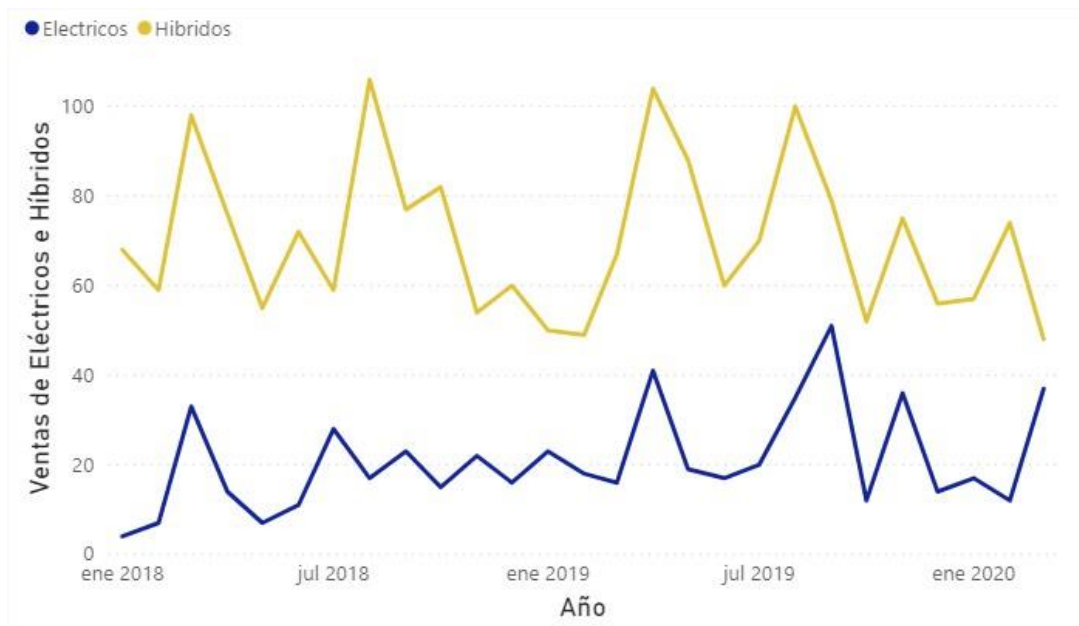
⁷ Los datos de ANAC de vehículos híbridos de algún tipo o eléctricos se informaron hasta marzo de 2020, por lo que solo se puede ver el efecto de la pandemia en las ventas en la segunda mitad de ese mismo mes.

Gráfico 4: Participación de mercado de autos eléctricos e híbridos en Chile



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC

Gráfico 5: Ventas mensuales de eléctricos (EV y PHEV) e híbridos (HEV) desde 2018 a marzo de 2020

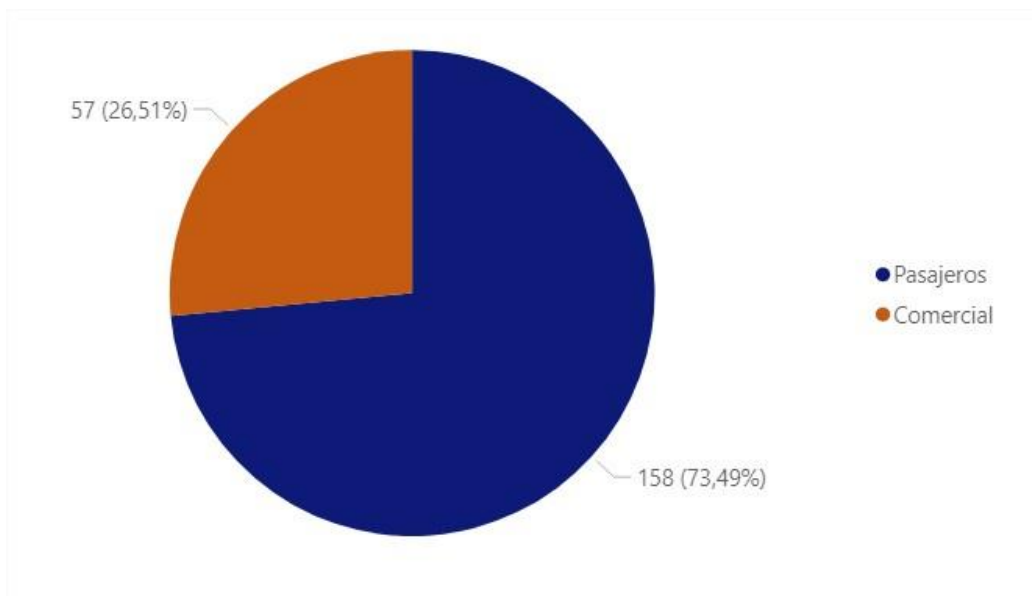


Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC

En otro ámbito, para caracterizar de mejor manera la venta de este tipo de vehículos se hace un análisis de las ventas según segmento y precio. Aquí se tiene que para los EV y

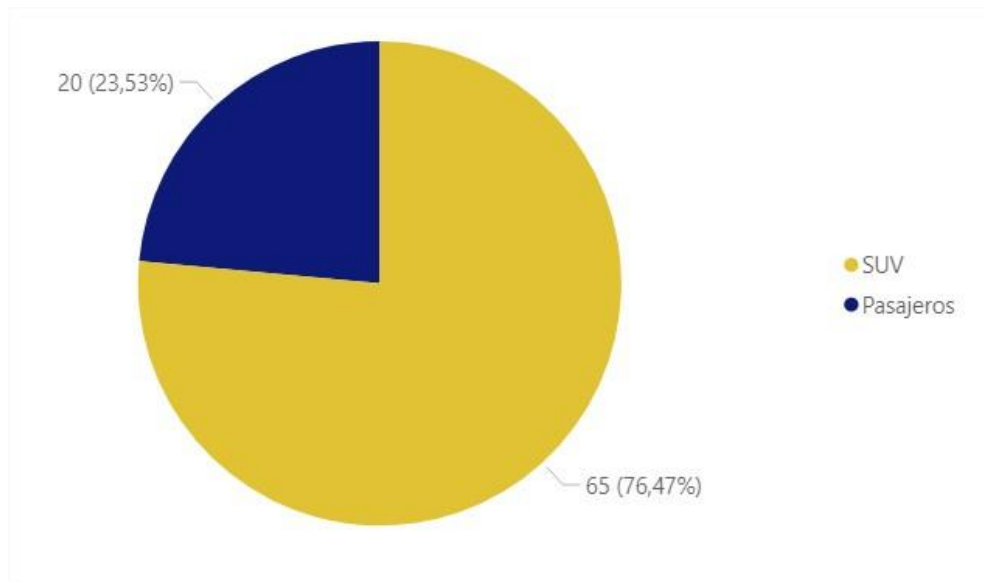
PHEV el porcentaje de ventas corresponde mayormente a la categoría autos, teniendo en el caso de los EV la mayor predominancia los vehículos de pasajeros con un 73,5% como se puede apreciar en el *Gráfico 6*, perteneciendo las restantes a comerciales livianos. En tanto que en los PHEV existen ventas solo de la categoría de autos, habiéndose tenido para el 2019 que la mayor parte de estas se las llevaron vehículos tipo SUV tal y como se observa en el *Gráfico 7*.

Gráfico 6: Proporción de venta de EV según carrocería en 2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC

Gráfico 7: Proporción de venta de PHEV según carrocería en 2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC

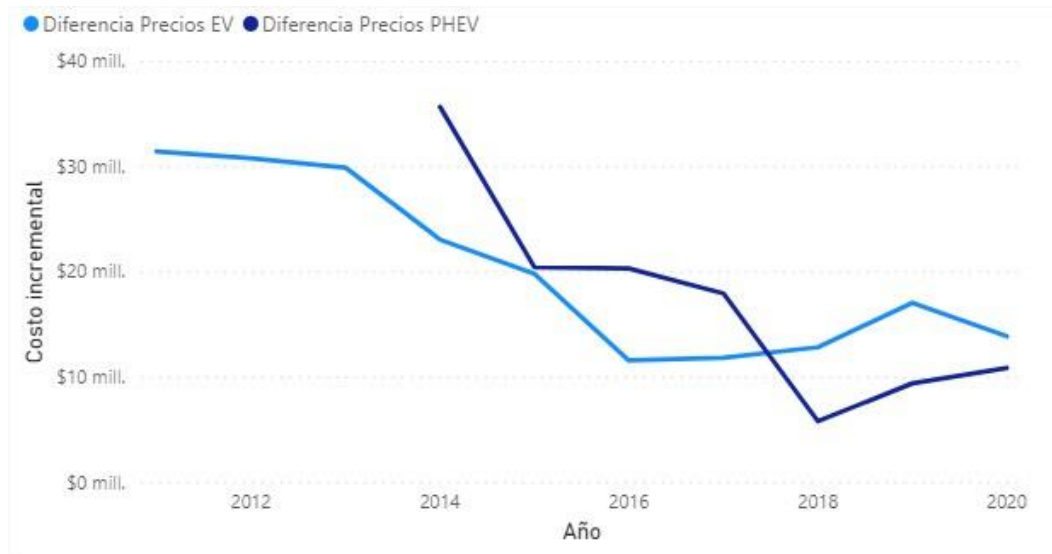
Adicionalmente, se han calculado las diferencias medias en precios en los autos de cada categoría respecto a los convencionales en los años que estos han estado presentes en el mercado nacional, es decir a partir del 2011 para los EV y del 2014 en el caso de los PHEV. Esto se hizo a través de la búsqueda de los autos ofertados en el mercado nacional por cada categoría⁸, y posteriormente buscando modelos similares, utilizando criterios como la clasificación de ANAC, por tamaño y potencia principalmente, de combustión interna que estuviesen a la venta en los mismos períodos⁹, y actualizando el precio de todos con los efectos de la inflación, para así calcular las diferencias medias de precios de EV respecto a

⁸ Para ver los autos ofrecidos en el mercado en cada período, se consultó en primer lugar la ficha de homologación de autos en Chile (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 3cv, 2020), para después comparar con datos de tasación de impuestos internos (Servicio de Impuestos Internos, 2020), de manera de comprobar que efectivamente el modelo haya sido puesto a la venta en Chile, para posteriormente consultar los precios respectivos en diversas ediciones de la revista Automóvil Panamericano y en diversos sitios web

⁹ Se consultó en ediciones pasadas de la revista Automóvil Panamericano en su versión chilena para esto y adicionalmente, en caso de que en un año determinado no se encontrara el precio de un auto, este se ajustaba por IPC respecto al año más cercano en el que estuviera disponible el dato.

combustión interna y de PHEV respecto a combustión interna similar de gama alta en cada año, culminando con las curvas que se muestran a continuación:

Gráfico 8: Evolución de la diferencia media de precio entre PHEV y EV respecto a vehículos a combustión interna equivalentes por año.



Fuente: Elaboración propia a partir de precios obtenidos de la web y de la revista Automóvil Panamericano

En tanto, haciendo un análisis del precio de los vehículos vendidos este año y el anterior, se tiene que los vehículos eléctricos vendidos en 2019 tienen un valor mínimo de \$23.788.100 del Peugeot Partner y como máximo los \$45.697.826 del BMW i3, además de una media ponderada de \$30.372.083¹⁰, equivalentes a USD 40.391¹¹, calculados a partir de los precios disponibles de 215 de los 216 EV vendidos en ese año, valor que también demuestra que a nivel general este tipo de vehículos son más costosos que los que funcionan con combustibles convencionales como la bencina o el diesel. Para el año 2020, considerando hasta marzo que es el dato con el que se cuenta, se tiene un precio medio ponderado de

¹⁰ Precios obtenidos de distintos representantes de marcas en Chile, los cuales son mencionados en las referencias al 14 de julio de 2020, aplicando la reducción de la inflación acumulada del 2020 para dejar los precios equivalentes a diciembre de 2019 en el cálculo de la media ponderada.

¹¹ Tipo de cambio al 31 de diciembre de 2019

\$31.735.298¹² con valores que fluctúan aproximadamente entre los 24 y los 104 millones de pesos. En el caso de los híbridos enchufables en 2019, comienzan en \$34.575.099 del Mitsubishi Outlander y llegan a los \$141.039.526 del Porsche Panamera Turbo S e-Hybrid, y con un precio medio ponderado de \$60.475.778, calculados a partir de 85 de los 86 PHEV vendidos en 2019, siendo así el segmento de los ecológicos más costoso. Para los 3 primeros meses de este año, se tiene un precio medio ponderado algo mayor de \$64.384.303 con valores que van entre los 51 hasta los 131 millones de pesos.

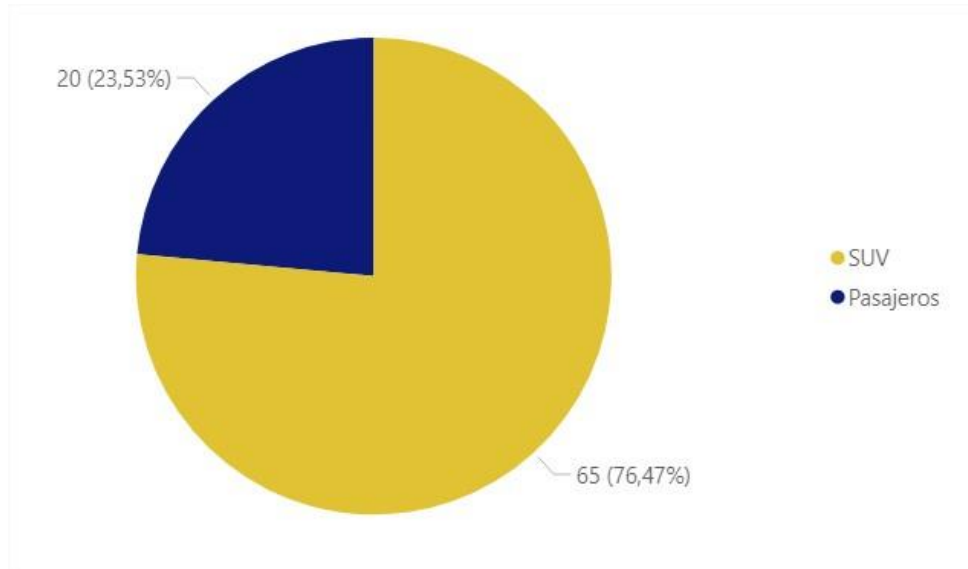
En tanto, y aunque no son parte del segmento objetivo de este estudio, en los automóviles de tren motor híbrido no recargable HEV, las ventas corresponden en un 100% a vehículos de autos, y de estos un 47% corresponde a SUV, mientras que el restante a los diferentes tipos de vehículos de pasajeros existentes¹³, todo esto para el año 2019, tal como se muestra en el *Gráfico 9*. En relación con los precios, estos continúan mostrando tendencias altas en comparación a vehículos a combustión interna, con un mínimo de \$15.590.000 del Toyota Prius que también, en sus distintas versiones, es el híbrido más vendido en el mismo año mencionado. Por otro lado, el precio máximo de este tipo de automóviles es de \$124.390.000 del Lexus LS500h, además de haber una media ponderada de \$21.824.954, la cual fue calculada en base a precios de 844 de los 850 híbridos vendidos en 2019, lo que demuestra un precio menor con respecto a los eléctricos e híbridos enchufables, pero de todas maneras superior a los vehículos con motor a combustión interna. Hasta marzo de 2020, se puede apreciar un aumento también en el precio medio ponderado, al igual que ocurrió con los híbridos enchufables, que en este caso lo hace llegar hasta los \$23.475.531, con un rango

¹² Precios al 14 de julio de 2020

¹³ En referencia a los pasajeros de la clasificación ANAC

que va de los 15,6 hasta los 124,4 millones de pesos del Toyota Prius y del Lexus LS500h respectivamente.

Gráfico 9: Proporción de venta de HEV según carrocería en 2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANAC

Así, de los 302 vehículos PHEV y EV vendidos en 2019, se tiene un promedio ponderado de precio de USD 51.791, siendo los menos costosos los EV y en contraparte los híbridos enchufables (PHEV) poseen el valor de mercado más alto. En la *Tabla 5*, se presenta el detalle de precios medios ponderados de cada categoría con un desglose por tipo de combustible en el que se pudo separar los EV de los PHEV debido al detalle por modelos dado por ANAC, y presentado en dólares para comparar posteriormente la situación con otros países¹⁴.

Tabla 5: Precio medio ponderado y cantidad vendida de vehículos PHEV y EV en Chile para 2019.

Tipo de propulsión	Cantidad	Precio medio
PHEV	86	USD 80.425
EV	216	USD 40.391

¹⁴ Dólar usado para la conversión del 31 de diciembre de 2019 acorde a los precios en los que se restó la inflación para dejarlos también a nivel de diciembre de 2019.

Total ecológicos	302	USD	51.791
------------------	-----	-----	--------

Fuente: Elaboración propia con base en datos de venta de ANAC y precios obtenidos de los representantes de las marcas.

Considerando los 3 meses iniciales de 2020, se tiene un escenario con un valor medio ponderado de los vehículos EV y PHEV de USD 49.156, manteniéndose la tendencia de mayores precios de los PHEV. En la *Tabla 6* se pueden apreciar todos los valores al igual que para 2019, de los que va hasta marzo de 2020, a partir de los datos de modelos de vehículos la ANAC (ANAC, 2020) y presentado igualmente los precios en dólares¹⁵.

Tabla 6: Precio medio ponderado y cantidad vendida de vehículos PHEV y EV en Chile de Enero a marzo de 2020.

Tipo de propulsión	Cantidad	Precio medio
PHEV	14	USD 81.862
EV	52	USD 40.350
Total ecológicos	66	USD 49.156

Fuente: Elaboración propia con base en datos de venta de ANAC y precios obtenidos de los representantes de las marcas.

Pasando a otro ámbito, la oferta¹⁶ de vehículos EV en el país en 2019 estaba compuesta por 4 modelos de pasajeros de 4 marcas distintas cada uno, un SUV de una quinta marca y cuatro comerciales de otras cuatro marcas, totalizando así 9 modelos de 9 marcas distintas. Los livianos y medianos PHEV son 12 modelos de 5 marcas en total, desglosándose en 7 pasajeros de 4 marcas distintas (BMW con 3 y Volvo con 2), 5 SUV de 4 marcas distintas (Volvo con 2), repitiéndose algunas con las de pasajeros. Finalmente, los híbridos no enchufables son vendidos por 5 marcas y cuentan con 16 modelos en total, concentrándose la mayoría entre Toyota y Lexus. En 2020 la situación hasta marzo no había mejorado en gran medida, sumando solo un nuevo modelo HEV, ninguno PHEV y uno EV. Sin embargo,

¹⁵ Dólar al 14 de julio de 2020

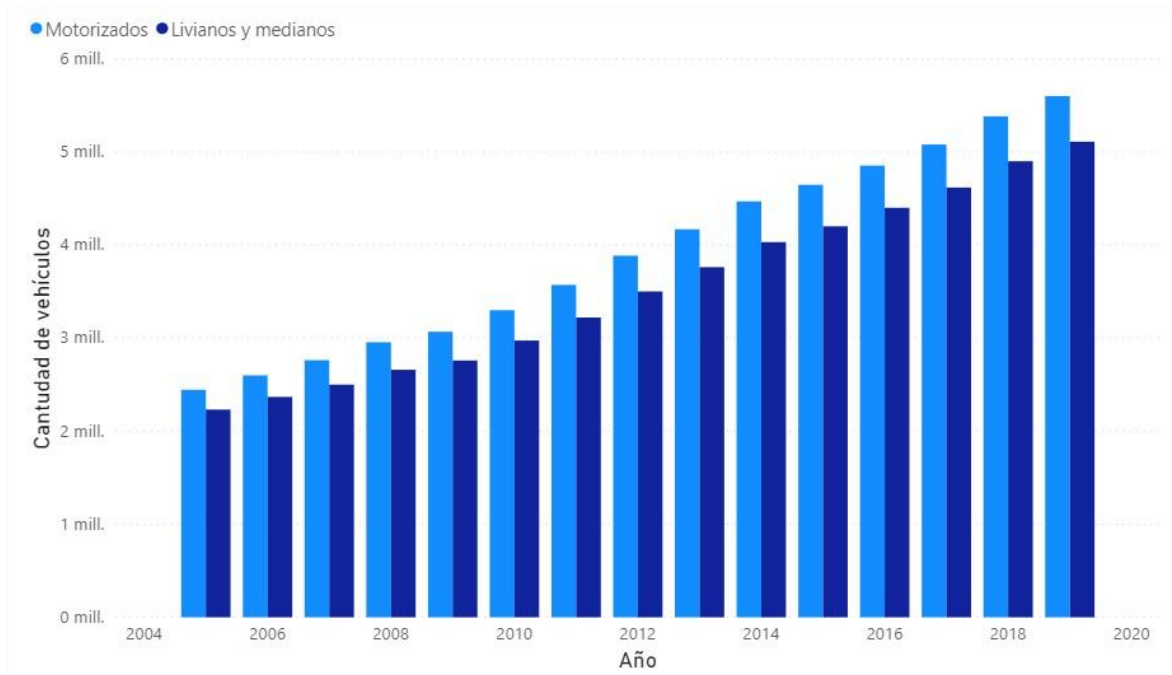
¹⁶ Obtenida a partir de los datos de vehículos vendidos de 2019 (ANAC, 2019), considerando que de 2 eléctricos y 5 híbridos no se sabe a qué marcas ni modelos pertenecen.

al ver las homologaciones de automóviles realizadas por el 3cv (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 3cv, 2020), se pueden ver algunos modelos PHEV y EV homologados y por tanto listos para su lanzamiento en el mercado nacional, habiendo entonces una posibilidad de que en lo que queda del año 2020 comience la venta de estos modelos.

3.3 Caracterización parque vehicular chileno

El parque vehicular chileno está compuesto según el último reporte presentado por el INE correspondiente al año 2019, por 5.599.733 vehículos motorizados en sus distintas categorías, donde desde el 2005 al 2019, la cantidad de autos en circulación aumentó en un 129%, con una clara tendencia al alza en la última década. Además de esto, en torno a un 90% en promedio de este parque, corresponde a vehículos livianos y medianos, tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 10: Parque vehicular anual de motorizados vs livianos y medianos



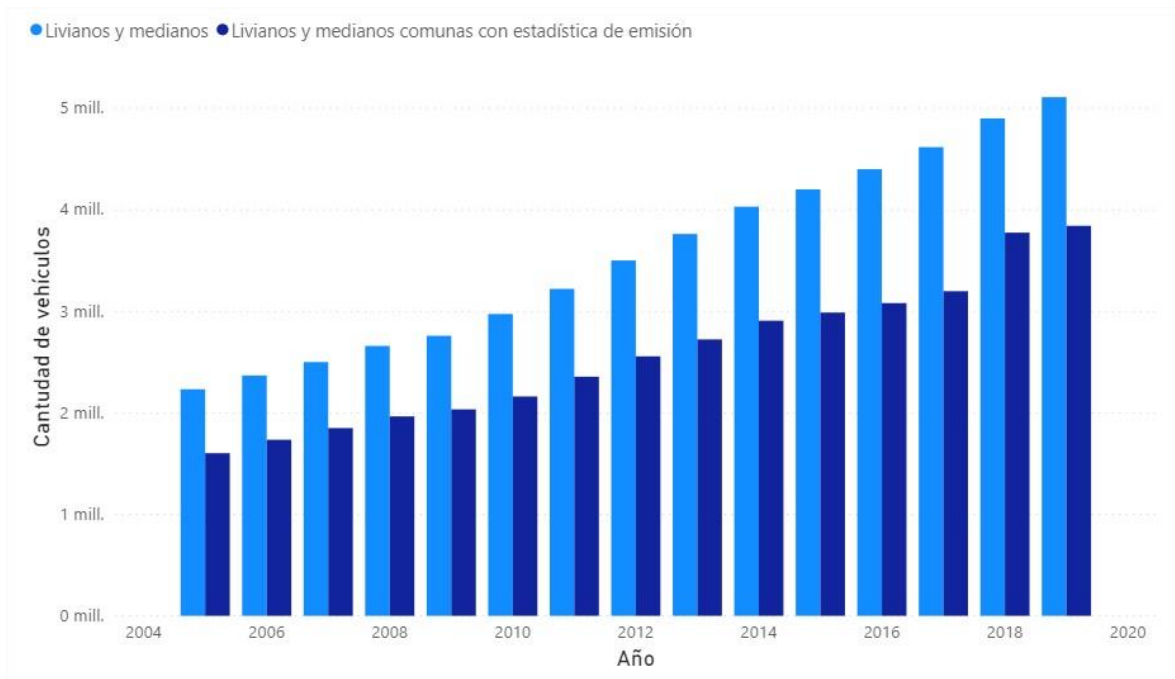
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE.

A modo de estandarizar los datos presentados, y considerando que las emisiones de gases de efecto invernadero que se presentarán con posterioridad son una medida representativa y no el total nacional, se comparará el parque vehicular total en cada segmento con el parque de las comunas que se consideraron cada año el registro de emisión de contaminantes. Corresponde entonces definir la variable vehículos¹⁷ en comunas utilizadas, que hace referencia a la cantidad de los distintos tipos de vehículos que se encuentran en las comunas que presentan medición de gases de efecto invernadero en el inventario nacional, siendo este número de comunas variable en cada año, y llegando a las 28 en el último registro del 2018. En el *Anexo 4* se pueden ver las comunas correspondientes al año 2018.

En los vehículos livianos y medianos que son la categoría en la cual se está trabajando en este estudio, el parque vehicular para las comunas utilizadas se acercaba al 72-73% respecto al total en la mayoría de los años del período considerado, teniendo un aumento en la representatividad para los últimos años considerados, es decir el 2018 y 2019, donde se aprecia que el parque automotriz de livianos y medianos corresponde al 77% y 75% del total nacional respectivamente. En el siguiente gráfico se muestra esto con más detalle:

¹⁷ Corresponde también a los taxis, autos y comerciales livianos.

Gráfico 11: Parque de vehículos livianos y medianos totales vs parque de vehículos livianos y medianos en comunas con estadística de emisión de GEI

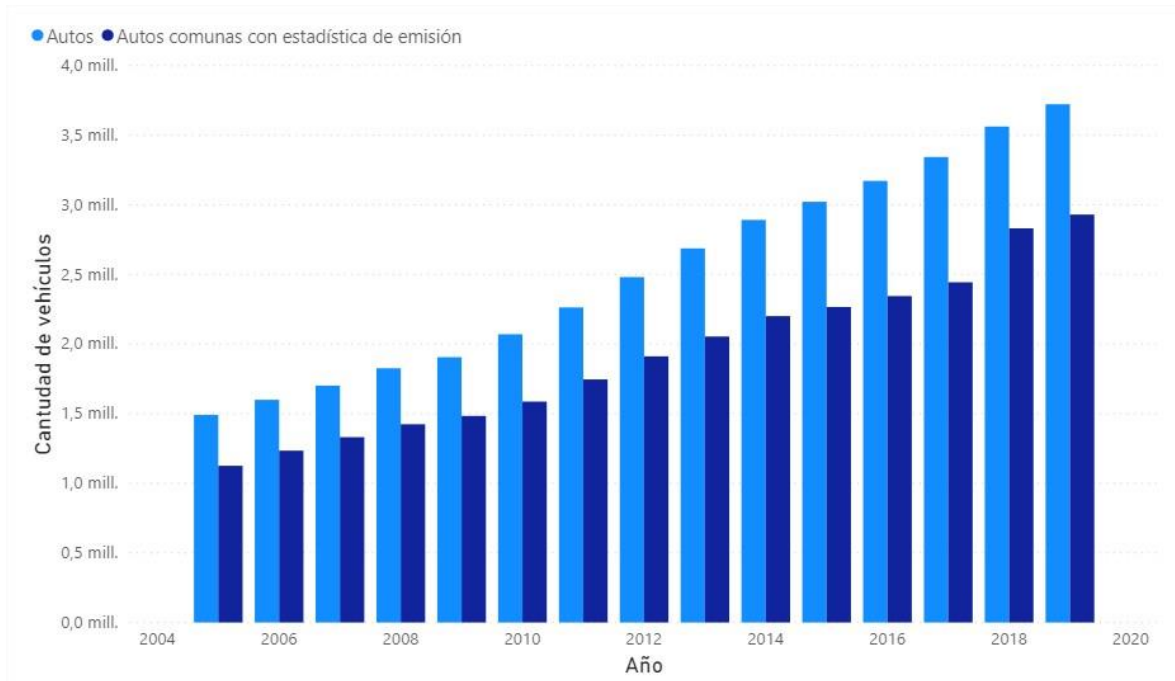


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE.

Teniendo en cuenta el dato anterior de que la mayoría del parque automotor es perteneciente a vehículos livianos y medianos, se puede aquí segmentar utilizando el formato ya descrito de la ANAC, para así tener que en Chile se cuentan con 3.722.533 de autos livianos y medianos (se incluyen los taxis), y 1.283.570 comerciales livianos, ambos números del año 2019.

Los vehículos tipo “autos” han tenido un alza de más del 100% en los 13 años medidos, teniendo el parque vehicular presente en las comunas ocupadas para la medición de contaminantes una representatividad del 76% en promedio a lo largo de estos años, la cual se elevó a alrededor de un 79% los últimos dos años.

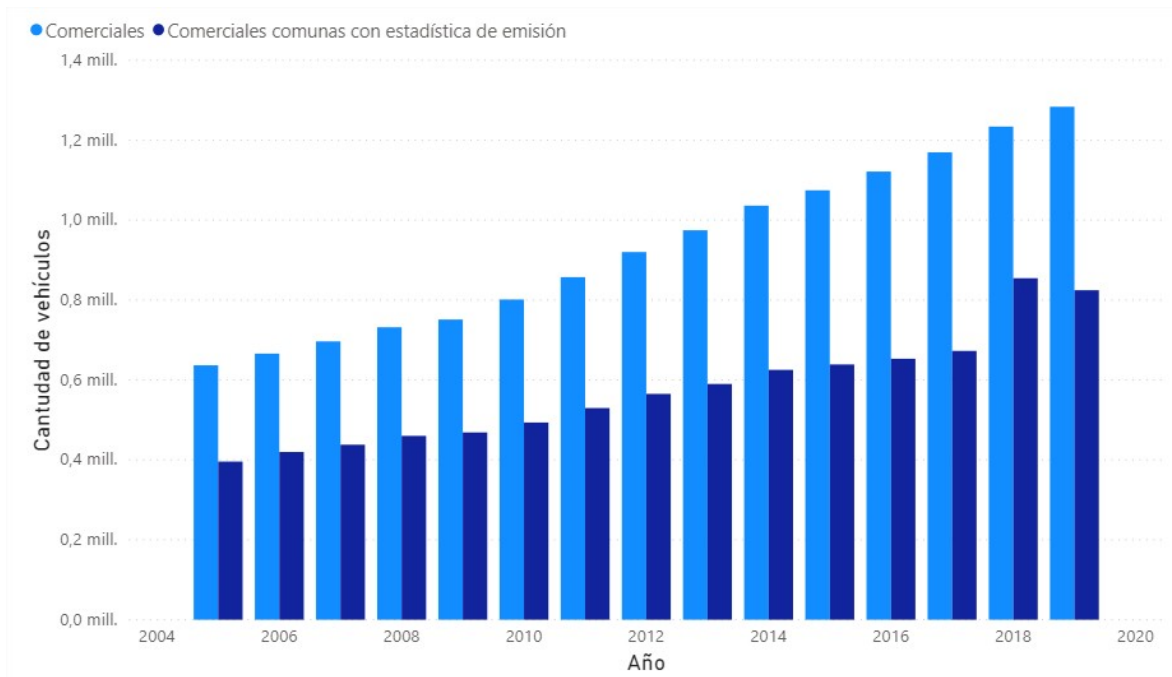
Gráfico 12: Parque de vehículos autos totales vs parque de autos en comunas con estadística de emisión de GEI



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE

En tanto, los comerciales livianos, también muestran una tendencia al aumento con números similares de variación porcentual, con un 101,6% de aumento del parque total de este segmento entre 2005 y el 2019. En lo referido a representatividad del total respecto a las comunas con medición de contaminantes, en el último año se ve un aumento de esta para llegar al 64%, a diferencia de los períodos comprendidos entre 2005 y 2017 donde se tenía que el parque automotriz de comerciales livianos de las comunas con medición de emisiones era de un promedio del 61,1% con desviación estándar del 1,8% en relación al total de este segmento vehicular.

Gráfico 13: Parque de vehículos comerciales livianos totales vs parque de vehículos comerciales livianos en comunas con estadística de emisión de GEI



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE

Por otro lado, haciendo un análisis según tipo de combustible del parque automotor de Chile, a través de los años se puede ver un dominio mayoritario de los vehículos bencineros, pero con una leve tendencia a la baja, pasando gradualmente de más del 83% que se tenía el 2005 a algo más del 73% en 2019, es decir aproximadamente un 10% menos. En contraparte a esto, los diesel han tenido variación similar en cuanto a la magnitud de la proporción en el transcurso de este mismo período, pero al alza, ganando 10 puntos porcentuales de participación, pasando de cerca de un 16% en 2005 a un 26% en 2019. Los automóviles con motor a gas licuado o natural no han variado significativamente con el paso de los años, representando siempre una parte muy pequeña del parque automotriz, que fluctúa entre el 0,1% y 0,2%. Finalmente, los eléctricos como se muestran en la *Tabla 7*, que corresponden a vehículos HEV¹⁸, EV y PHEV, componen una parte muy pequeña del parque

¹⁸ El informe del INE de parque vehicular mezcla en conjunto a los 3 tipos de vehículo, a pesar de esto en el estudio solo se analizan PHEV y EV, pero para fines de mostrar la tendencia se señala esta información.

vehicular chileno, manteniéndose relativamente estable en cuanto a proporción del total y con cantidades nunca superiores a 100 unidades entre 2005 y 2013, siendo este último, el año a partir del cual se viene mostrando una tendencia al alza continua relativamente lineal como se puede apreciar en el *Gráfico 14* y que desde el 2016 en adelante es exponencial, siendo estas de 95% en 2017 y 172% en 2018, pero aún con cantidades mínimas, que solo en el último año mencionado superaron las 1000 unidades y continuando con una participación muy baja en el parque vehicular del país que en el mismo período alcanzó cerca del 0,03% .

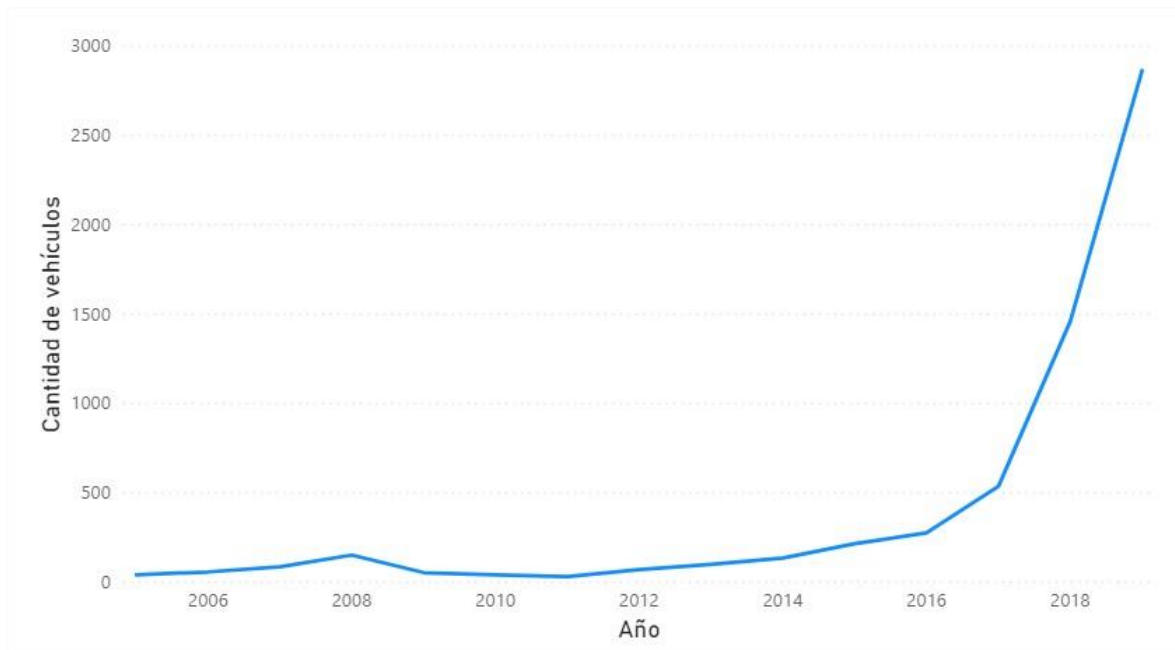
Tabla 7: Parque vehicular por tipo de combustible (%)

Año	Gasolina	Diesel	Gas	Eléctrico ¹⁹
2005	83.92%	15.94%	0.13%	0.002%
2006	82.31%	17.50%	0.18%	0.002%
2007	81.12%	18.69%	0.18%	0.003%
2008	80.66%	19.16%	0.18%	0.005%
2009	80.58%	19.26%	0.16%	0.002%
2010	79.53%	20.33%	0.14%	0.001%
2011	78.72%	21.14%	0.13%	0.001%
2012	77.84%	22.04%	0.13%	0.002%
2013	77.25%	22.60%	0.15%	0.002%
2014	76.67%	23.19%	0.14%	0.003%
2015	76.01%	23.83%	0.15%	0.005%
2016	75.53%	24.30%	0.17%	0.006%
2017	73.94%	25.86%	0.19%	0.011%
2018	73.81%	25.99%	0.18%	0.027%
2019	73.69%	26.08%	0.18%	0.051%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE

¹⁹ Incluyendo HEV, PHEV y EV tal como lo hace el INE

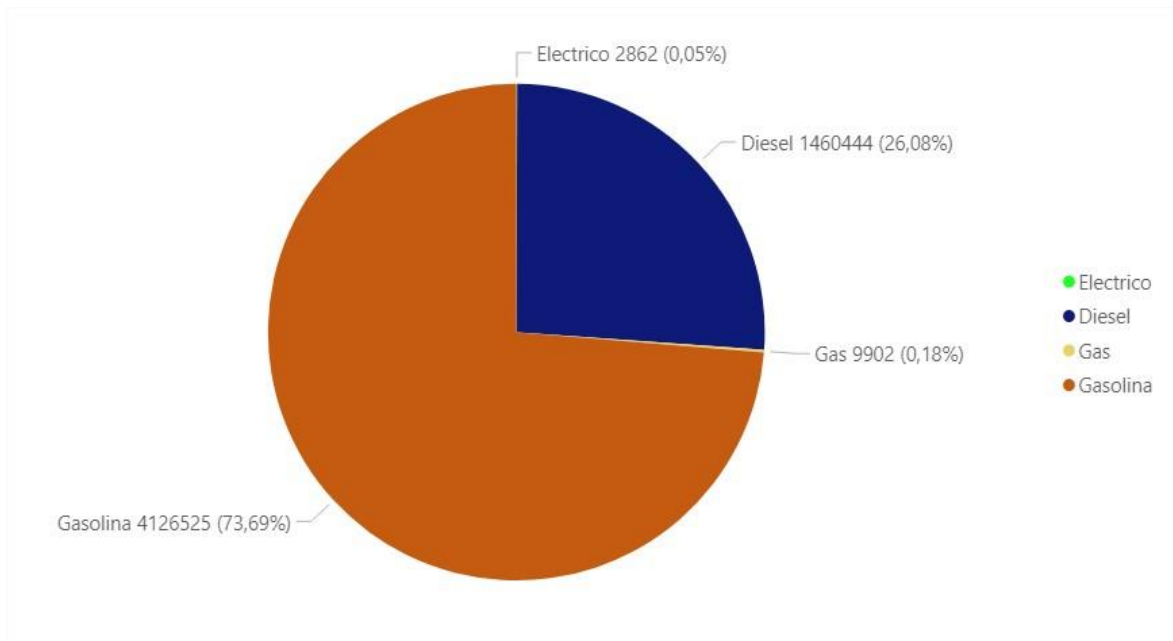
Gráfico 14: Parque vehicular de HEV, EV y PHEV desde 2005-2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE

De esta manera, para el último año medido, el 2018, se cuentan con cerca de 4,1 millones de automóviles bencineros y aproximadamente 1,4 millones de diesel, además de 9902 vehículos a gas licuado o natural y 2862 EV/PHEV/HEV, totalizando los 5.599.733 motorizados del parque vehicular de 2018 en todas sus categorías.

Gráfico 15: Parque vehicular por tipo de combustible al 2018

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE²⁰

3.4 Cambio climático y contaminación de fuentes móviles

En primer lugar, es necesario definir qué es el efecto invernadero que ocurre en el planeta. La energía proveniente del sol que llega a la Tierra, en su mayoría no es absorbida por los gases de la atmósfera, e ingresa a la superficie terrestre, lugar en el que es en parte retenida y en parte reflejada. En este punto, se debe tener en cuenta que la atmósfera es casi transparente para la energía solar que llega en forma de radiación, pero no lo es para la radiación terrestre originada por el reflejo mencionado anteriormente (Barros, 2005). De esta forma, casi toda la energía reflejada, queda atrapada en la atmósfera, elevando la temperatura del planeta que sin una atmósfera estaría bajo los 0 grados. Por lo mencionado con este proceso, es que se habla de un efecto invernadero, debido a que la atmósfera actúa

²⁰ El INE considera eléctricos a todo vehículos definido en este estudio como HEV, PHEV y EV, por lo que el número aquí mencionado corresponde a un total de esos 3 tipos de vehículo al ser la información más desagregada que se pudo encontrar al respecto.

al igual que el material ocupado para los invernaderos que se ocupan para sembrar diferentes tipos de plantas, permitiendo la entrada de calor y manteniendo gran parte de este en su interior. Por último, se debe mencionar que este proceso se da naturalmente, y que es necesario para la vida, pero que, con la acción antrópica, el ritmo de aumento natural del promedio de las temperaturas se ha visto acelerado desde la revolución industrial hasta ahora.

Existen gases presentes de forma natural y antropogénica en el medio ambiente, que tienen la capacidad de absorber parte de la radiación reflejada, entre los que se incluyen a los de la ventana de radiación, que son los gases de efecto invernadero. Así, ante un aumento de estos gases es mayor la energía absorbida y, en consecuencia, mayor la temperatura del planeta (Barros, 2005). Los gases de efecto invernadero presentes de manera natural en la atmósfera terrestre son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) (IPCC, 2014). Por otro lado, la atmósfera también posee otros gases de efecto invernadero, originados completamente por la acción humana como los halocarbonos, otras sustancias derivadas del cloro y bromo, y otros regulados por el Protocolo de Montreal como el hexafluoruro de azufre (SF_6), hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (Benavides & Leon, 2007). Además, existe otra clasificación que divide los gases de efecto invernadero en directos e indirectos:

- **Gases de efecto invernadero directos:** Estas moléculas contribuyen al efecto invernadero tal y como son emitidas (Benavides & Leon, 2007). Corresponden a todos los compuestos mencionados en el párrafo anterior.
- **Gases de efecto invernadero indirectos:** Corresponden a moléculas que de por sí no son gases de efecto invernadero, pero que por reacciones químicas en la atmósfera se transforman en gases de efecto invernadero directos. Dentro de esta categoría se

encuentran compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano, los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el monóxido de carbono (CO) (Benavides & Leon, 2007).

En este punto es donde la acción humana comienza a tener importancia, debido a que desde la revolución industrial hasta la actualidad se ha generado un desequilibrio en la cantidad de estos gases presentes en la atmósfera por un aumento sostenido en las emisiones por causas antrópicas. Los principales factores en la actualidad de estas son la agricultura, minería y energía. Dentro de este último, encontramos el transporte como fuente importante de emisión de gases de efecto invernadero en el mundo, donde se tiene que el 20,45% del total de las originadas por quemas de combustible de CO₂ son originadas por transporte (Banco Mundial, 2019).

Pasando al ámbito nacional, las emisiones generadas en el país según el Inventario de emisiones del ministerio del medio ambiente se clasifican según su procedencia en fuentes fijas y fuentes móviles. Dentro de estas últimas, se encuentran las emisiones generadas por el transporte y más específicamente en los vehículos livianos y medianos.

Los automóviles con un motor de combustión interna generan emisiones de los siguientes gases de efecto invernadero directos:

- Dióxido de Carbono (CO₂): Es un gas de origen natural y antropogénico, incoloro y no inflamable. En concentraciones elevadas puede provocar hiperventilación y otros efectos al cuerpo humano, y por su abundancia, contribuye con el efecto invernadero en un 76% siendo la sustancia más influyente en este aspecto (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.). Se genera en parte importante como resultado de la combustión de combustibles fósiles como la gasolina, diésel, el gas

natural o licuado, entre otros. Además, es el principal gas de efecto invernadero generado por el ser humano, y, también, es el compuesto que se toma como referencia para medir los efectos de otros gases de efecto invernadero, teniendo un potencial de calentamiento igual a 1.

- Metano (CH_4): Gas tanto de origen natural como antropogénico, que es incoloro e inflamable, que puede provocar asfixia en el ser humano en altas concentraciones y es el segundo que más contribuye al efecto invernadero con 15% (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.). Este ha visto duplicada su carga atmosférica desde la época preindustrial hasta la década de los 90. En el contexto de los vehículos y del transporte, es producido en función de 3 factores, el contenido de metano del combustible en el motor, la cantidad de hidrocarburos no quemados pasando a través del motor y los controles postcombustión (Benavides & Leon, 2007).
- Óxido Nitroso (N_2O): Es un gas de origen natural y antropogénico, que es volátil, incoloro y con un olor dulce y ligeramente tóxico, provocando un estado eufórico en la persona (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.), el que contribuye con aproximadamente un 6% del forzamiento del efecto invernadero. En el transporte, las emisiones de este gas son relativamente bajas relación al total, pero pueden ser algo más importantes cuando los vehículos poseen algún mecanismo para controlar las emisiones como ocurre con los catalíticos (Benavides & Leon, 2007).

En tanto, las emisiones que generan los automóviles de combustión interna de gases de efecto invernadero indirecto son:

- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): Corresponden a un grupo de compuestos, en donde se destacan principalmente el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). Es

tratado como GEI indirecto debido al papel que cumple en la formación de ozono (GEI directo), además de que controla la concentración de radicales hidroxilo (OH), moléculas muy reactivas que manejan la oxidación de otros GEI (Benavides & Leon, 2007). Específicamente el NO₂ es un compuesto muy corrosivo para la piel y el tracto respiratorio, causando enrojecimiento y quemaduras cutáneas (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico España, s.f.). Las emisiones de este gas de manera antropogénica se relacionan en parte importante a la combustión, y tienen que ver con la mezcla del combustible con el aire (que posee el nitrógeno), las temperaturas de combustión y los equipos de control de emisiones, así como también del peso del vehículo (Benavides & Leon, 2007).

- **Monóxido de Carbono (CO):** Es un gas incoloro, inodoro, tóxico y muy inflamable. Exposiciones prolongadas a este gas pueden provocar alteraciones en el sistema nervioso y cardiovascular humano (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.). Una importante proporción de emisiones de este compuesto proviene del transporte debido a las combustiones incompletas de distintos combustibles (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico España, s.f.). Considerado como GEI indirecto debido a que al igual que los NO_x, influye sobre los radicales hidroxilo, afectando indirectamente en la formación de otros GEI directos como el metano y el ozono troposférico (Benavides & Leon, 2007).

Por otro lado, las emisiones de estos gases se generan por distintos canales, que son los siguientes:

- **Tubo de escape:** Emisiones que produce el automóvil por el proceso de combustión interna en su funcionamiento y que salen por el tubo de escape de cada vehículo. De

esta fuente provienen los 3 gases de efecto invernadero directo y parte de las emisiones de los 2 gases de efecto invernadero indirectos.

- **Partida en frío:** Ocurren cada vez que el vehículo está en movimiento, con el motor funcionando a temperaturas menores a las que debiese según su diseño. La significancia de estas emisiones es mayor en condiciones de menor temperatura ambiental y cuando el largo del viaje promedio en una determinada ciudad es más corto (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). De esta fuente provienen emisiones de los 2 gases de efecto invernadero indirectos.
- **Evaporativas durante el día:** Emisiones que tienen relación con la variación natural de las temperaturas en el ambiente día a día (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). De esta fuente provienen emisiones de los 2 gases de efecto invernadero indirectos.

En Chile se cuenta con el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, donde se detalla el total estimado de estas según actividad de manera anual, los cuales a modo general se clasifican en emisiones de fuentes fijas y emisiones de fuentes móviles. En estas últimas se encuentran las emisiones de los automóviles livianos y medianos. Estas emisiones son una medida representativa, en las cuales se consideran 28 de las principales áreas urbanas del país al 2018, las que se pueden ver en detalle en el *Anexo 3*. Para estas, se usa una metodología de estimación de emisiones con un modelo de transporte para las ciudades que cuenten con uno, el cual se denomina MODEM v5.1²¹ que es el usado en 2017, teniendo así un enfoque Bottom Up. En cambio, se usa un enfoque Top down para ciudades que no cuentan con un modelo de transporte, que permite estimar emisiones a partir

²¹ Modem v5.1: Consiste en estimar los niveles de actividad (kilometraje recorrido en el tiempo y el área donde se desarrolla el inventario de emisiones) y asociarles a cada una de ellas un factor de emisión.

de los kilómetros recorridos y velocidades medias según tipo de vehículo en las distintas ciudades²². De esta manera el 2005 se comenzó con 17 ciudades con modelo de transporte y 10 con un enfoque Top down (CONAMA, 2009), para posteriormente el 2012 quedar con 22 ciudades con modelo de transporte y 5 sin uno (Ministerio del Medio Ambiente, 2019), siendo entonces incorporados ese año modelos de transporte para 5 zonas urbanas²³. El detalle de las áreas que poseen y no poseen modelos se puede ver en el *Anexo 3*.

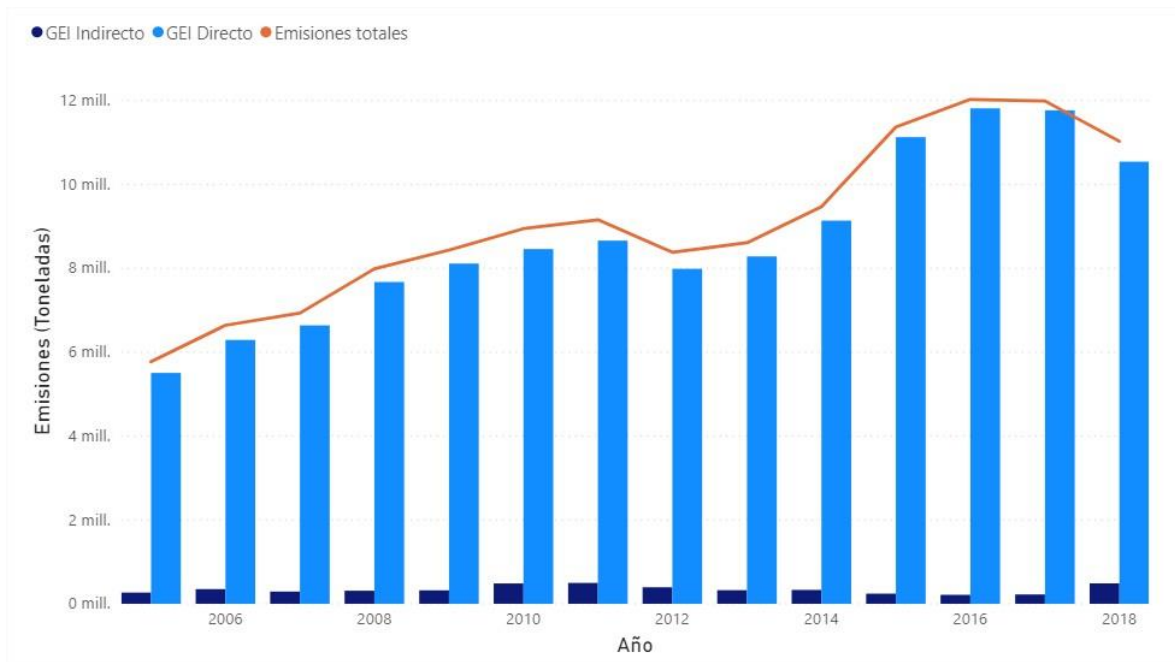
Así, se consideraron para este estudio las emisiones desde el 2005 hasta el 2018, que es el último dato existente, teniendo en cuenta que en los dos primeros años de este rango se utilizaron 22 ciudades, para posteriormente ser añadidas las 5 restantes. Por último, el 2018 se agregó un área urbana más que considera distintas comunas aledañas al gran Santiago, denominada “Otras Comunas RM”. Todas estas áreas urbanas y a cuáles comunas corresponde cada una se pueden ver en detalle en el *Anexo 4*, totalizando así las 28 zonas con medición de contaminantes.

En el siguiente gráfico se puede ver la tendencia de las emisiones en el período mencionado, mostrando en rasgos generales un aumento, a pesar de que desde 2016 se puede observar un leve descenso en el total de toneladas. Las emisiones llegaron a superar el 100% de alza desde el año 2005 hasta el 2016 alcanzando en ese período más de 12 millones de toneladas, y disminuyendo en cerca de 1 millón en el 2018, esto a pesar del aumento del parque automotriz, para así totalizar 11.029.939 toneladas de gases de efecto invernadero por concepto de emisiones de automóviles livianos y medianos en las urbes ya mencionadas.

²² Esto se obtiene a partir de las 22 ciudades que cuentan con modelo de transporte, complementados con estadísticas locales del parque automotriz por ciudad y plantas de revisión técnica.

²³ Ovalle, Curicó, Linares, Angol y Punta Arenas.

Gráfico 16: Evolución de las emisiones de GEI directos e indirectos por vehículos livianos y medianos en Chile



Fuente: Elaboración propia en base a datos del MMA

Por otro lado, es necesario introducir el concepto de CO₂ equivalente, de aquí en adelante “CO₂ eq”, el cual, hace referencia a la equivalencia en potencial de efecto invernadero que tienen otros gases con relación al CO₂. Para el caso del estudio, se deben convertir el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), lo que se hace siguiendo las siguientes equivalencias²⁴:

$$1 \text{ tonelada de CH}_4 = 25 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ Eq}$$

$$1 \text{ tonelada de N}_2\text{O} = 298 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ Eq}$$

Entonces, se tiene que 1 tonelada emitida de CH₄ tiene tanto potencial de efecto invernadero como 25 toneladas de CO₂. Estos valores se usan entonces para calcular el CO₂ eq emitido en Chile según las estimaciones de la RETC en las 28 áreas urbanas mencionadas con

²⁴ Obtenidas de la Agencia de Protección ambiental de EEUU (Agencia de Protección Ambiental de EEUU, 2019)

anterioridad, los cuales se muestran en la siguiente tabla en conjunto con el parque vehicular de esas mismas zonas, para tener una referencia de cuanto es la proporción de lo estimado.

Tabla 8: Emisiones totales de CO₂ eq y parque vehicular de las comunas con medición de gases de efecto invernadero para el periodo 2005-2018

Año	Toneladas de CO ₂ Eq	Parque vehicular ²⁵ (% total ²⁶)	Comunas con estadística de emisión
2005	5.560.086	1.602.093 (72%)	83
2006	6.356.504	1.734.625 (73%)	83
2007	6.700.447	1.849.536 (74%)	83
2008	7.741.055	1.964.802 (74%)	83
2009	8.183.765	2.033.746 (74%)	83
2010	8.628.351	2.161.235 (73%)	83
2011	8.828.146	2.355.785 (73%)	83
2012	8.124.131	2.556.707 (73%)	83
2013	8.412.715	2.723.342 (72%)	83
2014	9.273.608	2.907.900 (72%)	83
2015	11.240.695	2.987.670 (71%)	83
2016	11.922.732	3.081.115 (70%)	83
2017	11.876.762	3.198.214 (69%)	83
2018	11.023.955	3.775.010 (77%)	112

Fuente: Elaboración propia con base en datos de RETC, INE y factores de equivalencia de emisión mencionados con anterioridad.

De estas emisiones es importante mencionar que para las mediciones de las emisiones de tubo de escape en el período 2005-2017 se consideraron las 27 áreas urbanas y para el 2018 se añadió la última zona. Por otro lado, en las emisiones de partidas en frío, se tomaron en consideración 17 zonas entre el 2005 y 2011, aumentando a 22 entre 2012 y 2017, finalizando con 28 áreas en 2018. En tanto, para las emisiones evaporativas en frío, se consideraron las del año 2018 en 5 zonas urbanas²⁷ (Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), 2020). Además, a partir de la tabla anterior se puede obtener una media general

²⁵ Se toma el parque vehicular de vehículos livianos y medianos de las comunas en las que se midieron las emisiones de gases de efecto invernadero para cada año respectivamente.

²⁶ Porcentaje del total en relación con el parque total de vehículos livianos y medianos de Chile para cada año.

²⁷ San Felipe, Los Andes, Coyhaique, San Antonio y San Fernando.

de cuanto emite cada vehículo en Chile por año desde 2005 a 2018, lo que se muestra en la

Tabla 9.

Tabla 9: Emisiones de CO2 eq por vehículo al año en el período 2005-2018

Año	Ton CO2 eq/Vehículo
2005	3,47
2006	3,66
2007	3,62
2008	3,94
2009	4,02
2010	3,99
2011	3,75
2012	3,18
2013	3,09
2014	3,19
2015	3,76
2016	3,87
2017	3,71
2018	2,92

Fuente: Elaboración propia con base en datos de RETC e INE

También, los datos se pueden desagregar por categoría de vehículo de manera tal de poder hacer un análisis más a profundidad, tal como se aprecia a continuación:

Tabla 10: Emisiones de CO2 eq por categoría de vehículos ICE al año en el período 2005-2018

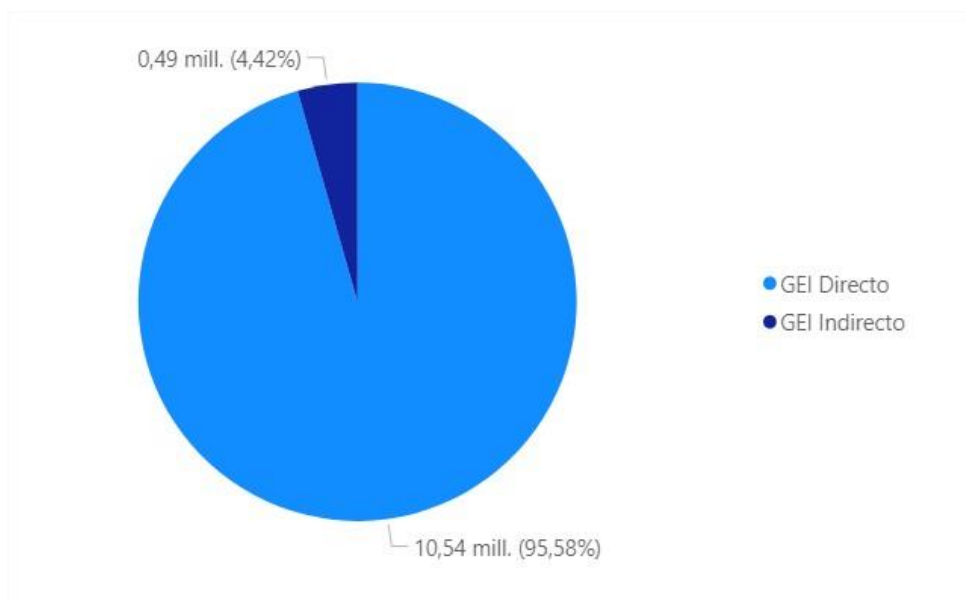
Año	Taxis	Autos	Comerciales
2005	7.69	2.71	4.79
2006	7.36	3.01	4.91
2007	9.58	2.94	4.62
2008	8.90	3.27	5.17
2009	9.63	3.35	5.22
2010	10.11	3.26	5.36
2011	10.16	3.05	5.09
2012	9.35	2.58	4.36
2013	8.56	2.47	4.52
2014	8.37	2.53	4.86
2015	14.72	2.40	7.19
2016	15.69	2.61	6.88
2017	14.69	2.48	6.85
2018	16.22	2.18	4.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE y RETC

De esto se tiene que, a lo largo de los años, los taxis son la categoría que más gases de efecto invernadero directo emiten al ambiente, lo que tiene relación con la gran cantidad de recorrido en ciudad que tienen. En cambio, la categoría que menos emisiones posee en todos los períodos son los autos, que por cierto componen la mayoría del parque automotriz.

Por otro lado, aludiendo a la clasificación de gases mencionada anteriormente la mayoría de los gases de efecto invernadero emitidos por vehículos, corresponde a GEI directos, como se puede apreciar en el siguiente gráfico en donde se muestra la proporción de gases directos e indirectos para el año 2018.

Gráfico 17: Emisiones de GEI directos e indirectos en Chile al año 2018

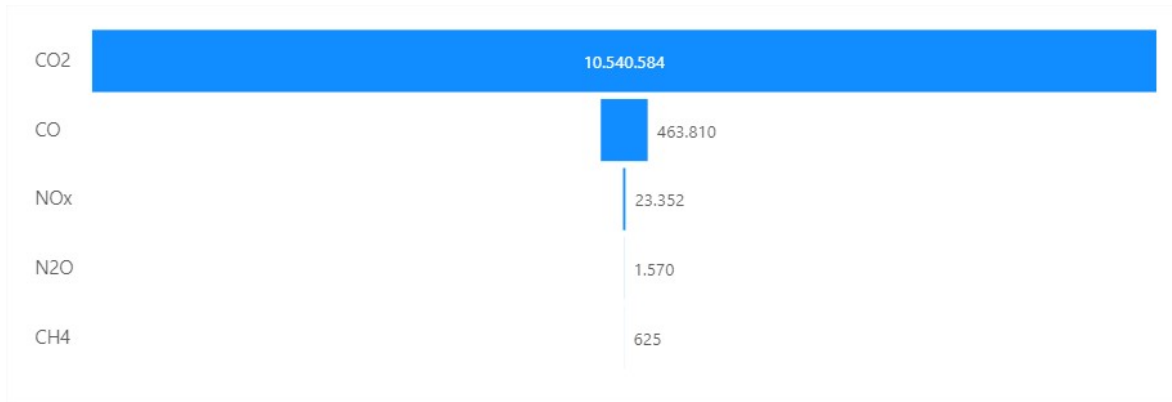


Fuente: Elaboración propia en base a datos del MMA

Por último, es importante mencionar las proporciones de los 5 gases de efecto invernadero presentes en estas emisiones, para lo cual se utilizará el año 2018, que, como se mencionó, es el dato más reciente. En estos, hay una gran concentración de uno en particular, el CO₂, del cual corresponden cerca de 10.500.000 toneladas, es decir más del 95% del total, siguiéndolo un GEI indirecto como es el monóxido de carbono con un 4,2%, y finalizando

con los otros 3 gases, el metano, óxidos de nitrógeno y óxido nitroso los cuales representan el 0,01% cada uno. Lo anterior se ilustra en el *Gráfico 18*.

Gráfico 18: Emisiones (toneladas de GEI) de vehículos livianos y medianos por tipo de gas en Chile al año 2018



Fuente: Elaboración propia con base en datos del MMA

3.5 Precio social del carbono

Los precios sociales se definen como “valores que reflejan el verdadero costo para la sociedad de las unidades adicionales de recursos utilizados por el gobierno en la ejecución y operación de un proyecto de inversión”. Estos precios son utilizados como dice la definición en la evaluación social de proyectos, es decir en la inversión que realizará el estado en un período determinado que tendrá como fin una obra que tenga un impacto en la sociedad.

Uno de los elementos que tiene determinado su precio social, y que es el de importancia para los fines de este estudio, es el dióxido de carbono, del cual se profundizará acerca de la metodología ocupada para ser calculado, y posteriormente se mostrará su valor.

Antes de explicar el precio con detalle, y para contextualizar, es necesario explicar de manera breve el acuerdo de París para el cambio climático. Este se crea con el fin de enfrentar el cambio climático en noviembre de 2015 en la COP21 que fue hecha en París, por eso su nombre, y que viene a ser el sucesor del protocolo de Kioto que tiene relación con el mismo

tema, pero que termina su vigencia en 2020 y que solo implicaba esfuerzos por parte de países más desarrollados. El objetivo principal de este nuevo acuerdo es que el aumento sostenido en la temperatura promedio mundial que viene ocurriendo no supere los 2°C en este siglo, y en lo posible evitar que supere los 1,5°C. Para esto, todas las partes presentes en la Conferencia de las Partes (COP), es decir más de 180 países, se comprometen con un determinado aporte en la reducción de gases de efecto invernadero, en lo que se denominan contribuciones determinadas a nivel nacional, NDC por sus siglas en inglés, y donde están incluidas ayudas financieras a países con menores recursos.

También, se debe mencionar el precio sombra, concepto que es usado para fines del cálculo del precio, que hace referencia al valor monetario de costos difíciles de determinar, y que, generalmente se deben a una externalidad de alguna otra acción. En el sector empresarial, el precio sombra se entiende como la máxima disposición a pagar por una unidad adicional de un recurso con disponibilidad limitada.

Se tiene que para el caso del cálculo del precio social del CO₂ en Chile, se tomaron en cuenta los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se comprometieron en el acuerdo de París, y que entra en vigencia el 2020. Así, hay 3 metas propuestas, de las cuales, se tendrá que cumplir una de forma obligatoria:

- *Meta Incondicional:* Reducir un 30% las emisiones de CO₂ al 2030 respecto a las emisiones del año 2007, lo que corresponde a bajarlas en 18,25 millones de toneladas.
- *Meta Condicional Baja:* Reducción de un 35% de las emisiones de CO₂ al 2030 respecto a las emisiones del año 2007, con ayuda económica internacional, lo que significa reducirlas en 29,57 millones de toneladas.

- *Meta Condicional Alta:* Reducción de un 45% de las emisiones de CO₂ al 2030 respecto a las emisiones del año 2007, con ayuda económica internacional, lo que implica mitigar 52,19 millones de toneladas.

De estas condiciones mencionadas se toma en cuenta cual es el costo que implica reducir las emisiones de CO₂ en los respectivos porcentajes, información que es obtenida a partir de los resultados del proyecto MAPS²⁸ Chile y que es la fuente de información más confiable para estos temas, y así finalmente se tiene que el precio social del carbono en Chile es de 32,5 [USD/ton CO₂] con un rango de sensibilidad de entre 20,2 [USD/ton CO₂] y 43,2 [USD/ton CO₂]. Este precio fue ajustado en UF con el precio del dólar de la fecha del estudio, es decir de 2016, para así poder recoger el efecto inflacionario local con el paso del tiempo, quedando un valor de 0,823 [UF/ton CO₂].

Este precio social permite valorar los beneficios o costos sociales que trae una variación en las emisiones de CO₂ equivalente (Subsecretaría de evaluación social, 2017).

3.6 Situación actual de Chile

En cuanto a beneficios, en el país existe un solo subsidio que directamente ha ido con el objetivo de ayudar a la compra de automóviles eléctricos. Además de esto, con el paso del tiempo han surgido diferentes incentivos estatales a la compra de este tipo de vehículos ya sea de manera directa o indirecta.

Con la reforma tributaria del año 2014, se implementó el impuesto verde a las fuentes contaminantes móviles. Estos impuestos, son tributos que establece el estado con el fin de corregir alguna externalidad negativa que ocurra (Centro de Estudios Tributarios UChile,

²⁸ Mitigation Action Plans and Scenarios

2019), para el caso de este, la contaminación proveniente de las emisiones de los motores de las fuentes móviles. El impuesto se aplica con la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Impuesto Verde

$$\text{Impuesto en UTM} = \left[\frac{35}{\text{rendimiento} \left(\frac{\text{km}}{\text{lt}} \right)} + \left(120 * \text{emisiones} \frac{\text{gramos}}{\text{km}} \text{ de NOx} \right) \right] + (\text{precio de venta} * 0,00000006).$$

Aquí, los factores que influyen en el monto del impuesto son el consumo de combustible, las emisiones de NOx y el precio de venta, en el cual es gravado aquel que ya incluye IVA (Centro de Estudios Tributarios UChile, 2019). Respecto al mismo, según ANAC “el impacto que tiene el rendimiento urbano es muy bajo en el resultado de la fórmula, por lo tanto, no es un aporte a la baja de emisiones de CO2 y al calentamiento global” (ANAC, 2016) y también se menciona que afecta porcentualmente más a vehículos diesel que a bencineros. Este impuesto es aplicado la mayoría de los vehículos livianos vendidos en el país, con excepciones como los autos eléctricos (Servicio de Impuestos Internos, s.f.). El resto de los vehículos exentos de este impuesto se muestran en el *Anexo 5*.

Un aspecto importante que mencionar en este apartado es el de las normativas anticontaminación que se han aplicado en Chile, y lo que se tiene proyectado también para los próximos años. Para esto, en primer lugar, es importante tener en consideración los estándares aplicados en Estados Unidos y en Europa que son los que se han utilizado en Chile en el transcurso de los años:

- Euro: Normativa europea anticontaminación que regula los niveles de emisiones por kilómetro de diferentes gases nocivos, entre los que se cuentan el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos (HC) y material

particulado (PM). Esta regulación ha ido evolucionando a partir de 1992, cuando nace Euro 1. En el *Anexo 6* y *Anexo 7* se puede ver el detalle de cada tipo de gas y como ha ido cambiando esta norma²⁹.

- EPA: Normativa estadounidense anticontaminación, proveniente de la agencia de protección ambiental que al igual que la normativa euro, regula los niveles de emisión por kilómetro de algunos gases dañinos como son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metánicos (NMHC) y los hidrocarburos totales (THC).

También a modo de comparar como es la situación de Chile en este aspecto, en la *Tabla 11* se muestra en que año fueron aplicadas las normativas Euro en el continente europeo, y en qué período estas mismas fueron implementadas en Chile de manera de graficar también el desfase que hay en el país.

Tabla 11: Implementación de normas anticontaminación para autos

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chile (Gasolina)	EPA 87		EPA 91 o Euro I				EPA 94 o Euro III					Euro IV	Euro V					Euro VI												
Chile (Diesel)	EPA 87		EPA 91 o Euro I				EPA 94 o Euro III		Euro IV			Euro V					Euro VI													
Europa	Euro I	Euro II		Euro III			Euro IV			Euro V			Euro VI																	

Fuente: Elaboración propia basado en cruce de datos de Homologación vehicular³⁰ y múltiples fuentes³¹.

²⁹ Información extraída de dieselnets (Dieselnets, 2020)

³⁰ Homologación de vehículos livianos-medianos y motocicletas (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 3cv, 2020).

³¹ (Centro de control y certificación vehicular, Ministerio de Transportes, 2009), Normativa de emisiones para vehículos livianos y medianos de Chile (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1991) con sus respectivas actualizaciones y (Dieselnets, 2020).

Tabla 12: Implementación de normas anticontaminación para comerciales

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chile (Gasolina)	EPA 87			EPA 91 o Euro I				EPA 94 o Euro III					Euro IV	Euro V					Euro VI											
Chile (Diesel)	EPA 87			EPA 91 o Euro I				EPA 94 o Euro III	Euro IV			Euro V					Euro VI													
Europa	Euro I		Euro II		Euro III			Euro IV			Euro V			Euro VI																

Fuente: Elaboración propia basado en cruce de datos de Homologación vehicular y múltiples fuentes.

Así, se puede apreciar que por lo general en Chile se posee un desfase de entre 5 y 7 años a la hora de implementar las normativas respecto a Europa, en donde se observa en ocasiones un menor retraso a la hora de aplicar restricciones a los vehículos diesel. Para la nueva normativa, que entrará en vigor en 2022, se vuelve a estandarizar como se hacía hasta antes de 2005 una misma fecha para la implementación de este reglamento para vehículos a gasolina y diesel. Como antecedente adicional en el contexto de normas de emisiones, en Europa el presente año 2020 entra en vigor una normativa de emisiones de CO₂ que limita el máximo de estas en cada marca a 95 gr/km respecto a un promedio ponderado de los vehículos que hayan sido vendidos cada año, incentivando así a que las marcas ofrezcan una mayor variedad de vehículos HEV, PHEV y EV.

Pasando a otro ámbito, en otros incentivos para la compra de autos ecológicos, que involucran ítems que no tienen que ver con el precio de compra, pero si con la operación del vehículo, se encuentran:

- Los vehículos híbridos que fueron comprados entre 2008 y 2010, reciben una bonificación equivalente al 100% del pago del permiso de circulación por cuatro años para vehículos con un valor menor a 730 UF de la época y por dos años en caso contrario con un tope de 1220 UF (Ley 20259, 2008).

- Instalación de la red de carga pública para vehículos públicos de la región metropolitana en donde en una colaboración del estado con Copec Voltex, para finales del año 2020 se tiene el compromiso de unirla mediante la instalación de 104 puntos de carga en espacios públicos de las 52 comunas que componen esta región (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 2019).
- En el marco del acuerdo del ministerio de energía con Copec, está en proceso la ejecución del proyecto Electro ruta del cobre que involucra conectividad para las ciudades de Antofagasta, Calama y San Pedro de Atacama (Ministerio de energía, 2019).
- En el marco de la misma alianza mencionada en el punto anterior se han logrado la conexión de 1400 km. entre La Serena y Temuco, destacando principalmente el tramo de la ruta 5 entre estas ciudades que ahora puede ser realizado por un auto eléctrico (Electro mov, 2020).
- A mayo de 2020 se cuenta con un total de 127 electrolinerías en el país, teniendo una meta que estaba estipulada para diciembre de 2019 de 150 (Ministerio de energía, 2020).
- Estacionamiento gratuito para vehículos eléctricos en los 1070 estacionamientos disponibles que tiene el municipio de Las Condes en su comuna (Publimetro, 2017), además del Mall Costanera Center y estacionamientos SABA en la plaza de Armas de Santiago, entre otros (Asociación gremial de Vehículos eléctricos de Chile, 2019).
- Se establece para los llamados a concurso para nuevas inscripciones de taxis en la región Metropolitana que un mínimo del 5% de estos deben ser vehículos eléctricos (Decreto 31 MMA, 2017).

- Hasta diciembre del 2019 estaba permitido convertir autos convencionales de antes de 1992 a eléctricos con un cambio de motor de manera de obtener un automóvil eléctrico a un precio de entre 5 y 6 millones de pesos, significativamente menor entonces que uno nuevo. Esta medida se ha prohibido en 2020 mediante una circular que ordena a las plantas de revisión técnica a no realizarles la inspección a estos vehículos (Electro Mov, 2020).
- Exención de la restricción vehicular para vehículos híbridos y eléctricos (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)
- ENEL presentó una propuesta para que a 2024 haya construida una red de 1200 puntos de carga público con más de 1800 conexiones para vehículos eléctricos, de forma tal de conectar Arica con Punta Arenas (ENEL, 2020).

Finalmente, existe, como se mencionó inicialmente, un subsidio que en el año 2019 alcanzó un máximo de 8 millones de pesos para incentivar el recambio de taxis en la región metropolitana. Este beneficio, que está en el marco del Programa de Renovación de taxis colectivo de la región Metropolitana, otorgó un subsidio de entre \$5.200.000 y \$6.000.000 para quienes hagan un recambio por un vehículo híbrido, y un monto de \$8.000.000 en caso de que la elección sea un eléctrico (La Tercera, 2019). Así, fueron destinados aproximadamente \$1.200 millones para la transformación de parte de la flota vehicular de taxis colectivos de la región Metropolitana el año 2019, en una medida vigente desde el 2011 por el decreto 44 del 2011 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y que es renovada año a año con una variación en los montos a subsidiar, siendo para el caso de 2018 de 6,6 millones de pesos el subsidio máximo.

Además, en esta industria existen otras iniciativas privadas, destacándose algunas como las siguientes:

- La empresa Europcar Tattersall buscando promover la electromovilidad en empresas y eliminar la barrera del costo de los autos eléctricos, tiene la modalidad de arriendo y leasing operacional para más de 50 vehículos disponibles en su flota con modelos de autos y comerciales livianos³² (Ministerio de Energía, s.f.).
- Una empresa de la industria eléctrica se adjudicó 30³³ de los cupos de taxis eléctricos que había para Santiago, los que además de contar ya con infraestructura para cada uno, operan actualmente como taxis ejecutivos gracias a empresas como E-mov y Transvip (Ministerio de Energía, 2019).
- Una empresa de agua potable de la Región Metropolitana desarrolla un plan piloto con 3 furgones eléctricos³⁴ en su flota evaluando el reemplazo del resto de sus vehículos, además de instalar infraestructura de carga para estos (Ministerio de Energía, s.f.).
- Otra empresa del rubro eléctrico apoyó la compra de 41 vehículos eléctricos para sus trabajadores entre 2017 y 2018, esto mediante créditos blandos y estacionamientos preferenciales. Además, se gestionaron descuentos en mantenimiento, se garantizó un precio de reventa y se instalaron cargadores domésticos a los dueños de cada auto (Ministerio de Energía, s.f.).

³² Hyundai Ioniq EV, Nissan Leaf, Renault Zoe, Renault Kangoo ZE, Citroen Berlingo EV, Peugeot Partner y Peugeot Tepee.

³³ 30 Hyundai Ioniq EV

³⁴ Renault Kangoo ZE

También, aunque ya en vehículos pesados ha habido otras iniciativas públicas y privadas, que, pesar de no ser del segmento en estudio, se mencionarán como referencia:

- El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones generó un nuevo modelo de gestión del sistema Red de buses urbanos que operan en Santiago, que incluye en las licitaciones la exigencia de incorporar algunos buses eléctricos en reemplazo de los diesel, habiendo llegado ya 200 buses para el sistema público de la capital chilena (Ministerio de Energía, 2019).
- Una empresa de transporte interurbano implementó en 2019 por primera vez un bus eléctrico para este tipo de viajes, más específicamente en el tramo Santiago-Rancagua (Ministerio de Energía, 2019).

3.7 Casos de otros países

Se mostrarán detalladamente los casos de 2 países. El primero de ellos es Colombia, debido a que a nivel regional es un país que lleva avances en distintos ámbitos relacionados a la electromovilidad, y en segundo lugar Noruega, que es un país donde los incentivos han traído como consecuencia que sea el país con mayor proporción de ventas de eléctricos respecto al total en el mundo.

3.7.1 Colombia

Es el país latinoamericano con mayores ventas de eléctricos al año 2019 con 923 vehículos vendidos, casi el triple que en Chile, en un mercado de ventas similares en magnitud al chileno. A modo de contextualización del mercado automotriz de ese país, las ventas tienen montos algo más bajos que el mercado chileno, rondando entre las 250.000 y las 300.000 unidades los últimos años, y si se toma en cuenta como referencia el top 10 de

modelos vendidos que totalizan cerca de 93.000 unidades, su valor medio ponderado es de USD 12.806³⁵. En cuanto a la electromovilidad en este país en 2019 los precios de los autos eléctricos disponibles a la venta partían en los \$39.990.000 del Renault Twizy, el cual fue el vehículo de este segmento más vendido y que posee 90 km. de autonomía, hasta los \$164.000.000 del BMW i3, que cuenta con 300 km. de autonomía, todo lo anterior en pesos colombianos, por cierto. Respecto a los precios medios, se hizo el mismo ejercicio que para el caso del total general calculando el promedio ponderado de los 5 vehículos más vendidos EV y PHEV para el año 2019 y el primer semestre de 2020, obteniéndose los precios que se muestran a continuación:

Tabla 13: Precios medios ponderados en Colombia de autos PHEV y EV y representatividad

Año	Precio medio	% del total mercado EV y PHEV
2019	USD 36420	54%
2020	USD 44794	45%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANDEMOS y de diferentes automotoras colombianas³⁶

Pasando al ámbito de las medidas, han sido 3 principales las tomadas conforme a la estrategia de la electromovilidad que lleva Colombia y basándose también en las metas acordadas de reducción de emisiones en el acuerdo de Paris. En 2017 se comenzó con los primeros dos paquetes de acciones, las que surgen a partir de la reforma tributaria redactada el año anterior y del decreto 1116 del mismo 2017 donde se establecen los primeros beneficios e incentivos económicos para autos híbridos y eléctricos:

³⁵ Precios consultados el 13 de julio de 2020 en páginas web de Renault, Mazda y carroya.com aplicando reducción de inflación de 2020 para dejarlos al nivel de precios de 2019, y con tipo de cambio a dólar del mismo día.

³⁶ Precios consultados el 13 de julio de 2020 principalmente en la página web de autocosmos Colombia y otras que aparecen en referencias, para los cuales en los de 2019 se aplicó la reducción de precio por la inflación acumulada de enero a junio de 2020 y con tipo de cambio al 13 de julio.

- Se establece un arancel de 0% para la importación de vehículos eléctricos (a diferencia del resto, que pagan un 35% según su país de origen y en caso de que haya TLC³⁷ un porcentaje mayor a 5%, pero menor a 35%), considerando progresivamente más unidades en cada año, quedando de la siguiente manera (Decreto N°1116, 2017):
 - 1500 unidades para 2017, 2018 y 2019
 - 2300 unidades para 2020, 2021, 2022
 - 3000 unidades desde 2023 hasta 2027
- Se establece un arancel del 5% para la importación de vehículos híbridos, considerando las mismas cantidades mencionadas para eléctricos, de manera progresiva, variando año a año y con los mismos plazos (Decreto N°1116, 2017)
- El IVA aplicado a los vehículos eléctricos e híbridos será de 5% (Artículo 468-1 Ley N°1819, 2016), esto a diferencia del 19% aplicado al resto de los automóviles.

A partir del 2019 ha tomado una serie de medidas impulsadas por la ley 1964 de 2019 firmada por el gobierno (Ley N°1964, 2019), las que son un complemento a la anterior, mejorando principalmente las condiciones de operación de estos vehículos.

- Las tarifas aplicables correspondientes al impuesto sobre vehículos motores no podrán superar en ningún caso el 1% del valor comercial del vehículo (Ley N°1964, 2019). Esto a diferencia del resto de los vehículos donde este impuesto varía entre el 1,5% y el 3,5% subiendo de manera progresiva en relación directa al precio.
- Se establece un descuento en el valor de la revisión técnico-mecánica de los vehículos eléctricos (Ley N°1964, 2019).

³⁷ Tratado de Libre Comercio

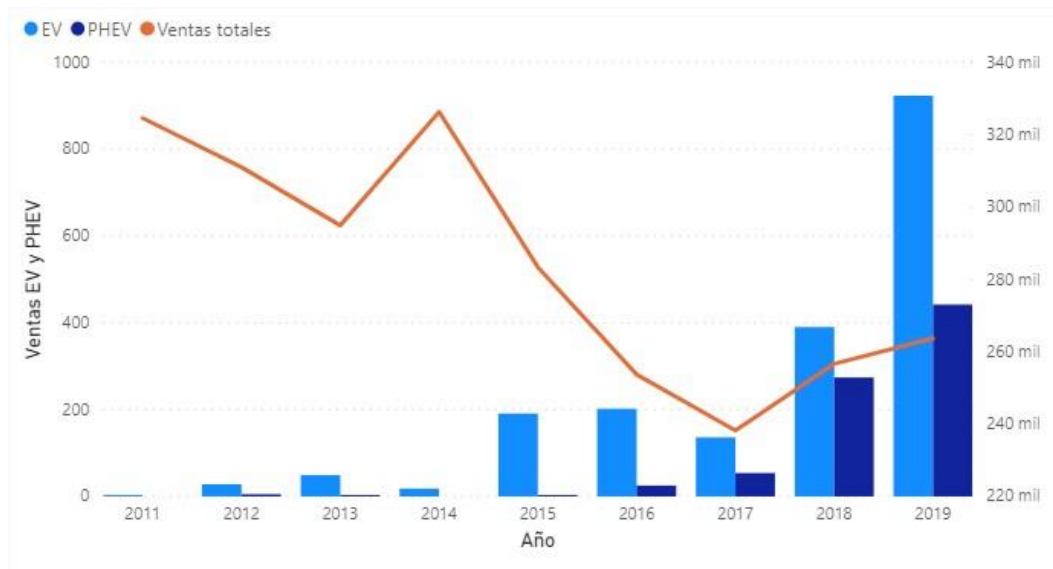
- Las primas de los seguros obligatorios de accidente de tránsito (SOAT) tendrán un 10% de descuento por parte de las compañías aseguradoras (Ley N°1964, 2019).
- Vehículos eléctricos y cero emisiones estarán exentos de medidas de restricción vehicular en cualquiera de las modalidades dispuestas, exceptuando el caso de las que sean establecidas por razones de seguridad (Ley N°1964, 2019).
- Entidades territoriales podrán impulsar la electromovilidad con incentivos como descuento sobre el registro o impuesto vehicular, tarifas diferenciadas en estacionamientos o exenciones tributarias (Ley N°1964, 2019).
- Los establecimientos comerciales y recintos estatales que ofrezcan estacionamientos al público deberán destinar como mínimo un 2% de estos a vehículos eléctricos. (Ley N°1964, 2019).
- A partir de 2025, los vehículos que se compren o sean contratados para uso, ya sea estatales y también para muchos de los municipios, deberán ser en un 30% como mínimo automóviles eléctricos (Ley N°1964, 2019).
- En 2022 cada municipio de categoría especial, exceptuando Buenaventura y Tumaco, deberán tener al menos 5 estaciones de carga rápida, y Bogotá 20 de las mismas (Ley N°1964, 2019).
- Cualquier edificio o centro comercial nuevo que sea construido debe contar con un centro de carga para autos eléctricos (Ley N°1964, 2019).
- Algunos puntos de carga son gratuitos para el usuario (Asociación gremial de Vehículos eléctricos de Chile, 2019).

Por último, otra acción que se realizará con relación a este tema y ya en el ámbito privado, pero de suma importancia, tiene que ver con una red de carga comprometida por la compañía

Terpel en sus estaciones, de manera de generar conexión en las principales carreteras del país.

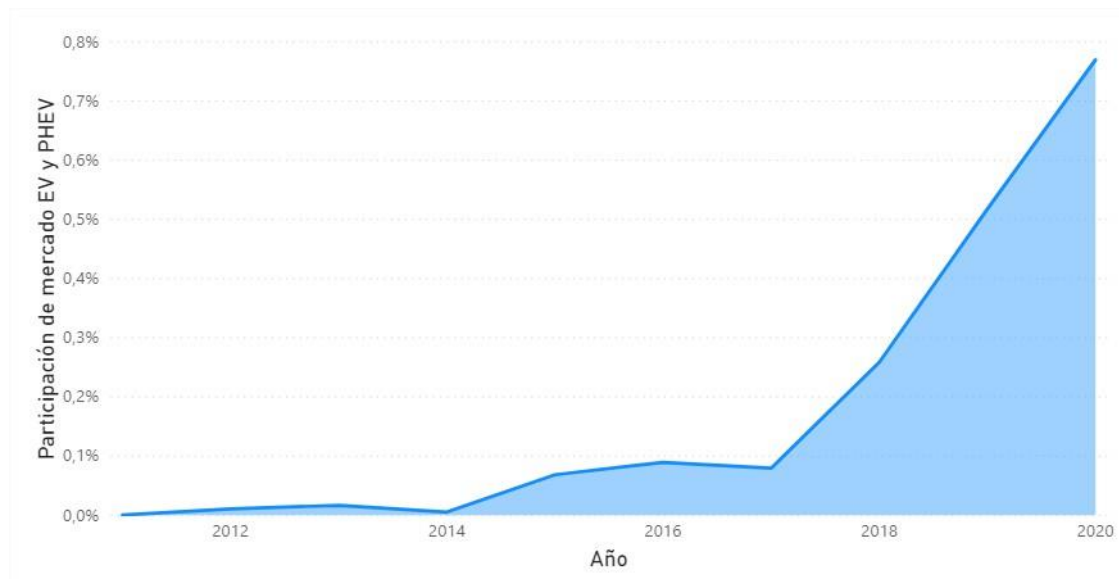
Teniendo en cuenta los anteriores incentivos, a continuación, se presenta el gráfico en el cual se muestran las ventas totales anuales de ecológicos por tipo de motorización, ya sea EV y PHEV, números que aparecen en el eje Y izquierdo, y por el lado derecho se ven los montos asociados a las ventas anuales de automóviles sin importar tipo de combustible, evolución que se va mostrando con la línea de ventas totales. Se puede observar una tendencia leve al aumento proporcional de vehículos ecológicos con relación al total entre el 2012 y el 2016 del 0,01% al 0,11%, y que cayó en 2017 a 0,08% coincidente también con una baja en la magnitud total de las ventas, y que también es el año donde comenzaron a regir las primeras medidas que incluían incentivos a híbridos y eléctricos. De aquí en adelante, y como se aprecia claramente en el *Gráfico 20* hay un aumento continuo en las proporciones sobrepasando el 0,5% del total de ventas en el mercado el 2019, año en el que comienzan a regir todos los demás beneficios que se mencionaron, y en 2020, considerando hasta mayo que es el dato disponible, a pesar de la baja en la magnitud de las ventas debido a la pandemia del COVID-19, la participación de mercado de vehículos PHEV y EV sigue aumentando con un 0,77% del total de venta, correspondiendo este porcentaje en su mayoría a EV.

Gráfico 19: Ventas anuales de vehículos EV y PHEV respecto a las ventas totales del mercado



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANDEMOS

Gráfico 20: Participación de mercado de vehículos EV y PHEV por año en Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en datos de ANDEMOS

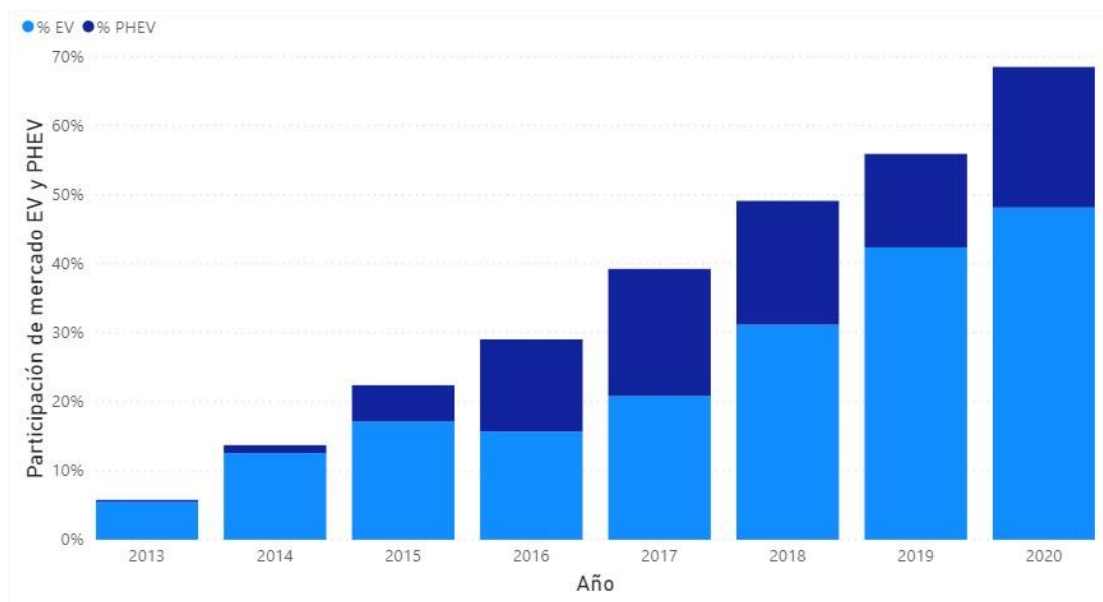
En cuanto al parque vehicular, a fines del año 2019 era de algo más de 6 millones en total, y de estos 804 PHEV y 1938 EV (ANDEMOS, 2019), por lo cual aún el porcentaje es de menos de 0,1% del total. Sumando los vehículos vendidos a la fecha en 2020, el parque actual de PHEV y EV es de 977 y 2230 respectivamente (ANDEMOS, 2020).

Por último, cabe mencionar que los datos del parque vehicular y de ventas presentados para Colombia hacen referencia a vehículos que en Chile serían livianos, medianos y pesados, ante la imposibilidad de encontrar una equivalencia exacta que excluyera a los pesados de esta medición, y donde de todas maneras se muestra la tendencia general de los livianos y medianos al ser estos el componente mayoritario de ventas y del parque automotor.

3.7.2 Noruega

Es el país con mayores ventas de eléctricos en cuanto a proporción del total en la Unión Europea y a nivel mundial, correspondiendo estas a un 42,4% del total de las ventas en 2019 (OFV, 2020) con una tendencia clara al alza en los últimos años tal como se muestra en el gráfico, y también muy por encima del segundo lugar que corresponde a Países Bajos con un 13%, y al resto de los países del mundo, en donde ninguno está por sobre el 5% como se puede ver en el *Anexo 8*.

Gráfico 21: Participación de mercado de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en Noruega



Fuente: Elaboración propia con base en datos de OFV

Siguiendo con el análisis del mercado automotriz noruego se puede ver del top 10 de autos más vendidos a nivel general en 2019 y 2020, que, 8 de los 10 modelos en cada ranking son híbridos o eléctricos, y de los restantes, uno tiene una versión eléctrica menos costosa que la versión bencinera que es el caso del Volkswagen Golf. En la *Tabla 14* se aprecian los precios medios de los autos más vendidos en cada período, presentándose una gran diferencia con los mercados chileno y colombiano con medias superiores a los USD 40.000, y con un mercado menos concentrado que estos si lo llevamos al ámbito de los híbridos y eléctricos, lo que se debe a una mayor oferta de este tipo de vehículos en Noruega.

Tabla 14: Precio medio de los 10 vehículos más vendidos en Noruega y proporción del total del mercado

Año	Precio medio	% del total
2019	USD 41.948	43%
2020	USD 43.936	39%

Fuente: Elaboración propia con base en distintas automotoras noruegas³⁸.

El mercado de eléctricos en este país tiene una oferta amplia en comparación a otros países y, relacionada a la suma de políticas que operan tanto castigando a los automóviles que funcionan con combustibles convencionales como favoreciendo a los eléctricos. Esto ha permitido una importante penetración de mercado de este tipo de vehículos como también de los híbridos enchufables.

Las siguientes medidas se han tomado en las últimas 3 décadas en el marco de un plan que tiene como objetivo final que el 100% de las ventas al 2025 sea de eléctricos (Asociación noruega de automóviles eléctricos, s.f.):

³⁸ Información de precios extraída el 14 de julio de 2020 de Volkswagen, Hyundai, Nissan, Mitsubishi, Skoda, Volvo, Audi, Toyota y BMW que aparecen en referencias. Además, se usó tipo de cambio al 14 de julio de 2020 y para 2019 del 31 de diciembre de ese año, aplicando reducción de la inflación acumulada hasta julio en precios de 2019.

- Exención de pago del IVA del 25% que paga el resto de los vehículos (desde 2001 a la fecha).
- No se aplica impuesto a la venta ni de importación (desde 1990 a la fecha).
- No pago del impuesto anual que pagan todos los vehículos (desde 1996 a la fecha).
- Estacionamientos municipales gratuitos (1999-2017).
- Cobro de estacionamientos no puede superar el 50% del precio que pagan autos convencionales (desde 2018 a la fecha).
- Está permitida la circulación de estos autos por vías exclusivas de buses (desde 2005 a la fecha).
- El peaje de las carreteras y las conexiones por ferry son gratuitas (1997-2017).
- Se paga un máximo del 50% en las conexiones por ferry (desde 2018 a la fecha).
- Máximo de 50% de pago en peajes de autopistas (2018).
- Reducción de un 50% de los impuestos para los automóviles comprados por empresas (2000-2018).
- Impuesto a los automóviles comprados por empresas reducido a 40% (desde 2018 a la fecha).
- No pago del 25% de IVA en leasing de eléctricos (2015).
- Compensación fiscal por la conversión de vehículos del tipo van, pasando de motor de combustión interna a eléctricos (2018).
- Permiso para poseedores de licencia de conducir de clase B para manejar vans eléctricas clase C1 de hasta 4250 kg. (2019).
- Carga gratuita en un gran número de estaciones de carga públicas que existen a lo largo del país.

Como fue mencionado, también hay medidas que castigan la compra de vehículos bencineros y diesel, como, por ejemplo, el impuesto a la compra, que se calcula en base a una fórmula que combina las emisiones de CO₂, NO_x y el peso vehicular, todos estos de forma progresiva (Asociación noruega de automóviles eléctricos, s.f.). En los últimos años gradualmente el impuesto a las compras se ha ido ajustando de manera de enfocarse más en las emisiones que en el peso.

Así con todas estas medidas y con una carga impositiva mayor para los vehículos con motor a combustión interna, se tiene que en múltiples ocasiones automóviles bencineros o diesel que tienen un coste de importación mucho más bajo que su similar eléctrico, terminan teniendo un precio de venta similar o incluso mayor que el mismo modelo en versión eléctrica. Esto se ejemplifica en la siguiente *Tabla 15* con el desglose de costos que determina el precio final del Volkswagen Golf, en sus versiones diesel y eléctrica (denominado e-Golf), partiendo con un Golf convencional a cerca de 11.000 euros menos y terminando con un e-Golf que cuesta aproximadamente 800 euros menos.

Tabla 15: Desglose de costos de un mismo modelo en su versión bencinera y eléctrica

Ítem	Volkswagen Golf		Volkswagen e-Golf	
Precio de importación	€	22.046	€	33.037
Impuesto al CO ₂	€	4.348	€	-
Impuesto al NO _x	€	206	€	-
Impuesto al peso	€	1.715	€	-
Tarifa de bodega	€	249	€	249
IVA (25%)	€	5.512	€	-
Precio de venta	€	34.076	€	33.286

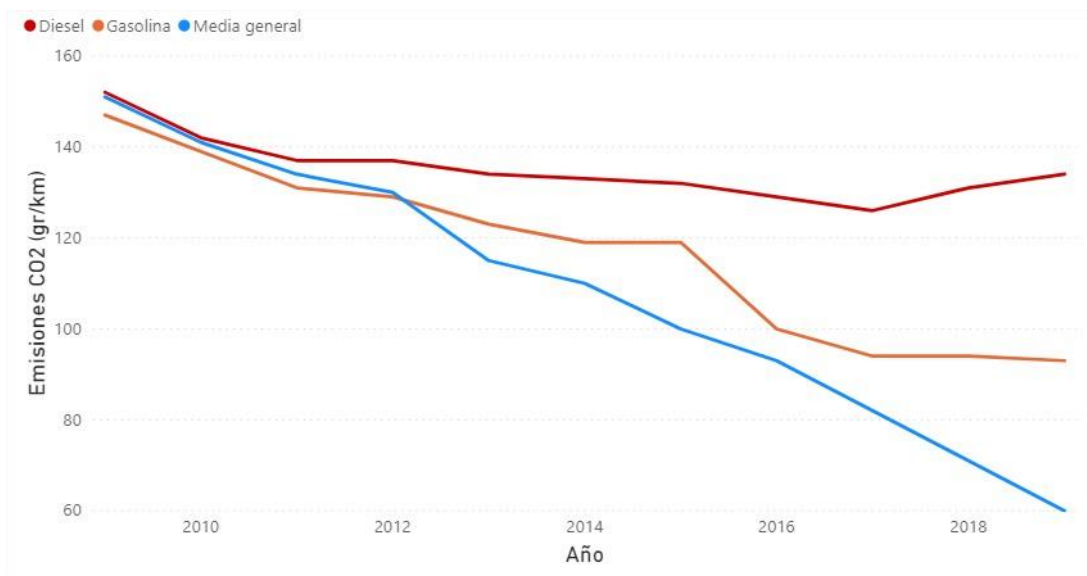
Fuente: Elaboración propia con base en datos de OFV

Otro punto que es importante recalcar, y que no tiene relación con el estado directamente es que se realizó un importante esfuerzo de marketing de parte de los propios

importadores de vehículos, lo que entonces implica un esfuerzo público-privado con el fin de conseguir la meta mencionada con anterioridad de ventas.

Todo este paquete de medidas que se han ido ejecutando en el tiempo ha traído como ya se mostró un alza en las ventas de eléctricos e híbridos, y esto trae como consecuencia una baja en las emisiones medias de los autos nuevos, de manera que cada vez el parque vehicular del país emita menos gases de efecto invernadero al aire. En el siguiente gráfico se aprecia la evolución desde el 2013 al 2019 de las emisiones medias de CO₂.

Gráfico 22: Emisiones de CO₂ medias de autos nuevos vendidos en Noruega

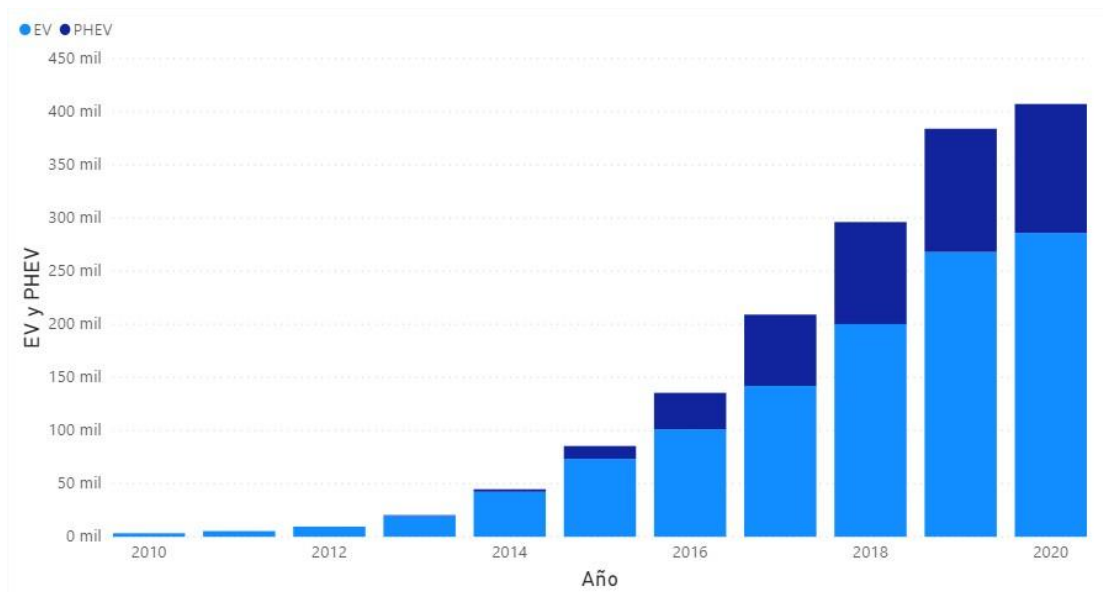


Fuente: Elaboración propia en base a datos de OFV

Por último, es necesario mencionar que la exención de IVA se mantendrá vigente hasta finales de 2020. Además de esto, los beneficios vigentes mencionados con anterioridad se mantendrán hasta finales de 2021 (Asociación noruega de automóviles eléctricos, s.f.). Después de 2021, los incentivos serán revisados, siendo estos ajustados principalmente en base al comportamiento del mercado de los eléctricos.

Otro aspecto importante de mencionar es el parque vehicular de autos en Noruega y su evolución con el transcurso de los años según tipo de combustible. Esto tiene correlación con la composición de las ventas de los últimos años mostrada anteriormente y, teniendo en cuenta que el inicio de la década del 2010 es la fecha que se menciona como punto de inflexión en ventas de EV y PHEV, esto debido al impacto que generaron en las ventas de eléctricos los lanzamientos del Mitsubishi i-Miev y el Nissan Leaf (Haugneland, Lorentzen, Bu, & Hauge, 2017), se mostrará en el *Gráfico 23* la evolución del parque de estos vehículos durante toda esta década. Así, se ve que en 2013 aparecen los primeros PHEV, y que los EV llegaron a los 100.000 en 2015 para seguir con un crecimiento continuo en los últimos años al igual que los PHEV, pero en menor magnitud, tal y como se aprecia en el gráfico. Los datos presentados en 2020 consideran hasta el 31 de marzo del mismo año.

Gráfico 23: Parque vehicular de eléctricos e híbridos enchufables en Noruega

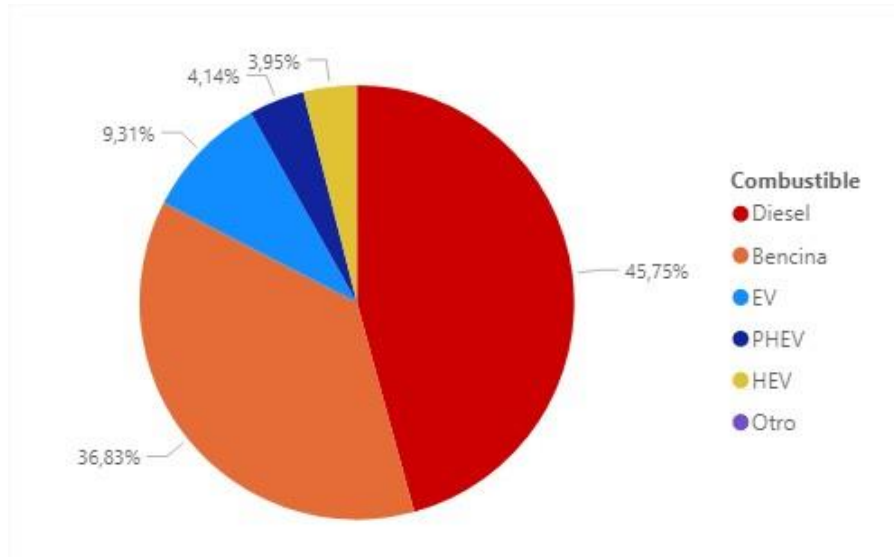


Fuente: Elaboración propia con base en datos de (Asociación Noruega de automóviles eléctricos, 2020)

De esta manera, la composición del parque vehicular según tipo de combustibles al finalizar el 2019, sigue siendo mayoritariamente de autos movidos con combustibles convencionales

con algo más del 80%, pero con un aumento importante de los eléctricos y PHEV, los que pasaron desde un 3,66% y 1,29% en 2016 a un 9,3% y 4,1% respectivamente 3 años después (Asociación Noruega de automóviles eléctricos, 2020), esto al mismo tiempo que las ventas de eléctricos pasaban de un 15% a un 42% del total.

Gráfico 24: Parque vehicular por tipo de combustible al 31 de diciembre de 2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos de (Asociación Noruega de automóviles eléctricos, 2020)

3.8 Difusión de las tecnologías

Al ser los vehículos eléctricos e híbridos enchufables una tecnología relativamente nueva en el mercado de los automóviles es adecuado decir que su comportamiento se ajustará al de un modelo de difusión de tecnologías. De esta manera, se utilizará como base el modelo de difusión de tecnologías de Bass (Bass, A new product growth for model consumer durables, 1969) con algunas modificaciones, que serán detalladas en el capítulo siguiente, de forma tal que sea adecuado para el presente estudio.

Antes de pasar a explicar el modelo mencionado en el párrafo anterior, se hace necesario mencionar brevemente la teoría de la adopción y la difusión de Rogers (Urbizabastegui-Alvarado, 2019). El autor clasifica a las personas según su toma de decisiones respecto a la adopción de nuevos productos, teniendo así 5 tipos de consumidor:

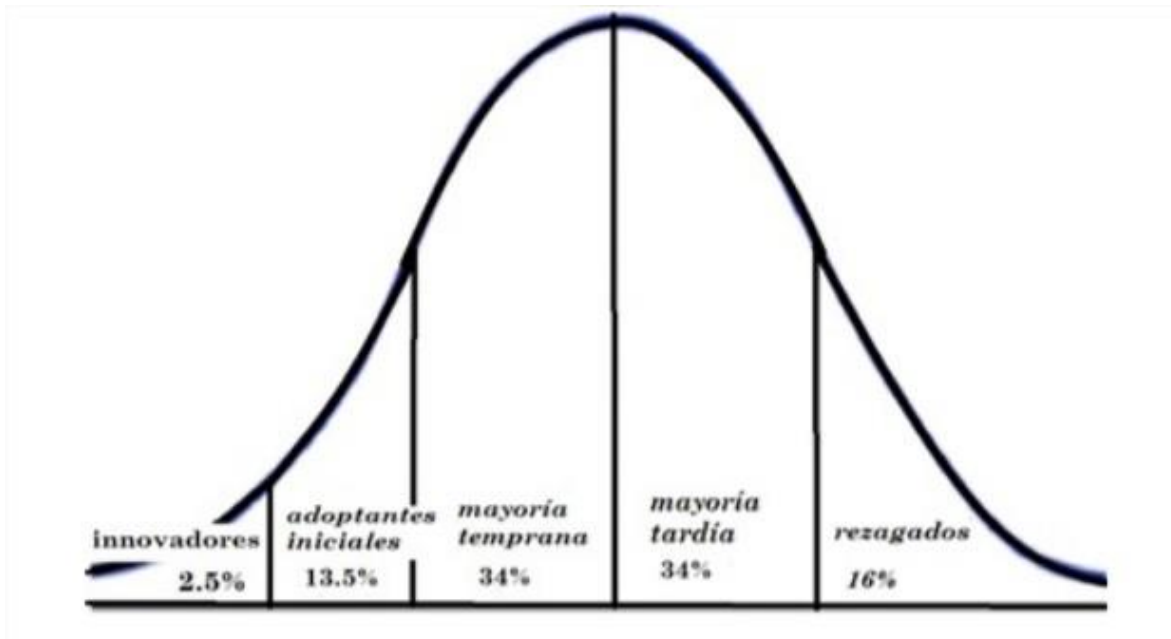
- *Innovadores*: Son personas que por lo general no tienen problemas en asumir riesgos, imaginativos y creativos, quienes buscan nuevas maneras de enfrentar los problemas. Hablan sobre lo que descubren, pero no son los mejores a la hora de hacer masiva esta difusión, siendo así parte de como máximo el 2,5% de la población objetivo del producto (Urbizabastegui-Alvarado, 2019).
- *Adoptantes iniciales*: Son líderes de opinión que gustan de probar nuevas ideas y/o productos pero que, a diferencia de los anteriores, son más cautelosos, definiendo de manera objetiva la conveniencia de estos para ellos. Si un bien innovador llega a ser ventajoso para este segmento, ellos lo difundirán mostrando el éxito, haciendo que su fama se masifique y así se produzca un alza acelerada de las ventas de este. Generalmente cuentan con varios contactos y están muy informados. Corresponden aproximadamente al 13,5% de la población objetivo del producto (Urbizabastegui-Alvarado, 2019).
- *Mayoría temprana*: Este segmento necesita la seguridad de líderes de opinión que, por decirlo de alguna manera, hayan “aprobado” el producto, siendo así seguidores influenciables, pero cautelosos ante innovaciones desconocidas. Son personas que buscan la simplicidad, en las que es importante la comunicación para hacerles llegar el producto. Una vez que se dan cuenta de

que hay beneficios en este, están dispuestos a verificar ellos mismos los casos de éxito, ver algo de información al respecto y probarlos para no quedarse sin la utilidad que reporta el producto para el usuario. Aquí el producto deja de ser una novedad y se empieza a volver algo normal. Este segmento corresponde aproximadamente al 34% de la población objetivo del producto (Urbizabastegui-Alvarado, 2019).

- *Mayoría tardía*: En este segmento se presenta aversión al riesgo y las personas son relativamente conservadoras ante lo nuevo. Solamente culminan adoptando las tecnologías para no quedar atrás y/o porque no les queda más opción. Este segmento corresponde aproximadamente al 34% de la población (Urbizabastegui-Alvarado, 2019).
- *Rezagados*: Existe una gran aversión al riesgo, por lo que siempre buscan una excusa con tal de no adoptar la innovación, debido a que muchas veces estas son tan distintas a lo que ellos conocen que desafían a sus paradigmas. Por lo general, corresponden aproximadamente al 16% de la población objetivo (Urbizabastegui-Alvarado, 2019).

Esto, se puede representar gráficamente de la siguiente manera:

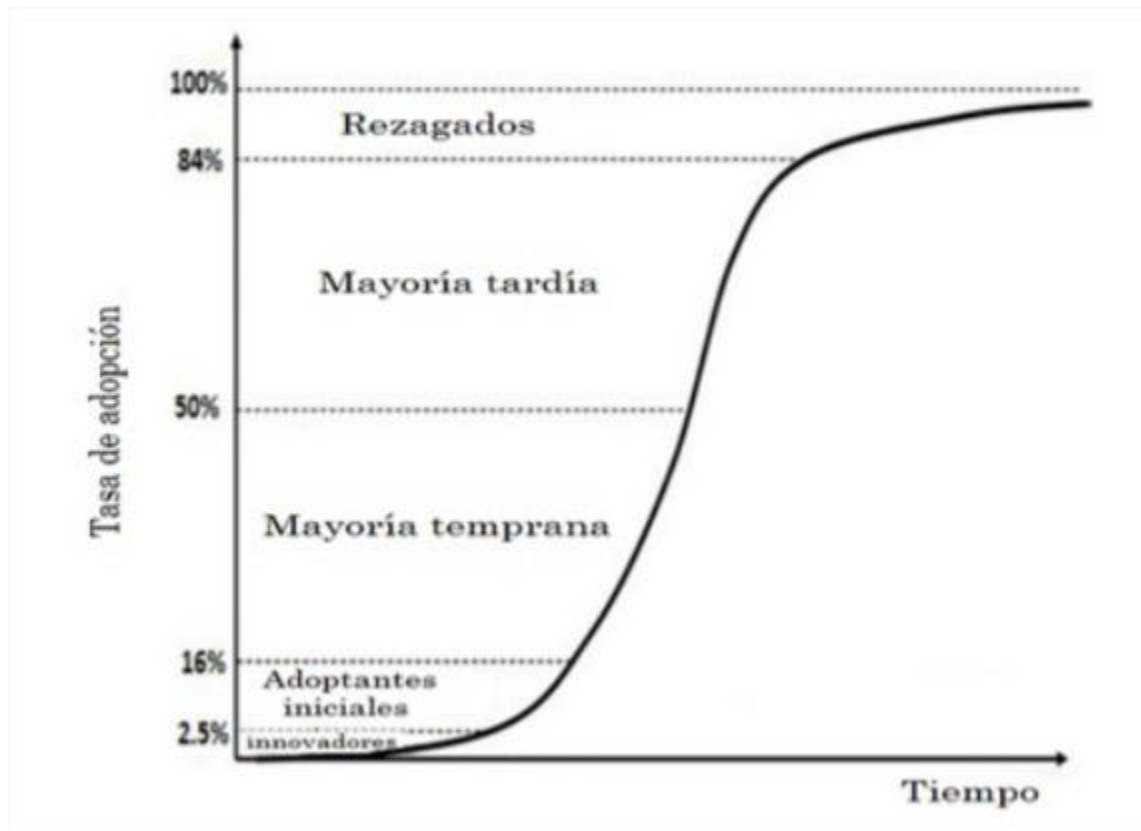
Gráfico 25: Distribución de los adoptantes de una innovación



Fuente: El modelo de difusión de la innovación de Rogers en la bibliometría mexicana (Urbizabastegui-Alvarado, 2019)

Por otro lado, también se puede representar el comportamiento del total de la población que ya se ha acogido la innovación, es decir, de los adoptantes acumulados en un periodo de tiempo determinado, lo que gráficamente forma la conocida curva S de los procesos de adopción, y que se muestra en la siguiente ilustración:

Gráfico 26: Curva S de adopción acumulada de innovaciones



Fuente: El modelo de difusión de innovaciones de Rogers en la bibliometría mexicana (Urbizabastegui-Alvarado, 2019).

Así Bass, tomando en consideración esta teoría de Rogers, formula una expresión matemática buscando explicar el comportamiento en el mercado de las innovaciones.

3.8.1 Modelo de Bass

Tomando en cuenta entonces el principio del modelo anterior, que como comenta el mismo Bass en un paper más reciente (Bass, Comments on " A new product growth for model consumer durables", 2004), aparte de los innovadores, el resto de los adoptantes en el tiempo se puede decir que están influenciados por un grado de imitación, derivado de la presión social, se formula un modelo matemático. Así, el autor ve que se cumple una relación lineal entre la probabilidad de compra por primera vez de una innovación en el tiempo t y el número de adoptantes previos, teniendo un intercepto en el llamado coeficiente de innovación. Esto

se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera (Bass, A new product growth for model consumer durables, 1969):

Ecuación 2

$$P(t) = p + \frac{q}{m} * Y(t)$$

Donde se tiene:

- $P(t)$: Probabilidad de adopción por primera vez de una innovación en t
- p : Coeficiente de innovación
- q : Coeficiente de imitación
- m : Tamaño total del mercado al que se dirige la innovación
- $Y(t)$: Numero de adoptantes hasta t
- $\frac{q}{m}$: División que cuantifica la presión social sobre quienes aún no han adoptado la innovación.

Teniendo en consideración que $f(t)$ es la probabilidad de adopción de la innovación en t , se tiene que:

Ecuación 3

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt, \text{ con } F(0) = 0$$

Donde este $F(t)$ corresponde a la tasa de adopción por primera vez de una adopción hasta el período t . Esto también se puede expresar de la siguiente manera:

Ecuación 4

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)*(t-t_0)}}{1 + \frac{q}{p} * e^{-(p+q)*(t-t_0)}}$$

Además, la tasa de adopción se puede escribir en función de la adopción como magnitud al momento t , quedando:

Ecuación 5

$$F(t) = \frac{Y(t)}{m}$$

Por otro lado, se define un $S(t)$ correspondiente a las ventas de la innovación en el período t , es decir asociada a $f(t)$, la cual se establece de la siguiente manera:

Ecuación 6

$$S(t) = m * f(t)$$

Así finalmente se llega a la expresión más conocida del modelo de Bass:

Ecuación 7: Modelo de Bass

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + q * F(t)$$

Luego, se tiene que $f(t)$ como ya se mencionó corresponde a la probabilidad en t de adoptar la innovación, esto significa entonces que sigue un comportamiento de función de distribución normal en el tiempo, siendo esta variable equivalente a lo expresado en el gráfico de *Gráfico 25* mostrado con anterioridad. Por último, $F(t)$ corresponde como se puede apreciar en la *Ecuación 3*, al porcentaje del total que ya ha adquirido la innovación, que se puede denominar también como tasa de adopción de la innovación al período t , la cual se aprecia gráficamente como la curva S de adopción acumulada de las innovaciones mostrada también anteriormente en el *Gráfico 26*.

4 Metodología

En resumen, lo que se intenta realizar es determinar el beneficio social anual de ir sustituyendo de manera progresiva del parque vehicular nacional los automóviles livianos y medianos a combustión interna a partir del otorgamiento de un subsidio o de un impuesto negativo y en contraparte los costos que implica para el estado realizar esto, para así determinar la factibilidad de aplicar algún incentivo económico a la compra de autos eléctricos y/o híbridos enchufables. Para esto se procederá con los siguientes pasos.

4.1 Pronóstico de ventas de autos a futuro

En primer lugar, se debe obtener la magnitud de las ventas anuales a futuro. A fin de esto, se hará uso de una ecuación utilizada en un estudio anterior³⁹, para lo que se procederá a definir las variables y subíndices, para posteriormente mostrar la ecuación propiamente tal.

- V_t : Ventas de vehículos livianos y medianos en el año t.
- C_t^{PIB} : Tasa de crecimiento en el año t del PIB, medido en porcentajes.
- C_t^P : Tasa de crecimiento en el año t del precio de los automóviles, medido en porcentajes.
- β_{PIB} : Elasticidad del ingreso
- β_P : Elasticidad precio demanda del mercado automotriz en Chile.

Ecuación 8: Ventas a futuro de vehículos livianos y medianos en Chile

$$V_t = V_{t-1} * (1 + C_t^{PIB} * \beta_{PIB} + C_t^P * \beta_P)$$

Teniendo en cuenta que esta ecuación considera puntos principalmente económicos y no todas las alteraciones que han provocado las diferentes distorsiones del mercado que

³⁹ Electromovilidad: Proyecciones y propuestas para avanzar (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2018)

han ocurrido el 2020 a consecuencia de la pandemia del COVID-19, se ocuparán las ventas de 2019 como base para predecir el futuro, es decir como el $t - 1$ inicial, dejando el resultado de 2020 solo para efectos de este cálculo, y tomando en cuenta los resultados de esta ecuación a partir del año 2021 en adelante, suponiendo que el mercado de los automóviles tenderá a normalizarse a futuro, lo que es refutado también con los resultados de ventas de los últimos meses⁴⁰, en donde el mercado recupera números similares a los que se venían teniendo antes de la pandemia y el estallido social. Además, para otros efectos de cálculo, las ventas del 2020 se considerarán en 250.000 unidades de vehículos livianos y medianos⁴¹.

En lo referido a la obtención de estos datos, para las distintas variables, estos provienen de distintas fuentes y en algunos casos utilizando supuestos que se detallarán. En el caso de los valores de las elasticidades de ingreso y precio de la demanda del mercado automotriz en Chile, estas se extrajeron del mismo estudio de donde se obtuvo la *Ecuación 8: Ventas a futuro de vehículos livianos y medianos en Chile*, y los valores son los siguientes:

$$\beta_{PIB} = 1,67$$

$$\beta_P = -1,82$$

En tanto, para la tasa de crecimiento del PIB, considerando la contingencia que se vive actualmente a causa de la pandemia del COVID-19, se ocupará información de septiembre de 2020 de la encuesta de expectativas económicas que realiza el banco central⁴² mensualmente, y en donde se presenta información y proyecciones socioeconómicas del país.

⁴⁰ Las ventas de octubre de 2020 fueron las más altas desde septiembre de 2019, con más de 36.000 unidades vendidas de vehículos livianos y medianos.

⁴¹ Basado en el monto de ventas acumulado hasta octubre de 2020 (ANAC, 2020).

⁴² Encuesta de expectativas económicas (EEE): Es una encuesta mensual que se realiza a un grupo de académicos, consultores y ejecutivos o asesores de instituciones financieras, la cual entrega información de expectativas de distintas variables macroeconómicas (Banco Central, 2020).

En la encuesta se presentan 3 escenarios: pesimista, esperado y optimista. Para fines del presente estudio se considerará información del escenario económico esperado, que es la siguiente:

- Esperado: Se ocupa la mediana de los datos presentados por la encuesta para 2020, 2021 y 2022.

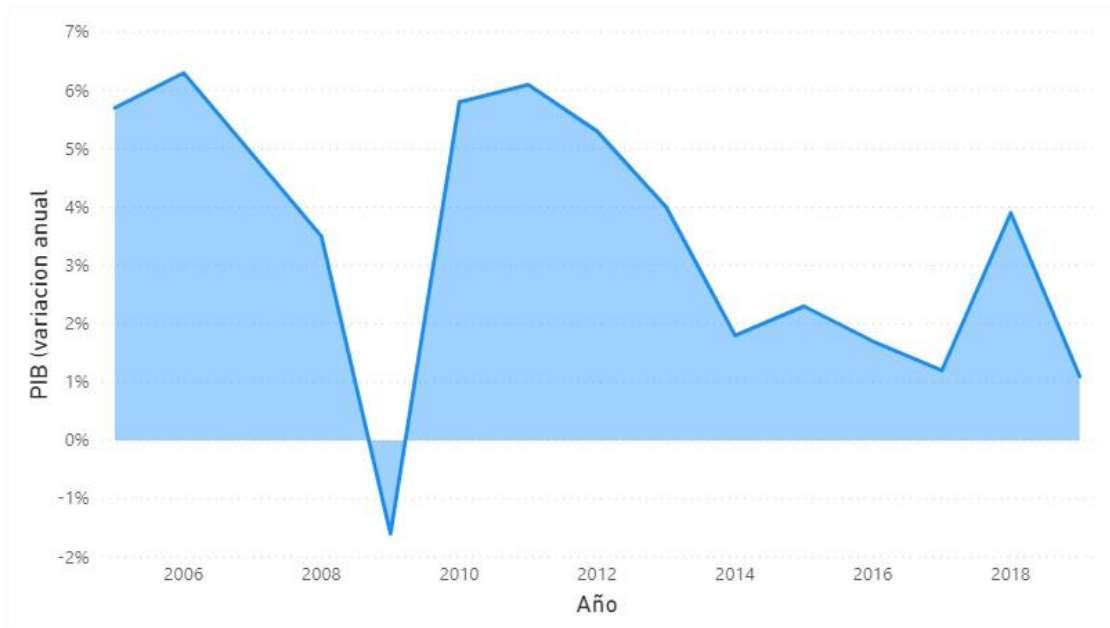
Tabla 16: Escenario de crecimiento económico esperado en el corto plazo

Año	Crecimiento PIB
2020	-5,5%
2021	4,5%
2022	3,0%

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Central (Banco Central, 2020).

Considerando que el horizonte en el que se buscan estimar las ventas anuales son 25 años, y este escenario solo brinda información hasta 2022, se tiene que buscar un supuesto adecuado de crecimiento futuro. Para contextualizar esto, a continuación, se muestra un gráfico con el crecimiento anual del PIB entre 2005 y 2019, de manera de poder apreciar las tendencias de la economía nacional.

Gráfico 27: Evolución anual del PIB en Chile



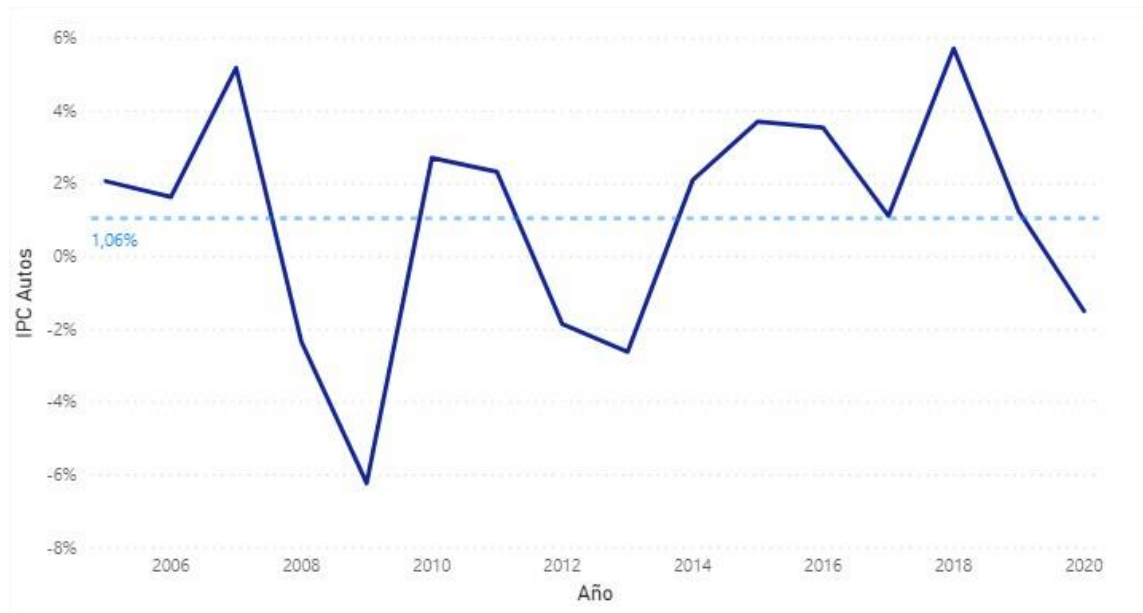
Fuente: Expansión, datos macro (Expansión, 2020)

Así, se puede apreciar que el comportamiento de la economía antes de la pandemia venía con una tendencia decreciente, por lo que el promedio no sería un buen indicador para mostrar las tendencias de crecimiento futuro basados en el pasado. Entonces, para los datos desde el 2023 y hasta que se cumpla el horizonte de 25 años de evaluación se ocupará el dato de estimaciones de crecimiento medio para la década del 2020 que se tenían pre-pandemia, el cual es de un 2,5% anual (EMOL, 2019).

Por último, el valor de la tasa de crecimiento anual del precio de los automóviles se obtiene a partir del IPC de automóviles promedio de los últimos 15 años⁴³. Para ilustrar cómo ha evolucionado esto con el paso de los años, se muestra este indicador con respecto al tiempo en el siguiente gráfico.

⁴³ Obtenida desde el INE

Gráfico 28: Variación anual del IPC automotriz período 2005-2020



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE

De esta manera, se tiene que el promedio anual del IPC automotriz ha variado en un 1,06% en los últimos 15 años, dato que se ocupará como variación anual hasta 2045.

Finalmente, una vez se tienen los valores de las ventas de vehículos livianos y medianos calculadas en el horizonte de 25 años, se procede a analizar y utilizar los resultados históricos de participación de mercado de autos (pasajeros y SUV) y comerciales (camionetas y otros comerciales) que se mostraron en el *Gráfico 2*, donde a partir de este se establece un supuesto de que a futuro se mantendrá un comportamiento similar en las proporciones con un 75% de las ventas anuales correspondientes a autos y un 25% a comerciales livianos para calcular el total de ventas de cada categoría por período. Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$V_j^t = V_t * PM_j$$

Con:

- V_j^t : Ventas de la categoría j en el año t .
- V_t : Ventas de vehículos livianos y medianos en el año t .
- PM_j : Participación de mercado de la categoría j (constante para cada categoría en todos los periodos).

Cabe recalcar que dentro de este 75% mencionado para los autos, se encuentran los taxis, en los que se definió que las ventas anuales de estos serían constantes estableciéndose en 15.100 unidades por período anual. Además, se tiene que la categoría autos ICE gama alta, que es la usada como referencia para los PHEV, donde estos últimos podrían sustituirlos a futuro, se consideraron datos históricos de ventas de marcas de vehículos de gama alta o que vendieran PHEV en la actualidad como mercado que podrían cubrir, correspondiendo a un 6% aproximadamente. Los supuestos de PM_j se resumen a continuación:

Tabla 17: Supuesto participación de mercado por categoría a futuro en las ventas anuales

Categoría	Participación de mercado / cantidad
Autos	69% - Taxis
Autos gama alta	6%
Taxis	15100 unidades
Comerciales livianos	25%

Fuente: Elaboración propia

Con estas proporciones y cantidades, se pueden definir las ventas anuales ya sea multiplicando los porcentajes u operando con sumas algebraicas las cantidades respecto al total de ventas anuales en las categorías taxi, autos, autos gama alta y comerciales, en las cuales se están incluyendo ventas de EV, ICE y PHEV. Así entonces para definir cuanto se vende de cada uno de los 2 tipos de vehículos ecológicos (EV y PHEV) mencionados, se procede con el siguiente ítem.

4.2 Pronóstico de participación de mercado por tipo de combustible y categoría

Una vez se cuente con los datos de ventas futuras para cada categoría y tipo de vehículo, se procede buscando un modelo que determine la participación de mercado futura enfocándose en los vehículos eléctricos e híbridos enchufables en Chile. Para esto se tomará como base un estudio donde se analiza el consumo futuro de la electricidad en Chile (E2BIZ Consultores, 2018), en el cual se genera un modelo para vehículos eléctricos a partir del modelo de Bass para difusión de tecnologías explicado en la sección anterior de este estudio. Antes de mostrarlo, es necesario desglosar aún más el modelo de Bass a modo explicativo, teniendo entonces a partir de la *Ecuación 7* que:

$$f(t) = [p + q * F(t)] * [1 - F(t)]$$

Luego:

$$f(t) = p + (q - p) * F(t) + (-q) * F^2(t)$$

Análogamente, multiplicando la última ecuación por m a ambos costados y sustituyendo valores, tomando en consideración la *Ecuación 5* y *Ecuación 6* la, queda lo siguiente:

$$S(t) = p * m + (q - p) * Y(t) + \left(-\frac{q}{m}\right) * Y^2(t)$$

Lo que finalmente se puede expresar como:

Ecuación 9: Regresión lineal para calcular p y q

$$S(t) = \beta_0 + \beta_1 * Y(t) + \beta_2 * Y^2(t)$$

Donde se tiene que:

- $\beta_0 = p * m$

- $\beta_1 = q - p$
- $\beta_2 = -\frac{q}{m}$

Así, a partir de datos históricos que son tomados desde el 2011 para el caso de los EV y del 2014 de los PHEV y con la *Ecuación 9* se pueden obtener, teóricamente hablando, los respectivos valores de p , q y m para cada caso en Chile. El caso de los automóviles eléctricos fue revisado en un estudio⁴⁴, en el cual se hace un recopilado de diferentes índices obtenidos en otros estudios y un análisis propio del autor de ese artículo para el caso de Alemania, en donde se menciona que el coeficiente de innovación p es sensible al tamaño del mercado m , y no hay un único camino a seguir para obtener los valores de p y q para el mercado que se desee. Se mencionan opciones tales como estimar el p y el q dado un m exógeno a la regresión; ocupar un q exógeno y con este, además de la regresión, calcular los p y m ; y, por otro lado, está la opción utilizar todos los parámetros que son propuestos en la literatura.

Lo que se hizo entonces para el presente estudio con el fin de obtener los parámetros de Bass para cada categoría y tipo de vehículo fue una combinación de lo que dice la literatura, calculando de la regresión lineal de la *Ecuación 9* y cuyos resultados se muestran en los *Anexo 11* y *Anexo 12*, y el ensayo y error en el parámetro q hasta obtener valores para cada categoría y totales de ventas y parque vehicular ad hoc a otros estudios y estimaciones internacionales para Chile. De esta forma, el cálculo se hizo de la siguiente manera para cada tipo de vehículo:

- PHEV: En primer lugar, se buscó obtener un m exógeno a la regresión. Para estimar el tamaño del mercado futuro se consideró el supuesto de que los PHEV

⁴⁴ (Massiani & Gohs, 2015)

continuarán siendo vehículos de lujo y por tanto para ver un estimado del tamaño total de este mercado en el futuro, se analizaron las ventas de marcas que actualmente ofrecen vehículos híbridos recargables y otras de lujo⁴⁵ en Chile a lo largo de los últimos años, para utilizar esta participación como un proxy de las ventas y parque de PHEV del mercado futuro. Esto finalmente corresponde al 6% que es el valor de cuota de mercado de Autos que se tomará como máximo mercado de PHEV y autos ICE gama alta, del cual se definió que un 70% de esto correspondería a PHEV como supuesto. Posterior a esto se calculó el p a partir de este m y de los betas obtenidos en la regresión lineal mostrados en el *Anexo 12* para los autos PHEV, y se tomó un q estimado por el autor de este estudio con el cual se obtuvieron resultados adecuados, considerando también que este mercado posee un mayor grado de innovación por lo que tendrá un mayor grado de participación de mercado en las ventas más temprano que los EV. Se tienen los siguientes valores para los parámetros:

Tabla 18: Valores de parámetros de Bass para vehículos PHEV

Variable	Autos PHEV
P	-0.000023
Q	0,08
M	489861

Fuente: Elaboración propia

- EV: Con la estimación de parque vehicular futuro que se mencionó anteriormente, se obtuvo el m exógeno a la regresión para cada categoría⁴⁶. A partir de esto y

⁴⁵ Se consideraron Mercedes Benz, Audi, Volvo, Land Rover, Porsche BMW, Alfa Romeo, Lexus, Jaguar, Mitsubishi, Bentley, Maserati y "Otros" (Este último, mencionado en cada listado anual de ventas de livianos y medianos).

⁴⁶ En la categoría autos se consideró un 94% del total del parque vehicular futuro, asumiendo que este 6% restante corresponderá al mercado futuro de los PHEV. Además, para los taxis se observa que en los últimos 15 años el parque es de aproximadamente 100.000 vehículos sin ninguna tendencia al alza ni la baja, por lo que se establece ese valor como fijo.

con los betas obtenidos de la regresión lineal mostrados en el *Anexo 11*, se calculó un coeficiente de innovación siguiendo la fórmula que indica Bass utilizando parámetros m obtenidos de la estimación del parque vehicular total por segmento y estableciendo determinados porcentajes meta para cada categoría, los que son un 50% del parque eléctrico para los taxis y un 35% en el caso de los autos y los comerciales. Posteriormente se utiliza un q estimado por el autor de este estudio, tal que se adecúe a los montos de ventas y parque vehicular, y siempre siendo de mayor magnitud en valor absoluto que el p obtenido. Se tienen los siguientes valores para los parámetros:

Tabla 19: Valores parámetros de Bass para vehículos EV

Variable	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV
P	-0.0000429	-0.0000007	-0.0000022
Q	0.05	0.04	0.04
M	50000	3073936	969632

El modelo que se utilizará en este estudio, tal como se mencionó anteriormente, ocupa como base el modelo de Bass, y más específicamente una variable, que es la tasa de adopción, es decir, $F(t)$ pero en una versión modificada que se denominará de aquí en adelante $FX(t)$, que invierte la división $\frac{q}{p}$ del denominador, y que se define de la siguiente manera:

Ecuación 10: Tasa de adopción modificada de Bass

$$FX(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)*(t-t_0)}}{1 + \frac{p}{q} * e^{-(p+q)*(t-t_0)}}$$

A este $FX(t)$ se le añade un factor adicional que fue utilizado en el estudio similar referido párrafos atrás (E2BIZ Consultores, 2018), donde se incluyen más variables propias

del mercado chileno, principalmente asociadas a los costos de operación y mantención inicial de las distintas categorías de los diferentes tipos de vehículos, quedando entonces la expresión que se muestra a continuación:

Ecuación 11: Modelo de pronóstico de participación de mercado EV y PHEV

$$S_{ij}(r, t) = FX_{ij}(t) * M_{ij}(r)$$

Donde se tiene que:

- $S_{ij}(r, t)$: Participación de mercado de vehículos del tipo i de la categoría j en el año t en función del retorno r .
- $FX_{ij}(t)$: Tasa de adopción modificada de Bass al año t de vehículos del tipo i de la categoría j .
- $M_{ij}(r)$: Participación máxima de mercado dado el retorno r .

Y además los subíndices pueden tomar los siguientes valores:

- i : 0 para ICE, 1 para EV y 2 para PHEV.
- j : 1 para vehículos particulares de pasajeros y SUV, 2 para taxis y 3 para otros comerciales livianos.

Luego, la participación máxima de mercado viene dada por otra función (E2BIZ Consultores, 2018) que se detalla a continuación:

Ecuación 12: Participación máxima de mercado

$$M_{ij}(r) = e^{-\alpha * r_{ij}}$$

Donde se tiene que:

- α : Elasticidad o sensibilidad al retorno (payback).

- r_{ij} : Retorno o payback del automóvil del tipo i de categoría j .

Por último, se tiene la función del payback o retorno, que ha sido usado en estudios relacionados a los autos eléctricos como el mismo de donde se obtuvo la ecuación anterior (E2BIZ Consultores, 2018) y el de la agencia de sostenibilidad energética (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2018). Esta toma en consideración las diferencias en los montos de inversión según el tipo de motor que tengan los autos, enfocándose principalmente en las diferencias del costo inicial del vehículo (que en la actualidad es menor en vehículos puramente de combustión interna) y los costos operacionales (que son menores en automóviles eléctricos). Con esto se intenta ver en cuanto tiempo la sumatoria de costos es menor en un vehículo eléctrico o híbrido enchufable según el caso que se evalúe respecto a uno a combustión interna, siendo este el período de recuperación o payback, y considerando también ciertos supuestos relacionados al uso que le dan los propietarios según la categoría del automóvil, los cuales se detallaran con posterioridad. Entonces, la función del payback toma la siguiente forma:

Ecuación 13: Payback

$$r_{ij} = \frac{\Delta I_{ij}}{\Delta V_{ij}}$$

Donde se tiene que:

- ΔI_{ij} : Inversión inicial adicional por adquirir un vehículo del tipo i de la categoría j (esto se hace respecto a un vehículo de combustión interna de similar categoría j).
- ΔV_{ij} : Ahorro los costos operacionales anuales por usar un vehículo del tipo i de categoría j , respecto a otro de la misma categoría j pero con motor convencional a combustión interna.

Para la inversión inicial se consideran 2 variables que son el precio de compra del automóvil y el impuesto verde que paga cada uno, haciendo la diferencia de lo que se paga por un PHEV o EV respecto a la inversión inicial en un vehículo de similar categoría de combustión interna. De esta manera, la ecuación en este caso queda de la siguiente manera:

Ecuación 14: Inversión inicial adicional respecto a un vehículo convencional

$$\Delta I_{ij} = PA_{ij} + IV_{ij} - PA_j - IV_j$$

Donde se tiene que:

- PA_{ij} : Precio del automóvil del tipo i de categoría j.
- IV_{ij} : Impuesto verde del automóvil del tipo i de categoría j.
- PA_j : Precio de un automóvil convencional (combustión interna) de la categoría j.
- IV_j : Impuesto verde de un automóvil de la categoría j.

En cambio, para los costos operacionales anuales se toman en consideración dos factores, que son los costos en combustible y en mantenciones que son de dos de las principales diferencias a la hora de optar o no por un eléctrico o híbrido enchufable respecto a un automóvil de combustión interna. Así, se tiene que estos costos operacionales vienen dados por la siguiente formula:

Ecuación 15: Costos operacionales anuales

$$CO_{ij} = \frac{D_{ij}}{Rend_{ij}} * PC_{ij} + Mant_{ij}$$

Donde se tiene que:

- CO_{ij} : Costos operacionales anuales de un vehículo del tipo i de la categoría j.
- D_{ij} : Distancia recorrida anual por un vehículo del tipo i de la categoría j.

- $Rend_{ij}$: Rendimiento promedio de un vehículo del tipo i de la categoría j .
- PC_{ij} : Precio del combustible utilizado por el vehículo del tipo i de la categoría j .
- $Mant_{ij}$: Costo de las mantenciones de un vehículo del tipo i de la categoría j .

Todo lo anterior requiere conocimiento de algunos datos en el tiempo y además en algunos casos, se necesitan definir supuestos, específicamente para los precios correspondientes a la inversión inicial, la distancia media anual, los precios del combustible usado por cada vehículo, los consumos medios de cada tipo de combustible que ocupe cada categoría automotriz respectiva y los costos de las mantenciones, todo esto para cada tipo de automóvil i de las distintas categorías j . A continuación, se detallará como se definieron los supuestos, de modo tal que se acercaran a datos realistas.

En primer lugar, para la inversión inicial se deben hacer 3 supuestos para cada categoría de automóvil. De estos, el primero, es el de precio de compra del automóvil, definido como la variable PA_{ij} y PA_j de la Ecuación 14, por lo que se tienen supuestos para 3 categorías (autos, taxis y comerciales livianos) y 3 tipos (PHEV, EV e ICE).

Así, para los vehículos de combustión interna de las categorías “autos” y “comerciales livianos” se estudiaron los precios históricos de los últimos años, que se muestran en los Anexo 13 y Anexo 15, teniendo en cuenta que para hacer una comparación precisa, se tiene que el precio promedio ponderado de los autos de los últimos años se compara con el precio de los EV y para los PHEV se hace otra tabla para comparar precios debido a que estos vehículos siempre serán de un tamaño superior por tener más de un motor y por ende, de un segmento y precio medio superior, que será mostrada posteriormente como “Autos ICE gama alta” y de los que se puede ver cómo ha ido evolucionando su precio medio en los últimos años en

el Anexo 14. En tanto, para el precio de los taxis se consideró un número acotado de modelos mencionado en 2017 como los más comunes en esta categoría⁴⁷, que se muestran en el Anexo 16, y a partir de los precios reales de modelos equivalentes en cada año desde 2012 a 2020, se definió un precio para los taxis. Así, estos supuestos quedaron de la siguiente forma:

Tabla 20: Supuesto precios por categoría ICE

Tipo	Precio
Auto ICE estándar	\$ 11.000.000
Auto ICE gama alta	\$ 60.000.000
Taxi ICE	\$ 10.000.000
Comercial ICE	\$ 17.300.000

En cambio, para los PHEV y EV el precio considerado en el horizonte de evaluación no es constante, tomando entonces el supuesto de que la diferencia de precios con los convencionales con los PHEV y EV respectivamente va evolucionando en forma de curva S descendiente en el tiempo, aplicándose también en este caso el modelo de difusión de las tecnologías. Para esto se utilizó la siguiente ecuación tomada como referencia de otro estudio (E2BIZ Consultores, 2018):

Ecuación 16: Curva S para diferencia de precios EV/PHEV – ICE

$$g(t)_{ij} = \frac{L_{ij}}{1 + e^{-k*(t-t_m)}}$$

En donde se tiene que:

- $g(t)_{ij}$: Costo incremental de comprar un vehículo del tipo i de categoría j respecto a uno ICE de la misma categoría j en el año t.
- L : Precio actual del vehículo de tipo i de la categoría j.

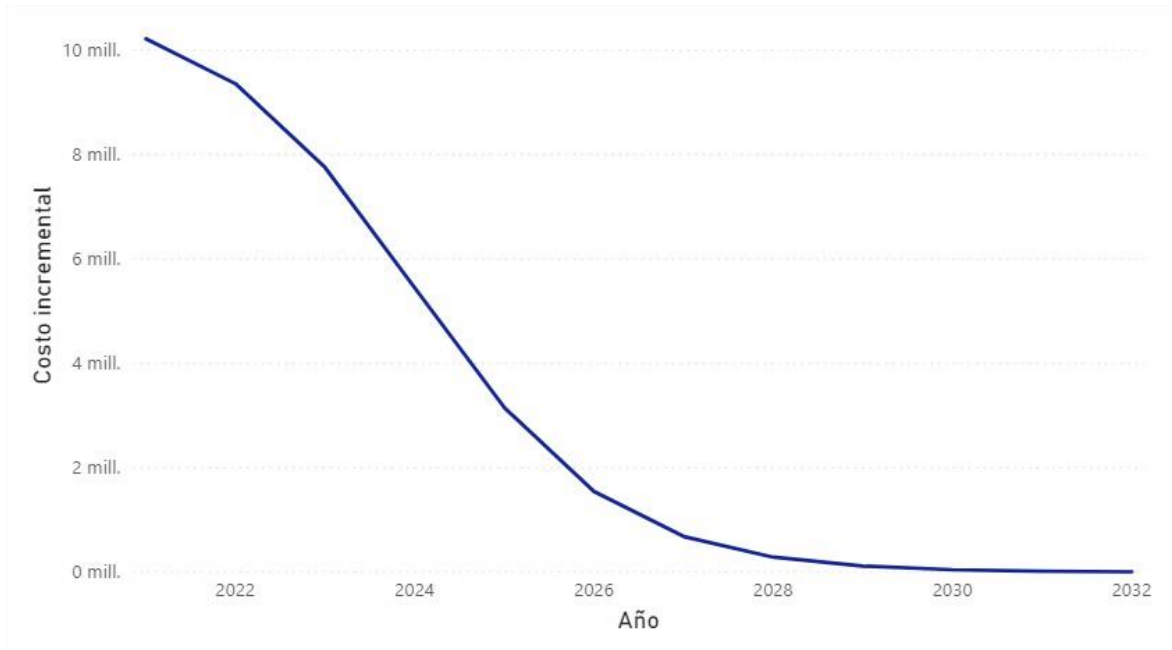
⁴⁷ Información obtenida de Radio Biobío (Biobío Chile, 2017)

- t_m : Punto medio o de inflexión de la curva S
- k : Pendiente de la curva

Entonces, para los autos PHEV se definió como supuesto que el punto de inflexión de la curva sería al año 2024 y que la pendiente es de 0,9 de manera tal que cerca de finales de esta década los precios en el mercado nacional de PHEV e ICE de similar segmento sean similares, esto considerando que en los últimos años se ha visto un significativo decrecimiento en el costo incremental de los PHEV a tasas más rápidas que los EV. En tanto, para los autos y taxis EV se considera un punto de inflexión al año 2028, y para comerciales el 2032, considerando las menciones de la literatura internacional que dicen que el costo de producción de los eléctricos será equivalente al de un ICE entre 2025 y 2030 y que las últimas tecnologías en el mercado automotriz por lo general llegan más tarde a los comerciales⁴⁸. Así, los precios medios considerados para cada año y categoría se muestran en el *Anexo 17* y a continuación se muestra el gráfico que sigue para PHEV y autos EV.

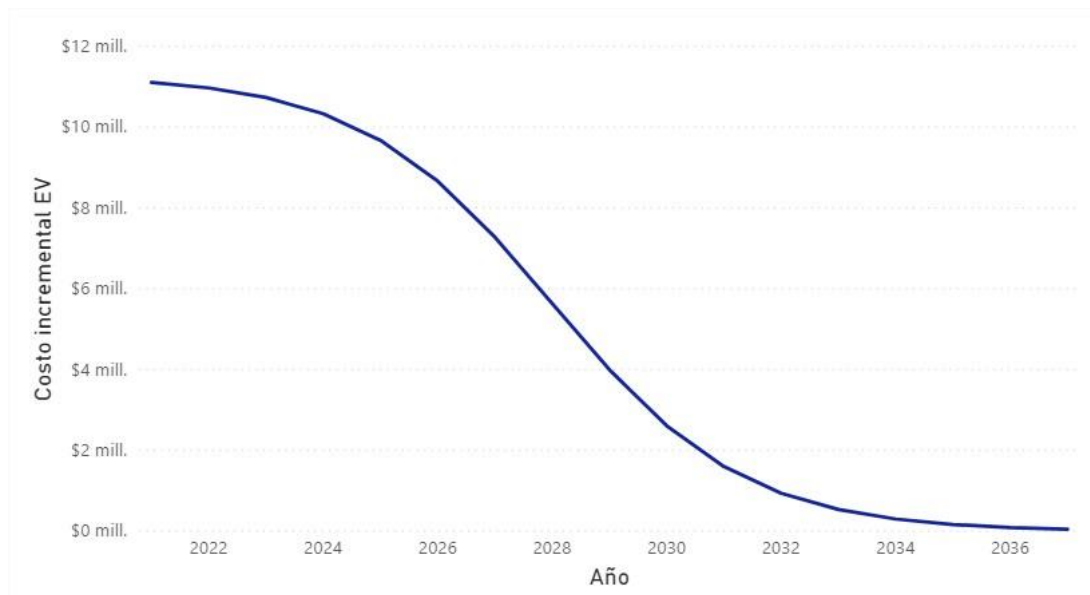
⁴⁸ Esto se puede demostrar en el mercado chileno en base a un análisis de la base de datos de homologación de vehículos livianos y medianos que pueden ser comercializados en el país (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 3cv, 2020), en donde se aprecia que los últimos vehículos en recibir las normativas Euro mencionadas en la *Tabla 4* y *Tabla 5* son justamente los comerciales livianos y medianos, además de que como en las mismas tablas se muestra, en más de una ocasión han sido requisito de entrada al país en años posteriores que para autos livianos y medianos.

Gráfico 29: Estimación de la evolución costo incremental PHEV respecto a ICE de segmento similar



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 30: Estimación de la evolución costo incremental Autos EV respecto a Autos estándar ICE



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para el impuesto verde se analiza también en base a datos históricos y a las normativas anticontaminación mencionadas en la sección *Situación actual de Chile* del marco teórico, aplicando también un supuesto de valores dinámicos para las emisiones de NOx por

kilómetro y el consumo urbano en km/lt , debido a que se asume que por el aumento de las tecnologías, la liberación de gases y el consumo de los vehículos ICE seguirá bajando con el transcurrir de los años, dejándose constantes una vez que lleguen a los siguientes valores:

Tabla 21: Supuestos emisiones de NOx vehículos ICE y PHEV

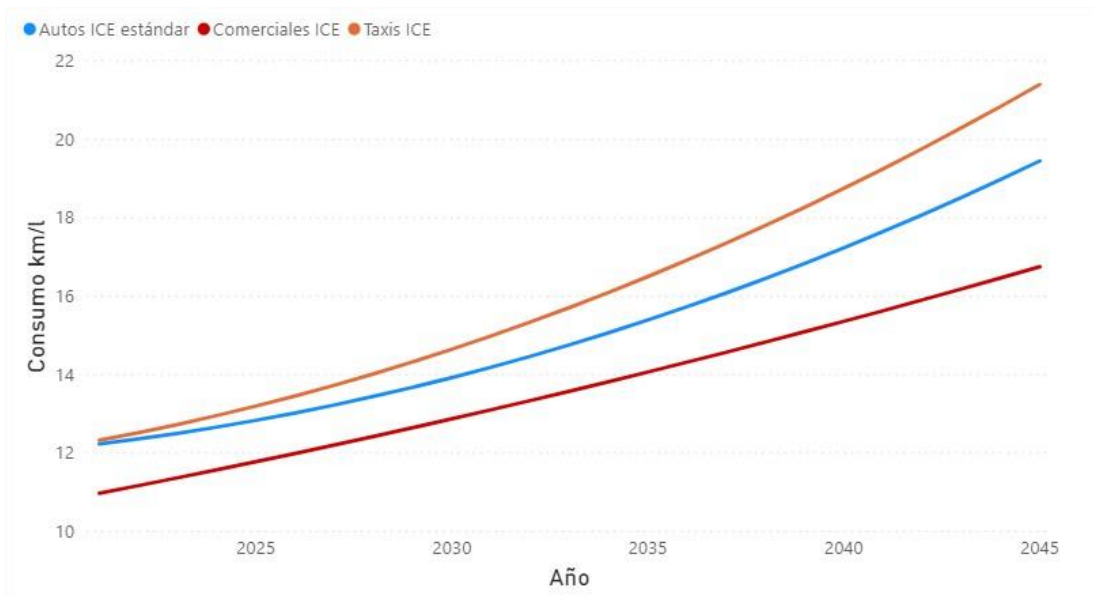
Categoría	Gr NOX / km
Autos ICE	0,015
Taxi ICE	0,010
Autos PHEV	0,020
Autos ICE gama alta	0,020

Tabla 22: Supuestos Rendimiento urbano vehículos ICE y PHEV

Categoría	Rend. Urbano máximo (KM / L)	Año en que se alcanza
Autos ICE	20	2045
Comerciales ICE	17	2045
Taxi ICE	22	2045
Autos PHEV	50	2045
Autos ICE gama alta	15	2045

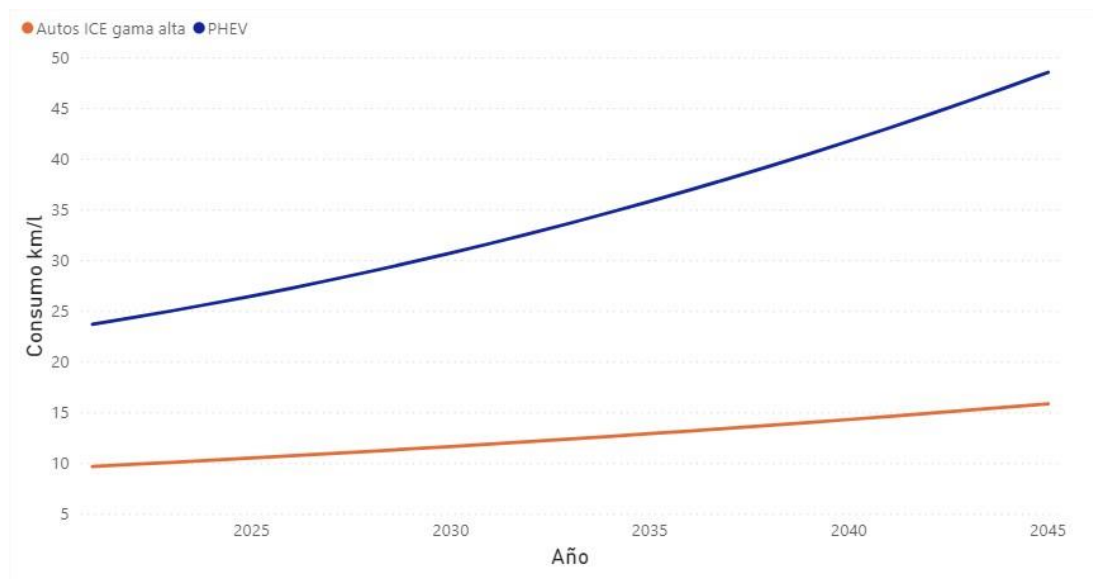
Así, se obtienen los valores de consumo urbano futuros que se detallan en el *Anexo 20*, y a partir de esto, se muestra el comportamiento a nivel gráfico que posee cada categoría durante los próximos años:

Gráfico 31: Consumo urbano de 3 categorías de vehículos a futuro



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 32: Consumo urbano de 2 categorías de vehículos a futuro



Fuente: Elaboración propia

Los valores aquí obtenidos, son aplicados a la *Ecuación 1: Impuesto Verde* de manera de observar el efecto que conlleva esta evolución en el tiempo en la inversión inicial de un automóvil ya sea ICE o PHEV de cada categoría para los años venideros en disminución de NOx por km recorrido y en aumento de consumo urbano de combustible.

En lo referido a el rendimiento mixto de combustible (urbano y carretera) de cada tipo de vehículo de las distintas categorías, se ocuparon como base datos históricos de vehículos vendidos en el mercado chileno, dejando los supuestos en algunos casos dinámicos y en otros casos constantes. En primer lugar, para los autos ICE, se tiene, al igual que en el caso del precio, una diferencia a la hora de considerar que vehículos se comparan con los EV y con los PHEV, considerando que los PHEV generalmente pertenecen a segmentos más altos, y tienen otro comportamiento también en este ámbito. Por tanto, se consideran:

- *Autos ICE estándar:* Se toma en cuenta el promedio ponderado del rendimiento de los 10 vehículos de pasajeros y 10 SUV más vendidos en cada año desde 2012 a la fecha para ver una tendencia y considerando como supuesto un rendimiento tope de 25 km/l para el 2040, se hace una curva que estime los consumos de los años intermedios, los que se muestran en el *Anexo 21*.
- *Autos ICE de gama alta:* Para cada año desde 2014 se consideran los autos ICE similares a los PHEV ofertados y se analiza su rendimiento obteniendo un promedio para cada período, para observar cómo evoluciona, y posteriormente aplicando un supuesto de que al 2045 el rendimiento medio de estos será de 18 km/l, considerando el mayor tamaño que tiene, se hace una curva que aproxime los consumos de los años intermedios, al igual que en el caso anterior, datos que se muestran en el *Anexo 21*.
- *Taxis ICE:* Para cada año desde 2012 se consideran los mismos modelos que se consideraron en la estimación de precio medio en esta misma categoría, y se calcula un promedio simple del rendimiento del combustible en cada período, esto debido a que no se tiene información exacta de las ventas. A partir de estos datos

históricos y con el supuesto de que se alcanzará un rendimiento de 23 km/lit en 2045 se obtienen los datos de los años intermedios que se pueden observar en el *Anexo 21*.

- *Comerciales ICE*: Se toman los datos históricos a partir de 2012 y hasta mediados de 2020 de las 10 camionetas y los 10 de otros comerciales más vendidos en cada período, de tal manera de sacar un promedio ponderado de consumo de combustible. Se establece un supuesto de que en 2045 el rendimiento medio de esta categoría vehicular alcanzará los 18 km/lit, y a partir de esto se estiman los datos de los años intermedios, los cuales se muestran en el *Anexo 21*.

Por otro lado, para los autos PHEV se analiza el rendimiento de los pasajeros y SUV ofertados desde 2014 año a año obteniendo una media de consumo de gasolina y de electricidad, la cual, según los resultados obtenidos para futuro se dejan constante de aquí a futuro para el consumo eléctrico y para el consumo de gasolina se estima un comportamiento dinámico a futuro con el mismo supuesto de 32 km/l a 2045, dado por el aumento proyectado en la capacidad de las baterías, que permitirá a este tipo de vehículos circular más períodos en modo eléctrico. En tanto, para los autos ICE de gama alta se define un supuesto de máximo rendimiento al 2045 de 18 km/l y así asumiendo un comportamiento levemente exponencial, se definió una curva que permitiera calcular los rendimientos de los años intermedios, datos que se pueden ver cómo evolucionan año a año en el *Anexo 21*. Por último, para los eléctricos se tiene lo siguiente:

- *Autos EV*: Teniendo los datos de todos los modelos eléctricos y sus cantidades desde 2011 hasta junio de 2020 (La Tercera, 2020), se calcula el rendimiento medio

ponderado de los vehículos de pasajero y SUV eléctricos vendidos hasta la fecha, y dejando este dato como constante de aquí a futuro.

- *Taxis EV*: Se toma en consideración el rendimiento del Hyundai Ioniq, que es el vehículo eléctrico que más se ha vendido como taxi en Chile, dejando el consumo constante.
- *Comerciales EV*: A partir de los mismos datos mencionados para los autos EV, se realiza el mismo ejercicio con los comerciales livianos eléctricos, calculando su consumo medio ponderado, y dejando este dato como constante de aquí a futuro.

A continuación, se presentan los consumos de electricidad que se utilizarán como constantes en el horizonte de evaluación:

Tabla 23: Consumo de electricidad de diferentes categorías de vehículos

Tipo y Categoría de vehículo	Rendimiento (KM/KWh)
Autos PHEV	3,08
Autos EV	6,62
Taxis EV	7,05
Comerciales EV	5,96

Para la elaboración del supuesto de distancia media recorrida anual por cada categoría de vehículos, se tomaron en consideración informaciones de 2 fuentes de datos, el primero es la Guía metodológica de CONAMA (CONAMA, 2009) donde se indica como se muestra en la *Tabla 24* los kilómetros medios según categoría por zona urbana y por el parque vehicular de esta, y por otro lado se tomaron los datos del estudio de Electromovilidad: proyección y propuestas para avanzar⁴⁹ (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2018), donde se cruzaron

⁴⁹ No se consideraron las siguientes categorías INE dentro de la estimación de distancia media: Para pasajeros, “Otros con motor”; para comerciales, “Minibuses transporte colectivo” y “Minibuses transporte escolar”; para taxis, “Taxi turismo”

estos con los datos del parque vehicular regional de 2010 para determinar un promedio ponderado de la distancia recorrida por cada categoría. Lo último se puede ver en la *Tabla 25*.

Tabla 24: Distancia recorrida en zonas urbanas por parque automotriz según fuente 1⁵⁰

Categoría	Distancia media (KM)	Parque automotriz urbano
Pasajero	5,592	< 25000
Comercial	7,99	< 25000
Taxis	31,677	< 25000
Pasajero	6,841	25000 < x < 50000
Comercial	12,331	25000 < x < 50000
Taxis	44,975	25000 < x < 50000
Pasajero	9,511	> 50000
Comercial	13,549	> 50000
Taxis	54,785	> 50000

Tabla 25: Distancia media recorrida por categoría según fuente 2⁵¹

Tipo	Distancia media (KM)
Autos	13901
Comerciales	16304
Taxis	30033

Teniendo esta información en consideración, se decidió tomar los datos de la Guía metodológica de CONAMA para hacer el supuesto de los taxis y a partir del estudio de la Agencia de Sostenibilidad Energética, se hacen los supuestos de los autos y los comerciales, quedando entonces los supuestos de distancias anuales recorridas por cada categoría de la siguiente manera:

Tabla 26: Supuesto de distancia media anual por categoría

Tipo	Distancia media (KM)
Autos	14000
Comerciales	16500

⁵⁰ CONAMA

⁵¹ Agencia de sostenibilidad energética

Taxis

55000

En tanto, el supuesto del precio de los combustibles se obtuvo de diversas fuentes y cálculos. En primer lugar, para la gasolina y el diesel se consideró información de precios medios ponderados de estos combustibles a nivel nacional durante cada año desde 2015 a 2019 de los informes estadísticos anuales de la CNE⁵², tomando para la gasolina como referencia el valor de la de 93 octanos, la que posteriormente fue ajustada al IPC de septiembre de 2020. En tanto, para el dato del año 2020 se calculó el precio medio ponderado nacional de ambos combustibles a partir de los datos del Sistema de información en línea de precios de combustibles en estaciones de servicio (Comisión nacional de energía, 2020). Por otro lado, para la información del precio del Kwh de la electricidad, se consideró información de EMOL en 2017 (Camila Reyes, 2017), ajustándola al IPC de septiembre de 2020. De esta forma, para el presente estudio se consideran como supuesto a partir de lo anterior, los siguientes precios.

Tabla 27: Supuestos precios de combustible

Combustible	Precio
Litro Gasolina 93	\$ 790
Litro Diesel	\$ 560
Kwh Electricidad	\$ 113

De esta forma, ya se tienen los datos suficientes para calcular el payback, por lo que falta el valor del coeficiente α para obtener la máxima participación de mercado dado este payback mencionado. Se tiene entonces que el valor del coeficiente se toma en base a las variables

⁵² (Comisión nacional de energía, 2016), (Comisión nacional de energía, 2017), (Comisión nacional de energía, 2018), (Comisión nacional de energía, 2019), (Comisión nacional de energía, 2020)

consideradas en el payback siendo los valores mencionados a continuación divididos para obtener el coeficiente de cada categoría:

- Inversión inicial: Se considera la elasticidad de los vehículos en el mercado chileno para los Autos EV e ICE, Taxis EV e ICE y Comerciales EV e ICE ocupada en el cálculo de *Pronóstico de ventas de autos a futuro*, en tanto que para los autos PHEV e ICE gama alta se tomó un valor determinado por el autor de -0.4.
- Costos Operacionales: Al igual que para el caso anterior, para autos, taxis y comerciales ICE y EV, se estableció a partir de estudios internacionales⁵³ un valor de 1.1 para estas categorías y tipos de vehículo, en tanto que para los PHEV se tomó un valor determinado por el autor de 1.

Entonces, los valores de los coeficientes α toman los siguientes valores en cada categoría:

Tabla 28: Valores de coeficiente del payback para cada categoría vehicular

Categoría	Coficiente α
Autos ICE / EV	-1.6396
Taxis ICE / EV	-1.6396
Comerciales ICE / EV	-1.6396
Autos ICE gama alta / PHEV	-0.4

Así, con toda la información presentada se pueden calcular las participaciones de mercado de cada categoría y también las ventas anuales de cada uno de los segmentos que se buscan en el estudio, utilizando lo calculado en *Pronóstico de ventas de autos a futuro* siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación:

⁵³ (Institute of transport economics; Norweigan centre for transport research, 2015)

Ecuación 17: Ventas anuales de vehículos PHEV y EV en sus distintas categorías

$$V_{ij}^t = V_j^t * S_{ij}(r, t)$$

Con:

- V_{ij}^t : Ventas de vehículos del tipo i de la categoría j en el año t , con $i = \{1,2\}$.
- V_j^t : Ventas de vehículos de la categoría j en el año t .
- $S_{ij}(r, t)$: Participación de mercado de vehículos del tipo i de la categoría j en el año t en función del retorno r .

4.3 Cálculo de parque vehicular anual

Posteriormente, se pasa a calcular el parque vehicular de livianos y medianos EV y PHEV estimado para cada año en el horizonte de 25 años de evaluación.

Con este fin, se utiliza una ecuación deducida por el autor para la generalidad del parque automotriz nacional y que se aplicará en este caso para los EV y PHEV, de la cual se presentan las variables a continuación y posteriormente la fórmula.

- P_{ij}^t : Parque de vehículos livianos y medianos del tipo i de la categoría j en el año t .
- V_{ij}^t : Ventas de vehículos del tipo i de la categoría j en el año t , con $i = \{1,2\}$.
- RE : Tasa de retiro de vehículos anual.

Ecuación 18: Parque vehicular de livianos y medianos en Chile

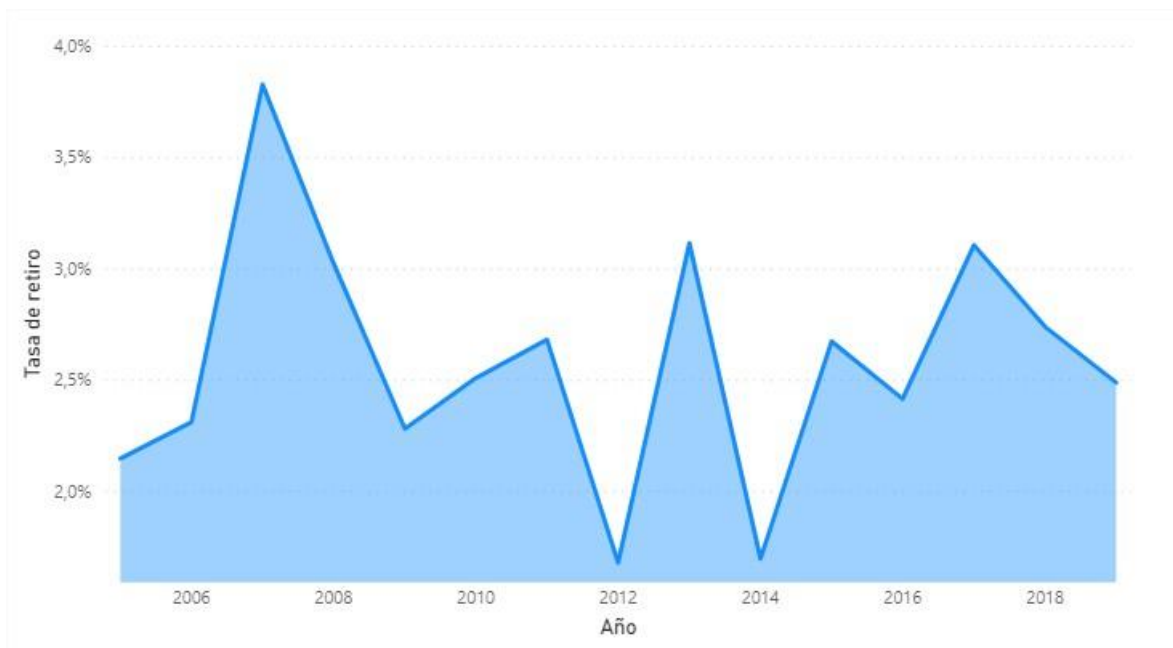
$$P_{ij}^t = P_{ij}^{t-1} + V_{ij}^t - RE * P_{ij}^{t-1}$$

Los datos de estas variables se obtienen de diversas maneras. En primer lugar, el parque vehicular anual anterior, se obtiene a través de estadísticas del INE (INE, 2020), para después calcular sistemáticamente, utilizando el software de Excel, el parque de cada año.

En tanto, las ventas del año t , tomando en cuenta que el 2020 será el año base, se mantendrá el supuesto mencionado en el ítem anterior, acerca de las 250.000 unidades que se venderán, para posteriormente obtener los datos de cada año siguiente, hasta cumplir los 25 períodos del horizonte, a partir de la información obtenida con el pronóstico de ventas anuales.

Por último, para la tasa de retiro⁵⁴ se ve la tendencia que ha seguido esta durante los últimos 15 años, tal como se muestra en el siguiente gráfico, en la cual, a pesar de presentar variaciones, mantiene una tendencia relativamente constante, por lo que, para fines de este estudio, se utilizará para el retiro de PHEV y EV, el promedio de esta medida desde el 2005 hasta el 2019 que se utilizó para todo tipo de automóviles, el cual es de un 2,6%.

Gráfico 33: Tasa de retiro de automóviles por año entre 2005 y 2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE y ANAC.

Esta tasa se calculó a partir de los datos del parque vehicular anual del INE (INE, 2020), de las ventas anuales de autos en Chile que presenta Anac año a año desde 2012 hasta

⁵⁴ Tasa de retiro: Porcentaje de autos que dejan de ser utilizados en un año determinado respecto al total del parque automotriz de ese mismo año.

2019 (ANAC, 2020) y del anuario 2012 de ANAC (ANAC; IDN, 2013) para las ventas entre 2005 y 2011, suponiendo una tasa de retiro igual en todas las categorías y usando la siguiente fórmula:

Ecuación 19: Tasa de retiro de automóviles en Chile

$$RE_t = \frac{P_{t-1} + V_t - P_t}{P_t}$$

Con lo anterior se debe tener como resultado finalmente, el parque vehicular de PHEV y de EV en cada categoría para los años del horizonte de evaluación de 25 años, habiendo considerado un escenario de recuperación económica normal, explicado en el ítem anterior. El escenario de parque automotriz en cada categoría y año sin ningún descuento adicional y dejando que el mercado actúe por sí solo, para fines del estudio, se define como escenario base.

4.4 Comparación de escenarios y sensibilización de precios

Posteriormente, se pasa a calcular nuevamente todo desde el primer ítem, pero con la diferencia de que se hace con una sensibilización de precios. Se realizará a modo de dejar 3 macro escenarios distintos al base:

- Descuento de un 5% en el nivel de precio, de aquí en adelante “*Escenario 1*”.
- Descuento de un 10% en el nivel de precio, de aquí en adelante “*Escenario 2*”.
- Descuento de un 16% en el nivel de precio, de aquí en adelante “*Escenario 3*”.

Así se tiene un macro escenario económico detallado en la *Tabla 16*, de recuperación económica post pandemia, en el cual se aplicarán estos niveles de precio para los vehículos. Es importante hacer notar que una rebaja del 16% es casi equivalente a eliminar el IVA, que

es el motivo por el cual se tomó este valor de descuento. La propuesta es que este descuento sea reducido justamente del IVA, o si no, que el precio del vehículo sea subvencionado por el estado a modo de impuesto negativo.

Con lo anterior se calculan las participaciones de mercado usando la metodología presentada en *Pronóstico de participación de mercado por tipo de combustible y categoría*, considerando que el precio es una variable explicativa, por lo cual se obtendrán diferentes niveles (3) de participación para PHEV y otros 3 para los EV en cada una de sus categorías, y por tanto 3 parques automotores distintos en cada tipo y categoría vehicular para los 25 años del horizonte de evaluación.

Finalmente, cada uno de los 3 parques nuevos obtenidos en cada tipo y categoría se compara con el escenario base de la misma categoría y tipo de vehículo, en los vehículos EV y PHEV, es decir se compara con el escenario donde se dejaba que el mercado hubiese actuado por sí solo. De esta manera se obtiene la diferencia para cada caso de parque automotriz adicional que se obtendría con los descuentos en precio aplicados. Esto se expresa en la siguiente ecuación:

Ecuación 20: Parque vehicular adicional EV o PHEV derivado de la rebaja en el precio por año

$$DifP_{ijk}^t = PES_{ijk}^t - PES_{ij0}^t$$

Donde se tiene que:

- $DifP_{ijk}^t$: Diferencia de parque vehicular de la categoría j del tipo i en el año t a causa del escenario de reducción de precio k, con $i = \{1,2\}$.
- PES_{ijk}^t : Parque vehicular de la categoría vehicular j del tipo i en el año t y con el escenario k de reducción de precio, con $i = \{1,2\}$.

Y con k tomando los valores:

- $k = 0$; Escenario base
- $k = 1$; Escenario 1 de reducción de precios del 5%.
- $k = 2$; Escenario 2 de reducción de precios del 10%.
- $k = 3$; Escenario 3 de reducción de precios del 16%.

4.5 Cálculo del beneficio social

El beneficio social de reemplazar parte del parque vehicular de livianos y medianos que funciona con motores a combustión interna por vehículos eléctricos e híbridos enchufables, se calculará a partir de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se produzca a causa de un hipotético subsidio o reducción de precio a los PHEV y EV.

Para esto se deben tener en consideración dos elementos importantes:

1. Parque vehicular futuro de cada categoría y tipo de vehículo.
2. Emisiones de CO₂ eq futuras de cada categoría y tipo de vehículo.

El primero de estos ya se tiene, calculado a partir de lo presentado en *Cálculo de parque vehicular anual* y *Pronóstico de participación de mercado por tipo de combustible y categoría*, en tanto que el segundo se debe obtener para lo cual se consideraron diferentes antecedentes.

Para comenzar se hizo una estimación de las emisiones a futuro de CO₂ en gr/km en base al supuesto de consumo de combustible por categoría utilizado en *Pronóstico de participación de mercado por tipo de combustible y categoría* y mencionado en *Anexo 21*, utilizando un factor que relaciona el consumo de diesel y bencina con las emisiones de CO₂, que son los siguientes (Motorfull, 2007):

Ecuación 21: Relación entre gasolina y CO2

$$1 \text{ litro de gasolina} = 2370 \text{ gr de CO}_2$$

Ecuación 22: Relación entre diesel y CO2

$$1 \text{ litro de diesel} = 2650 \text{ gr de CO}_2$$

De esta forma, se tienen las emisiones a futuro de gr CO₂/km tal y como se puede apreciar en el *Anexo 22*, y sumándole también el supuesto del ítem *Pronóstico de participación de mercado por tipo de combustible y categoría* de distancia recorrida presentado en la *Tabla 26* se puede establecer un supuesto de emisiones aproximado a futuro y por cierto levemente subestimado por no contar con las emisiones de CH₄ y N₂O, pero que sirve como importante referencia, teniendo en cuenta que la mayoría de las emisiones de GEI directos son de CO₂.

Sumado a lo anterior, y a partir de la información histórica que se tenía para cada una de las 3 categorías de ICE presentadas en la *Tabla 10* del CO₂ eq por vehículo por año, donde si se incluye el restante de los GEI directos, es decir el CH₄ y N₂O, se hizo una estimación a futuro de las emisiones per cápita por cada categoría de ICE, tomando en consideración un comportamiento logarítmico de estas funciones con tendencia a la baja a futuro, exceptuando el caso de los taxis, en los que como no se muestra un comportamiento histórico claro, se optó por una regresión lineal. A estas funciones en cada una de las 3 categorías, se les asignó un mínimo de emisiones a alcanzar en 2045 mostrado en la *Tabla 29*, basado en lo mencionado en el párrafo anterior. De esto se obtienen las toneladas de CO₂ eq emitidas por año que se utilizaran como supuesto de las categorías de vehículos ICE para hacer la comparación de cuanto se reduce la huella de carbono si es que se coloca un vehículo eléctrico o híbrido enchufable en circulación en lugar de uno de combustión interna. Cabe mencionar que para la categoría *Autos ICE gama alta* que es la que se compara posteriormente con los PHEV, se

hacen los cálculos de otra forma, lo que se hace en base a la estimación del *Anexo 22* y de la distancia anual recorrida, considerando también la información del anexo recientemente referenciado, en los ICE gama alta para el cálculo de las toneladas de CO₂ eq provenientes del consumo de combustible fósil de los PHEV, que como supuesto serán el 50% de la distancia recorrida de ese tipo de autos.

Tabla 29: Supuesto mínimo de toneladas de CO₂ eq a alcanzar por vehículo de cada categoría ICE al año 2045

Categoría	Emisiones (ton CO ₂ eq/año)
Taxis ICE	9
Autos ICE	1.4
Comerciales ICE	2.4

Además para el consumo eléctrico, a pesar de que estos autos no emiten directamente CO₂ al ambiente en movimiento, el proceso de producción de la electricidad en el país, produce una determinada cantidad de CO₂ eq, principalmente la que proviene de fuentes no renovables como es la electricidad a partir de las termoeléctricas, por lo que se utiliza para fines de obtener un estimado de las emisiones de CO₂ eq un factor de emisión que da año a año el ministerio de Energía (Ministerio de Energía, s.f.), con datos obtenidos también de la plataforma de energía abierta (Comisión nacional de energía, 2020). Así en la última década se tienen los siguientes factores de emisión:

Tabla 30: Factor de emisión de 1 kwh a Ton Co₂ eq por año en Chile

Año	Factor emisión SEN ⁵⁵
2010	0.0004582
2011	0.0004751
2012	0.0004996
2013	0.0005303

⁵⁵ Sistema Eléctrico Nacional, correspondiente a la unión del Sistema Interconectado Central y al Sistema Interconectado del Norte Grande.

2014	0.0004717
2015	0.0004556
2016	0.0004950
2017	0.0004497
2018	0.0004187
2019	0.0004056

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Ministerio de Energía y Comisión nacional de Energía

Aquí entonces se puede apreciar una tendencia a la baja en los valores desde 2013 en adelante, y con fines de este estudio se hizo una estimación futura de los valores de este factor de conversión, tomando en consideración también que Chile va en camino a ser un país con una matriz energética más limpia como dicen los lineamientos del ministerio de energía a futuro, por lo cual este factor de emisión deberá tender a 0. Así se analiza entonces desde 2013 a 2019 y se observa que una recta describe bien el comportamiento de estos valores con un valor de r cuadrado de 0.76, por lo que se usa el supuesto de que se seguirá la misma tendencia a futuro para poder de esta forma incorporar el CO₂ eq con el que indirectamente contribuyen los autos eléctricos al presente estudio. Los factores estimados con esta regresión lineal y utilizados como supuesto a futuro se muestran en el *Anexo 23*. Con estos valores y con los supuestos de consumo de cada categoría vehicular mencionados en el *Anexo 21*, se pueden obtener, mediante una multiplicación, las emisiones de CO₂ eq de los vehículos eléctricos por año y completar el restante de los PHEV, tipo de automóvil en el cual se deben considerar las emisiones de CO₂ eq por combustión interna y por electricidad, bajo el supuesto de que lo recorrido anualmente se reparte en un 50% modo eléctrico y 50% de combustible fósil.

De esta manera, una vez hechos los cálculos mencionados con anterioridad para los vehículos PHEV y EV se tiene una estimación del CO₂ eq total emitido para todos los tipos y categorías de vehículos en cada escenario de un hipotético subsidio, por lo que se puede

pasar a calcular la reducción de emisiones que implica la sustitución de un vehículo de cada categoría de tipo ICE por uno PHEV o EV según sea el caso, lo que se puede expresar de la siguiente manera:

Ecuación 23: Reducción de emisiones por sustitución de vehículo ICE por EV o PHEV

$$Red_{ijt} = EM_{0jt} - EM_{ijt}$$

Donde se tiene que:

- Red_{ijt} : Reducción de emisiones en Ton CO₂ eq por vehículo de la categoría j del tipo i en el año t, con $i = \{1,2\}$.
- EM_{0jt} : Emisiones en Ton CO₂ eq de vehículo del tipo 0 (ICE) de la categoría j en el año t.
- EM_{ijt} : Emisiones en Ton CO₂ eq del vehículo del tipo i con $i = \{1,2\}$ de la categoría j en el año t.

De lo anterior se obtiene entonces la reducción de emisiones que implica este cambio de vehículos en cada categoría per cápita, lo que se puede apreciar en el *Anexo 25*. Se pasa a continuación a calcular la diferencia entre las emisiones de ese número de vehículos EV y PHEV respectivamente, que se vendieron adicionalmente al escenario base⁵⁶ gracias a la reducción de precio aplicada, multiplicándolas por el respectivo factor de emisión que corresponda para obtener la reducción total de emisiones de CO₂ eq en cada período anual para los vehículos de una determinada categoría y tipo. Lo recientemente explicado se reduce a la *Ecuación 24*.

⁵⁶ Escenario en el cual el mercado se deja actuar por sí solo, sin subsidios ni beneficios adicionales para ninguna categoría.

Ecuación 24: Reducción total anual de las emisiones de CO2 eq en toneladas en cada escenario de reducción de precio y para cada categoría vehicular.

$$RedEs_{ijk}^t = DifP_{ijk}^t * Red_{ij}^t$$

Donde se tiene que:

- $RedEs_{ijk}^t$: Reducción de las emisiones totales en Ton CO2 eq en el escenario k de reducción de precio de la categoría vehicular j del tipo i en el año t, con $i = \{1,2\}$.
- $DifP_{ijk}^t$: Diferencia de parque vehicular de la categoría j del tipo i en el año t a causa del escenario de reducción de precio k, con $i = \{1,2\}$
- Red_{ij}^t : Reducción de emisiones en Ton CO2 eq por vehículo de la categoría j del tipo i en el año t, con $i = \{1,2\}$.

Una vez obtenida esta reducción de emisiones de GEI para cada año, se puede pasar a calcular el beneficio social como se muestra en la *Ecuación 25*, considerando el valor de 1 tonelada de CO2 eq presentado en ítem *Precio social del carbono*, y mediante una multiplicación de estos valores en cada período, pudiéndose de esta forma valorar monetariamente esta variación de emisiones de CO2 eq que pudiese provocar un proyecto de inversión pública que provoque una disminución de estas (Subsecretaría de evaluación social, 2017), como sería un eventual subsidio a los automóviles eléctricos y/o híbridos enchufables.

Ecuación 25: Beneficio social anual a consecuencia de un subsidio en cada categoría y tipo de vehículo

$$BS_{ijkt} = RedEs_{ijkt} * PSC * UF$$

Teniendo:

- BS_{ijkt} : Beneficio social en vehículo del tipo i de la categoría j en un escenario de reducción de precio k en el año t.

- $RedEs_{ijkt}$: Reducción de las emisiones totales en Ton CO2 eq en el escenario k de reducción de precio de la categoría vehicular j en el año t.
- PSC : Precio social del carbono en UF.
- UF : Valor de la UF en peso chileno⁵⁷.

4.6 Cálculo del costo

Para finalizar, se pasa a calcular el costo que implica para el estado cada una de estas medidas. Para efectos de esto, en primer lugar, se debe tener una estimación del precio medio de los 2 tipos de automóviles a evaluar, es decir, eléctricos e híbridos enchufables en cada una de las categorías. Esto se obtiene con lo mencionado algunos ítems atrás en la *Tabla 20* y en los *Anexo 17*, *Anexo 18* y *Anexo 19*.

Teniendo toda esta información, además de las ventas de cada tipo y categoría en evaluación, lo que se obtiene con la *Ecuación 17*, se puede estimar el costo que implicaría para el estado ya sea un subsidio o una reducción del IVA, en cada período. Así, se tienen 3 escenarios en los cuales se mezclan distintos supuestos de reducción de precio para autos ecológicos⁵⁸ y con un supuesto de recuperación económica post pandemia en el horizonte de 25 años de evaluación. Cada cantidad se multiplica entonces por el precio medio de su categoría el año correspondiente, en una ecuación que queda de la siguiente manera:

Ecuación 26: Costo anual de un subsidio para el estado

$$CT_{ijk}^t = (DP_{ij}^t + P_{ij}^t) * V_{ijk}^t$$

Donde las variables tienen los siguientes significados:

⁵⁷ Se utiliza el valor de la UF del 22 de noviembre de 2020, de \$28976,22

⁵⁸ Ecológicos se toma como EV y PHEV en el presente estudio

- CT_{ijk}^t : Costo total para el estado en el año t de vehículos del tipo i de la categoría j , con el escenario de reducción de precio k .
- DP_{ij}^t : Diferencia de precio de vehículos del tipo i de la categoría j respecto a vehículos a combustión interna de la misma categoría j en el año t .
- P_{ij}^t : Precio medio de los vehículos de tipo ICE de la categoría j en el año t .
- V_{ijk}^t : Ventas de vehículos del tipo i de la categoría j en el año t , con el escenario de reducción de precio k .

Todo esto con los subíndices $i = \{1,2\}$ y con t moviéndose en los años en los que se está evaluando la factibilidad de reducir el precio de estos tipos de automóviles.

5 Resultados y análisis

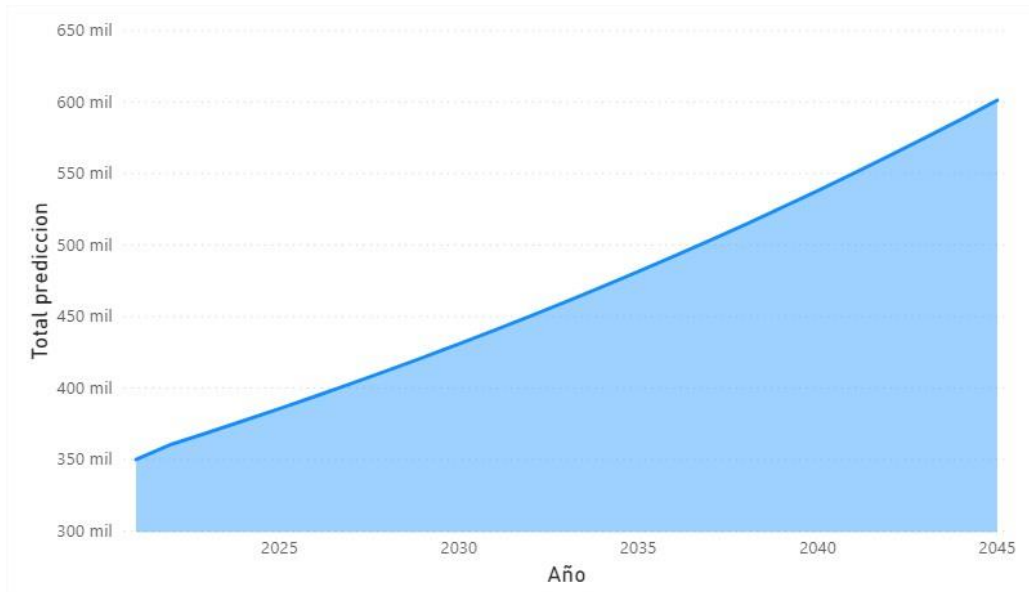
Siguiendo con la metodología mencionada, se obtienen los resultados de las ventas y parque futuro estimados con los supuestos establecidos para las respectivas variables en circunstancias normales o como se ha decidido llamar en este estudio en un escenario base. Por otro lado, se hicieron estos mismos cálculos, pero con un nivel de precios menor para los vehículos EV y PHEV a modo de comparar, primeramente, cuanto se adiciona al parque en cada escenario. A continuación, se muestran los resultados de estos apartados.

5.1 Estimaciones de venta y parque automotriz con en un mercado sin subsidios

Las ventas totales de automóviles en el país muestran una tendencia al alza siguiendo la metodología detallada en el apartado de *Pronóstico de ventas de autos a futuro*, teniendo así unas ventas a 2045 de 601.213 unidades que representan un 61,24% más de lo vendido en

2019. A continuación, se muestra de manera gráfica como se proyecta la evolución de ventas del mercado nacional de aquí a 25 años.

Gráfico 34: Evolución de las ventas anuales de vehículos livianos y medianos



En tanto, para el escenario base tal y como fue definido con anterioridad, se tiene un comportamiento de curva S para los modelos ecológicos, debido al modelo ocupado, siendo los porcentajes distintos para cada categoría y tipo de vehículo, los que se detallarán a continuación:

- *Taxi EV*: Se obtiene que este segmento continuará con cuotas de mercado relativamente bajas en la próxima década sin alcanzar aun el 10% de las ventas anuales del total de las esperadas para esta categoría. Sin embargo, desde 2030 adelante, coincidiendo con una mejora del retorno (calculado en la *Ecuación 13*), se aprecia un alza exponencial en el primer lustro de esta década, pasando un punto de inflexión de esta cerca de 2033, desde donde comienza a desacelerar para llegar cerca de un 80% de participación en 2041 y un 84,3% en el término del horizonte de evaluación de este estudio en 2045.

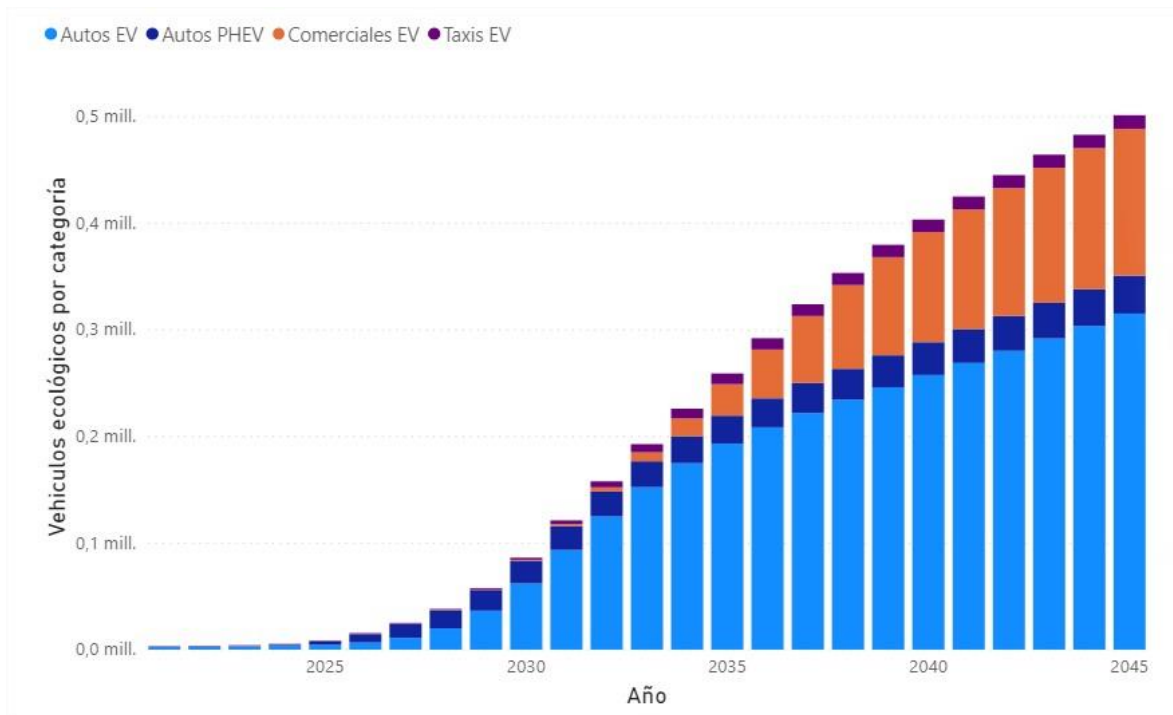
- *Autos EV*: Se obtiene, al igual que en el caso anterior, una participación de mercado muy baja en los primeros años de la década de 2020, siguiendo la tendencia que ha tenido esta categoría desde 2011 en el mercado nacional, pero con un alza exponencial sostenida que comienza a finales de esta década en 2028, mismo período que se usó en el supuesto de diferencial de precios entre EV e ICE, como año en que hay un punto de inflexión en la curva S descendente. Así, ya se tiene un 22% de cuota de mercado en 2030, alcanzando la curva S ascendente de ventas de EV un punto de inflexión en 2034, en donde comienza una leve desaceleración del crecimiento, para seguir con tendencia cercana a lineal en la última década que se mide hasta llegar a un 78,9% de participación de mercado en 2045.
- *Autos PHEV*: Se obtiene una curva S en la cual, el período de crecimiento acelerado dura menos años, pero es de muy amplio crecimiento respecto a los otros casos. Se inicia con los primeros 4 años con una participación de mercado muy baja inferior al 5%, la que, como se mencionó aumenta de manera importante llegando a tener un crecimiento de casi un 20% entre 2026 y 2027 en las cuotas de mercado del segmento para terminar la década con un 82% de esta. Los siguientes años, presentan una desaceleración en el crecimiento de la participación de mercado, para superar el 90% a partir de 2034 y finalizar en 2045 con un 99% de las ventas anuales del segmento de gama alta en autos PHEV.
- *Comerciales EV*: En este segmento, se puede apreciar una curva S con presencia de consumidores innovadores mucho más perdurable en el tiempo llegando esta hasta 2028, año en que se alcanza el 0,4% de cuota de mercado y el acumulado con los años anteriores del 2,5%. Ya desde 2032 en adelante comienza un crecimiento exponencial

que alcanza un peak en el año 2037, donde se alcanza cerca de un 12% más de penetración de mercado en EV para esta categoría que el año anterior. Finalmente, desde el 2041 se ve que el crecimiento casi se estabiliza, siendo este de no más de un 5%, comparando respecto a la cuota de mercado del año anterior. En el horizonte medido se alcanza un 82,77% de penetración de EV en la categoría de comerciales.

De esta forma, si se considera el total del mercado de vehículos livianos y medianos y su nivel de ventas independientemente otros factores, se ve una presencia de innovadores al menos en la primera mitad de la década de 2020, donde los ecológicos, ya sean EV o PHEV, alcanzan entre ellos un 2,3% de participación de mercado, y recién en 2029 superan los dos dígitos de esta con un 13,72%. En los siguientes 8 años, hay un aumento anual en la cuota de mercado en ventas de este tipo de vehículos de entre un 5 y 7%, para tener en el 2035 un 53,8%, superando así los EV y PHEV la mitad de las ventas del mercado de vehículos livianos y medianos anual. De esta manera, se sigue con un aumento en la participación de mercado de este segmento vehicular, que, aunque desacelerado, ya logra cubrir una importante mayoría al año 2045, correspondiente a un 83,4%.

Entonces, a partir de esta información se calcularon los montos anuales de cada una de las cuatro categorías evaluadas, las que se pueden ver en detalle en el *Anexo 26*, esto para los taxis EV, autos EV, autos PHEV y comerciales EV respectivamente en el escenario base. A continuación, se muestran en el siguiente gráfico, las ventas totales de las 4 categorías de vehículos mencionadas con anterioridad agrupadas como ecológicos.

Gráfico 35: Evolución de las ventas anuales de vehículos PHEV y EV en el escenario base



Teniendo esta información, se calcula entonces año a año el parque vehicular para cada categoría, siguiendo en el escenario base sin descuentos aplicados al precio de los automóviles ecológicos. Al igual que en la participación de mercado de las ventas, se hará un análisis desagregado por categoría, para mostrar con posterioridad la globalidad.

- *Taxis EV*: Considerando que se tiene un parque total de 100.000 unidades cada año, el monto de eléctricos los primeros años es muy pequeño, recién alcanzando el 1% del total, es decir las 1.000 unidades en 2022. El crecimiento de este parque poco a poco va acelerando hasta lograr superar la cantidad de unidades que se usaron como supuesto de ventas anuales, es decir las 15.100 en el año 2033. En los próximos 6 años, se ve un importante crecimiento del parque eléctrico de esta categoría, superando el 50% en 2039, para concluir con el año final del período medido, con

algo más de un 70% del total del parque de taxis que se mueven gracias a la electricidad, correspondiendo esto a 70.618 unidades.

- *Autos EV*: En el periodo inicial, el parque de esta categoría es el que posee mayor cantidad de unidades, contando con 2862 unidades en 2021, acorde también al comportamiento de la misma categoría con combustibles fósiles, donde los autos son la categoría mayoritaria. Valorando que la cantidad de autos en la actualidad posee siete dígitos, este número mencionado para 2021, a pesar de que es el mayor entre los ecológicos, es ínfimo respecto al total de autos. En el primer lustro de los 2020 el parque se va incrementando lentamente año a año, elevando la velocidad entre 2025 y 2029 para llegar a tener 88.835 unidades en el último período mencionado. En los siguientes 5 años se puede apreciar un alza exponencial en el parque anual respecto al del año anterior, para que a partir de 2035 el crecimiento se estabilice manteniendo una tendencia cercana a la lineal, adicionándose en torno a las 200.000 unidades cada año. Así, el millón de unidades se supera en 2036, para que finalmente en 2045 se tengan 3074485 autos con motor eléctrico.
- *Autos PHEV*: Esta categoría, en cuanto a magnitudes es muy distinta a los autos EV, debido a que, para que se tuviera consistencia con el comportamiento actual del mercado automotriz, se determinó tal y como se mencionó en el apartado anterior de metodología, que el mercado potencial máximo sería de un 6% de participación de mercado en las ventas anuales. De esta forma, en el primer lustro de los 2020, se ve un crecimiento bajo del parque, recién alcanzando las 1000 unidades en 2024. Posteriormente, se puede apreciar un crecimiento exponencial, más suave que comparado con el caso de los EV, y que se vuelve cercano a lo lineal a partir de 2028 hasta el final de la predicción. Las 100.000 unidades se alcanzan en 2031, es decir un

21,4% del total del potencial para ese año de este segmento. Finalmente, en 2045, se alcanzan las 423940 unidades, lo que equivale a un 60,6% del máximo posible establecido (6% del total del parque sumando las categorías “autos ICE gama alta” y “autos PHEV”) para este mercado en ese año. Este porcentaje es el máximo alcanzado en alguna de las cuatro categorías.

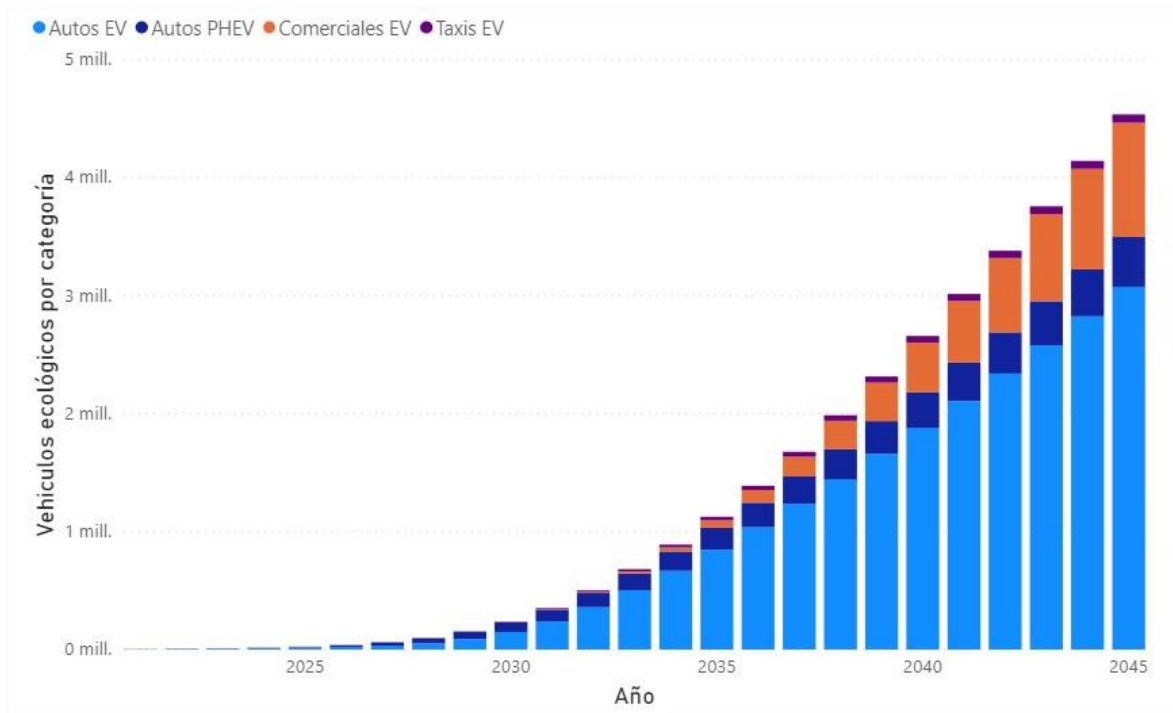
- *Comerciales EV*: Se presenta un parque vehicular bajo en esta categoría durante la primera década de evaluación, es decir hasta 2030, con incrementos anuales de entre de menos de 1000 unidades. Posterior a esto comienza un crecimiento que va tornando la curva de parque período a período más vertical, manteniendo esta ya una tendencia cercana a lo lineal aproximadamente en 2038. Las 100000 unidades se superan el año 2036, y el medio millón en 2041, para finalizar con un total de 967758 vehículos comerciales eléctricos en 2045. Esta alza algo más tardía en el parque puede ser explicada debido a una mayor tardanza en que se equiparen los precios respecto a los comerciales movidos con motores a combustión interna, y también debido a que como se puede ver en la actualidad, esta categoría generalmente es dejada de lado en el tema tecnológico, llevando algunos años de desfase respecto a los autos, esto debido a que el fin principal de estos vehículos por lo general es ser utilizados en negocios o empresas, orientándose así a una menor inversión inicial.

Tabla 31: Parque vehicular por categoría en escenario base

	2025	2035	2045
Taxi EV	1985	30717	70618
Auto EV	16693	846818	3074485
Comercial EV	1348	62296	967758
Auto PHEV	4908	186056	423940
Total	24935	1125887	4536800

Con todo lo anterior, se tiene finalmente una evolución del parque vehicular de eléctricos e híbridos enchufables que se muestra en el *Gráfico 36*. Se puede ver que en la globalidad de los EV tienen un crecimiento muy lento en los primeros ocho años de la predicción, volviéndose este notoriamente exponencial a partir de 2029 y por los próximos 9 años, para ya tener una tendencia casi lineal los últimos 7 años estimados, en donde se alcanza un 35.3% del total del parque constituido por eléctricos con 4112860. Si se incluye en este mismo análisis a los híbridos enchufables, donde solo se encuentra la categoría de autos, y se suma al resto de EV, se tiene que los vehículos ecológicos en total en 2035 llegan al millón de unidades y para 2045 alcanzan los 4536800 unidades, correspondientes a un 38,9% del total del parque de vehículos livianos y medianos. Este porcentaje en 2045 hace sentido con la meta fijada por el ministerio de transportes y telecomunicaciones para 2050, en donde se determina que el 40% del parque vehicular esté repartido entre EV y PHEV, es decir los denominados en este estudio vehículos ecológicos.

Gráfico 36: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV por categoría en el escenario base



5.2 Ventas en los distintos escenarios de aporte estatal al precio

A partir de las participaciones de mercado estimadas con el modelo que se ocupó⁵⁹, y con las predicciones de ventas totales a futuro mostradas en *Estimaciones de venta y parque automotriz con en un mercado sin subsidios*, se obtuvieron los resultados de venta en cada categoría en estudio, siendo aplicados los subsidios en la *Ecuación 11*, para obtener así la información de cada uno de los escenarios. A nivel general se puede apreciar una tendencia a que el mayor efecto de estos subsidios en las ventas se produciría en un inicio, para que, a partir de la segunda mitad del periodo en estudio, es decir después de 2035, el efecto de un eventual aporte al costo de adquisición del vehículo vaya decreciendo año a año. A

⁵⁹ Ecuación 11: Modelo de pronóstico de participación de mercado EV y PHEV

continuación, se presentan las estimaciones de ventas obtenidas para cada escenario y categoría:

5.2.1 Escenario 1

- *Taxis EV*: En esta categoría se observa el incremento porcentual anual más bajo en las ventas, alcanzando entre 2025 y 2027 un máximo de 23% más de unidades respecto a lo que se hubiese vendido sin subsidio. También es importante recalcar que esta alza de ventas versus el escenario base no fluctúa demasiado en el periodo de estudio, superando siempre los 2 dígitos porcentuales y con un mínimo de un 11% más de taxis EV en los años 2034 y 2035. De esta forma se tiene que las 10000 unidades de estos vehículos vendidas anualmente se alcanzan un año antes que en el escenario base y que el mayor incremento en cuanto al número de autos vendidos se produce en la primera mitad de la década de 2030. Así, en el año 2045 se logra abarcar el 100% del mercado de taxis puramente con taxis EV teniendo un subsidio de un 5% al precio. En el *Gráfico 37* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 32*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.
- *Autos EV*: Para los autos EV, el incremento porcentual en las ventas gana algo más de importancia que en la categoría anterior, en tanto que, en los crecimientos en cuanto a montos vendidos, es donde se ve un alza mayor. Se tiene entonces que el mayor crecimiento porcentual respecto al escenario base se da en los primeros periodos alcanzando un 42% más de vehículos vendidos en 2022 y 2023, para posteriormente ir decreciendo hasta el 24% en 2033 y 2034 y después volver a crecer para estar en torno a un 28% más de autos EV vendidos que si no hubiese subsidio. Además, las 10000 unidades se logran el mismo año que en el escenario base,

logrando eso si tenerse una diferencia final de cerca de 85000 autos EV adicionales vendidos para el año 2045. Con esto se obtiene que las ventas de esta categoría en 2030 corresponden en un 28,1% al tipo EV y desde 2044, esta cuota de mercado se eleva al 100%, es decir, en este caso planteado ya no habría autos ICE vendidos a partir de ese año. En el *Gráfico 38* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 32*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

- *Comerciales EV*: En esta categoría, se aprecia una tendencia general decreciente en cuanto al porcentaje adicional de ventas anuales desde el final de la década de 2020, y, por otro lado, después de los autos EV es la categoría con un mayor incremento en la cantidad de ventas. Así, se tiene que el mayor incremento porcentual de estas se da en 2027, con un 73% adicional respecto al escenario base, lo que va disminuyendo con el paso de los años hasta llegar a un 9% adicional en 2045, y manteniéndose sobre el 70% entre 2023 y 2029. En cuanto a cantidades de vehículos vendidos, durante casi toda la primera década no se alcanzan las 1000 unidades anuales, llegando a este número en 2029, es decir dos años antes que en el caso que no se tiene subsidio, para posteriormente iniciar un crecimiento importante en la segunda mitad de la década del 2030, alcanzándose las 100000 unidades dos años antes que en el escenario base y logrando tener un incremento en 2039 de casi de 40000 vehículos en relación al escenario base, diferencial que a partir de aquí y hasta 2045 va disminuyendo, lo que indica que un subsidio genera menos impacto en las ventas que antes. Con esto se obtiene un grado de participación del 2,8% en vehículos del tipo EV en la categoría comerciales para el año 2030, cubriendo la totalidad del mercado rápidamente en

2039. En el *Gráfico 39* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 32*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

- *Autos PHEV*: En los autos PHEV es donde se ven los mayores incrementos porcentuales de las ventas anuales versus el escenario sin subsidio, y además el aumento en magnitudes de ventas tiene un comportamiento diferente al del resto, creciendo en un inicio y desacelerándose después. Entonces, los porcentajes de aumento de venta respecto al escenario base, superan el 300% anual entre 2021 y 2025 lo que es explicado también debido a una cantidad muy baja que se vendía de esta categoría sin un subsidio y los diferentes coeficientes de adopción tecnológica utilizados para el segmento objetivo de esta categoría vehicular. El peak se alcanza en 2023 con un 429% más de ventas que si no se aplica algún subsidio, para posteriormente ir decreciendo, llegando a un 18% adicional en 2031 y en torno al 1% más en 2045. En cuanto a las unidades vendidas, se superan las 1000 unidades dos años antes que en el escenario base y las 10000 dos años antes, llegando a vender algo más de 30000 vehículos anuales en el último lustro. Así, se tiene que desde 2026, los autos PHEV representan el 100% de las ventas de la categoría de gama alta. En el *Gráfico 40* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 32*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

Tabla 32: Ventas anuales de las distintas categorías ecológicas en el escenario 1

Categoría/Año	2025	2035	2045
Taxi EV	660	11171	15100
Auto EV	6546	241025	399737
Auto PHEV	16025	28888	36073
Comercial EV	484	43468	150303

5.2.2 Escenario 2

- *Taxis EV*: Al igual que en el escenario 1, esta categoría es la que posee el menor aumento porcentual de las ventas anuales con relación al escenario base, teniendo valores mayores o igual a 45% desde 2021 hasta 2029, en tanto que el pick se alcanza en los años 2026 y 2027 con un 52% más de ventas anuales de esta categoría de vehículos. De aquí en adelante los porcentajes incrementales comienzan a bajar paulatinamente hasta llegar a un 19% adicional en 2045. En cuanto a montos de venta, se puede apreciar que, en la mayor parte de la primera década, las ventas son menores a 1000 unidades anuales, alcanzándose este número en 2028, es decir un año antes que en el escenario base. Posteriormente, en la primera mitad de 2030 se ve un crecimiento muy rápido que provoca que a 2035 cerca de un 82% de las ventas de esta categoría sean de taxis del tipo EV. A partir de 2040, se tiene que la totalidad de las ventas de taxis es de vehículos movidos por motores eléctricos, por lo que, considerando esto, el monto de ventas al año 2045 se iguala con el del escenario 1 y luego un subsidio del 10% ese año no genera repercusión en el nivel de ventas anual en comparación a uno del 5%, y a la vez entre 2040 y 2044 este subsidio del escenario 2 genera cada vez menos impacto en el mercado. En el *Gráfico 37* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 33*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.
- *Autos EV*: Para los autos EV, las ventas anuales logran duplicar lo alcanzado en el escenario base, siendo los periodos con mayores incrementos porcentuales respecto a este, los primeros cuatro, es decir de 2021 a 2024 donde se ven alzas de entre 100% y 101%. Posterior a esto comienza una leve baja en el alza porcentual anual de las

ventas con el subsidio del 10% al precio respecto a lo que se tenía sin subsidio hasta que, en 2045, esta es un 27% adicional de autos EV vendidos. En cuanto a cantidades, se llega a 10000 unidades anuales vendidas un año antes que en el escenario base, mientras que las 100000 se alcanzan dos periodos antes, es decir en 2032. El mayor alza en las ventas se ve durante la primera mitad de la década de 2030, para después estabilizarse linealmente al alza, pero con menor pendiente, hasta finalizar el periodo de estudio. Así, se tiene que la mayor diferencia en montos de vehículos vendidos se alcanza en 2036 con más de 115000 unidades adicionales respecto al escenario base, monto incremental que va descendiendo a partir de ese año. De esta forma, al año 2030, el 35,9% de los autos⁶⁰ vendidos corresponde a autos con motor eléctrico y ya desde el 2036 el 100% corresponde a autos EV. Se tiene entonces que en 2044 y 2045 se igualan las ventas del escenario 1, lo que indica que un subsidio del 5% al precio de los autos EV es suficiente para esos 2 periodos. En tanto, entre 2037 y 2043, donde se observa que el diferencial de ventas a favor del escenario 2 va bajando, el subsidio cada vez va generando menos impacto en las ventas de este mercado. En el *Gráfico 38* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 33*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

- *Comerciales EV*: En esta categoría se puede apreciar que las ventas se incrementan de manera significativa respecto a las del escenario base por un largo periodo de tiempo, duplicándose estas al menos entre 2021 y 2037. El peak de este incremento en las ventas se alcanza en el año 2027 casi triplicando las ventas gracias al subsidio, con un 198% adicional. En cuanto a montos se puede ver que la primera parte de la

⁶⁰ Teniendo en cuenta que “autos” son los autos ICE y autos EV.

década de 2020 se mantienen cantidades anuales vendidas menor a las 1000 unidades en esta categoría, siendo este número alcanzado en 2027, es decir cuatro años antes que en el escenario base, en tanto que se llega a las 100000 unidades anuales 3 periodos antes que si no hubiese subsidio, lo que corresponde al 2037. Las ventas anuales tienen un gran incremento entre 2032 y 2037, para que al final del intervalo en estudio se llegue en torno a las 150000 unidades vendidas anuales. Se debe tener en consideración que desde 2039 en adelante, el número de comerciales EV vendidos es el mismo que en el escenario 1, por lo que un subsidio del 10% al precio a partir de ese año no genera un efecto adicional en las ventas anuales que un subsidio del 5%. Así en 2030, las ventas de EV de esta categoría representan un 2,6% del total de los comerciales, observándose un crecimiento acelerado para que en 2037 la totalidad de comerciales vendidos sea eléctrico. En el *Gráfico 39* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 33*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

- *Autos PHEV*: Una vez más los autos híbridos enchufables, son la categoría y tipo de vehículo que presenta una mayor alza porcentual en las ventas anuales respecto al escenario base, superando el 1000% adicional entre 2021 y 2024, con un peak de 2698% más en 2023, diferencias tan amplias que son explicadas también, al igual que en el escenario 1, debido a que en el escenario base las magnitudes de ventas en los años iniciales fueron demasiado bajas apenas superando las 100 unidades en algunos periodos. En cuanto a los montos vendidos, se puede apreciar que el mayor incremento, a diferencia de las otras categorías, se da en la primera mitad de la década de 2020, para posteriormente crecer de manera casi lineal en las ventas en torno a las 500 unidades anuales desde 2024 en adelante, alcanzando ese mismo año también las

10000 unidades vendidas anuales, es decir 3 años antes que en el escenario base. Las diferencias en cuanto a montos vendidos respecto al escenario sin subsidio también tienen un comportamiento distinto a las otras categorías, siendo estas mayores en la primera década, para posteriormente ir decreciendo hasta llegar a los 490 vehículos adicionales en 2045. También es necesario recalcar que los montos vendidos de autos PHEV se igualan a los del escenario 1 a partir de 2026, por lo que, desde ese año, un subsidio del 10% no posee un efecto adicional en las ventas anuales que uno del 5%. Así, se tiene que, desde 2024 las ventas de autos PHEV representan el 100% del total de la categoría autos gama alta⁶¹. En el *Gráfico 40* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 33*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

Tabla 33: Ventas anuales de las distintas categorías ecológicas en el escenario 2

Categoría/Año	2025	2035	2045
Taxi EV	810	12425	15100
Auto EV	9205	300538	399737
Auto PHEV	23135	28888	36073
Comercial EV	831	63941	150303

5.2.3 Escenario 3

- *Taxis EV*: En los taxis, se aprecia principalmente un aumento en la cantidad de vehículos vendidos si se compara con los escenarios anteriores, manteniendo eso si las mismas tendencias durante el tiempo. Respecto a las diferencias porcentuales de ventas anuales, se aprecia que las mayores se concentran en la primera década, superando hasta 2029 el 80% adicional en comparación a las ventas anuales del

⁶¹ Incluye a “autos ICE gama alta” y “autos PHEV”.

escenario base y con un máximo del 95% más en 2026 y 2027 para que, a partir de este último año, este porcentaje incremental vaya disminuyendo hasta llegar a cerca del 20% al final del intervalo de tiempo estudiado. En cuanto a montos de ventas, se llega a las 1000 unidades en 2024, lo que es 5 años antes que en el escenario base, teniéndose los mayores incrementos anuales en la primera mitad de la década de 2030 y se logra cubrir el 100% del mercado de taxis con vehículos eléctricos a partir de 2036, hecho que no ocurriría en el intervalo de tiempo estudiado si es que no hubiese subsidio. Además, considerando esto último, se tiene que desde 2040 las ventas anuales se igualan con las del escenario 2, por lo que un subsidio del 16% al precio de esta categoría y tipo de vehículos no genera impacto alguno en las ventas anuales a partir del año mencionado respecto a uno del 10%. En el *Gráfico 37* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 34*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

- *Autos EV*: Como en todos los casos, los autos son la categoría vehicular que presenta una mayor cantidad de ventas. En cuanto a diferencias porcentuales en estas, a consecuencia del subsidio en estudio, se puede apreciar un gran efecto inicial, con las ventas triplicadas durante los 4 primeros períodos, llegando a un incremento del 206% en 2023 respecto al escenario base. Posteriormente se mantiene toda la década y hasta 2032, al menos duplicando la cantidad vendida. Estas diferencias van bajando con el paso de los años hasta que desde 2036 se observa el mismo comportamiento que en el escenario 2, y con los mismos porcentajes adicionales respecto al escenario base, alcanzándose el 27% adicional al 2045. En cuanto a los montos anuales vendidos, se llega a las 10000 unidades tres años antes que en el escenario base, mientras que entre 2028 y 2033 aproximadamente se ve el mayor incremento de las ventas,

estabilizándose estas a partir de ese año para pasar a tener un comportamiento lineal con pendiente positiva de todas maneras y como se mencionó anteriormente igualándose las cantidades vendidas con las del escenario 2 a partir de 2036, lo que indica que un subsidio del 16% al precio a partir de ese año no genera efecto adicional en las ventas en comparación a uno del 10%. En el *Gráfico 38* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 34*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

- *Comerciales EV*: En los comerciales eléctricos, el incremento porcentual de las ventas anuales es muy significativo hasta 2037, al menos duplicando lo que se vendía en el escenario base. Aquí se tiene que en toda la primera década las ventas anuales quintuplican por lo bajo las obtenidas sin subsidio, alcanzando un máximo de 474% adicional en 2027, para posteriormente ir decreciendo hasta llegar a un 9% más en 2045. En los montos vendidos al año, se aprecia que hay un crecimiento leve durante la primera década, alcanzando recién las 10000 unidades en 2032, coincidiendo también con el periodo donde comienza un alza muy acelerada de las ventas hasta 2036, para que desde 2037 las cantidades vendidas sean iguales a la del escenario 2, por lo que, desde ese año, un subsidio del 16% no genera un efecto adicional en las ventas respecto a uno del 10%. Así, se tiene que para el año 2030, las ventas anuales de autos eléctricos corresponden a un 4,8% del total de la categoría autos, mientras que al año 2036 se cubre el 100% del mercado. En el *Gráfico 39* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 34*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

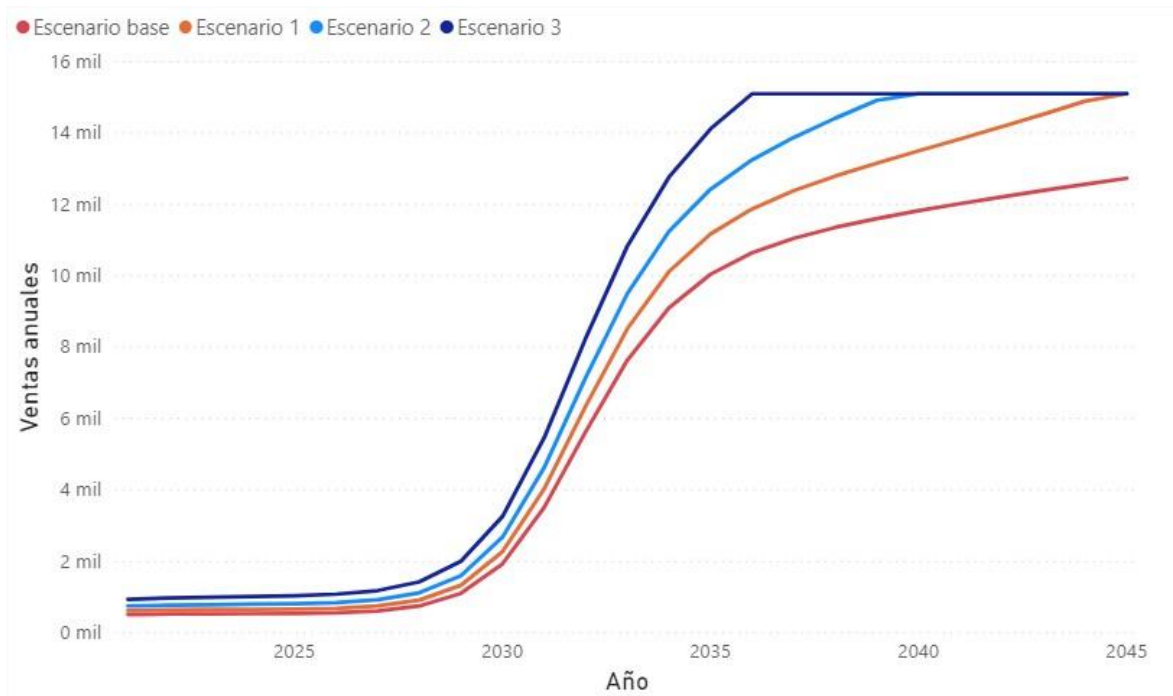
- *Autos PHEV*: La curva de ventas de los PHEV tiene un comportamiento distinto al de las otras categorías con un rápido ascenso inicial, para posteriormente mantenerse con una crecimiento más suave con tendencia lineal. Luego, en los periodos que se presentan las mayores diferencias porcentuales de ventas respecto al escenario base, es en los primeros dos, teniendo al menos 10000% más de ventas que si no hubiese subsidio, con un máximo de 15104% adicional alcanzado en 2022, lo que baja drásticamente hasta 2029, período en el cual se tiene un 29% de diferencial adicional, y desde donde sigue bajando este, pero a un ritmo más leve hasta llegar al 1% más de ventas en comparación con el escenario base al año 2045. El número de vehículos vendidos es mayor a 10000 unidades anuales a partir de 2021, es decir 6 años antes que en el escenario base, mientras que desde 2022 en adelante se ve un alza anual en el monto vendido de aproximadamente 500 unidades. Comparando con el escenario 2, el nivel de ventas anuales se iguala en 2024, es decir solo hasta 2023 un subsidio del 16% al precio de los vehículos PHEV genera un efecto en las ventas anuales siendo comparado con uno del 10%. Así, se tiene que desde 2022 la cantidad de PHEV vendidos representa un 100% del total del segmento autos gama alta. En el *Gráfico 40* se muestra el comportamiento de las ventas a lo largo de los años y en la *Tabla 34*, el nivel de ventas alcanzado en 3 periodos.

Tabla 34: Ventas anuales de las distintas categorías ecológicas en el escenario 3

Categoría/Año	2025	2035	2045
Taxi EV	1037	14117	15100
Auto EV	13858	317118	399737
Auto PHEV	23135	28888	36073
Comercial EV	1592	101602	150303

A continuación, se presentan los gráficos según categoría de la evolución de ventas anuales por escenario:

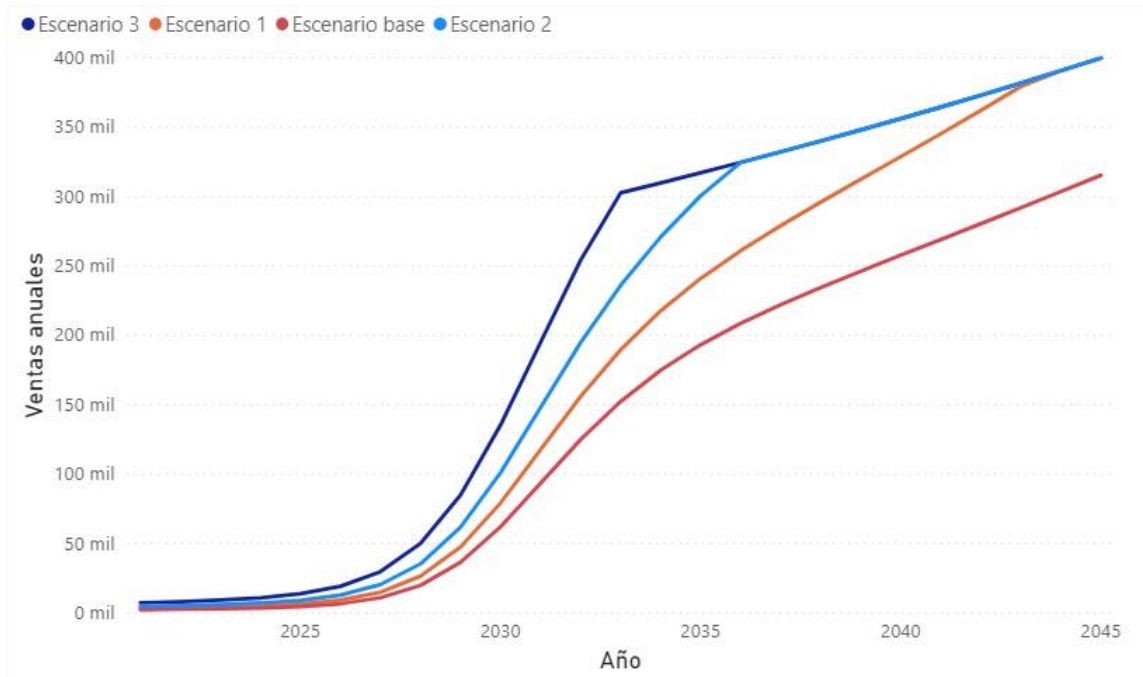
Gráfico 37: Evolución de las ventas anuales de los taxis EV en los diferentes escenarios



Fuente: Elaboración propia

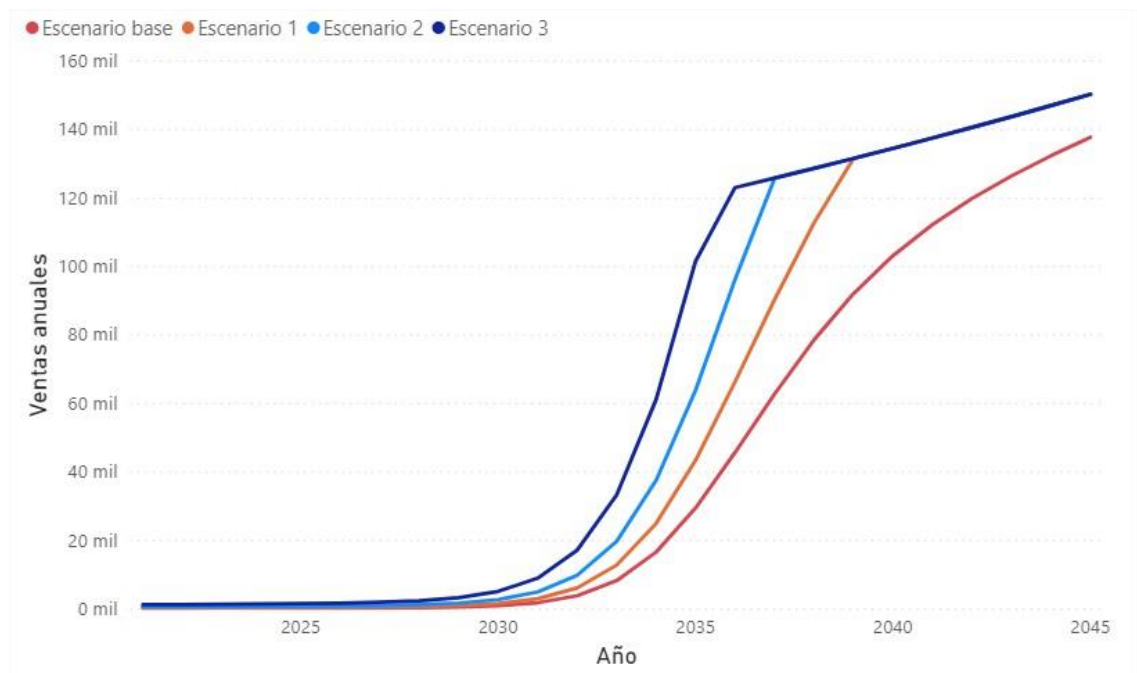
Se aprecia entonces que existen puntos donde convergen las ventas anuales de cada escenario, y que a partir de esto la tendencia es mantener una línea plana, lo que es explicado debido a que esta categoría vehicular alcanzó su punto máximo de ventas anuales de 15100 unidades.

Gráfico 38: Evolución de las ventas anuales de los autos EV en los diferentes escenarios



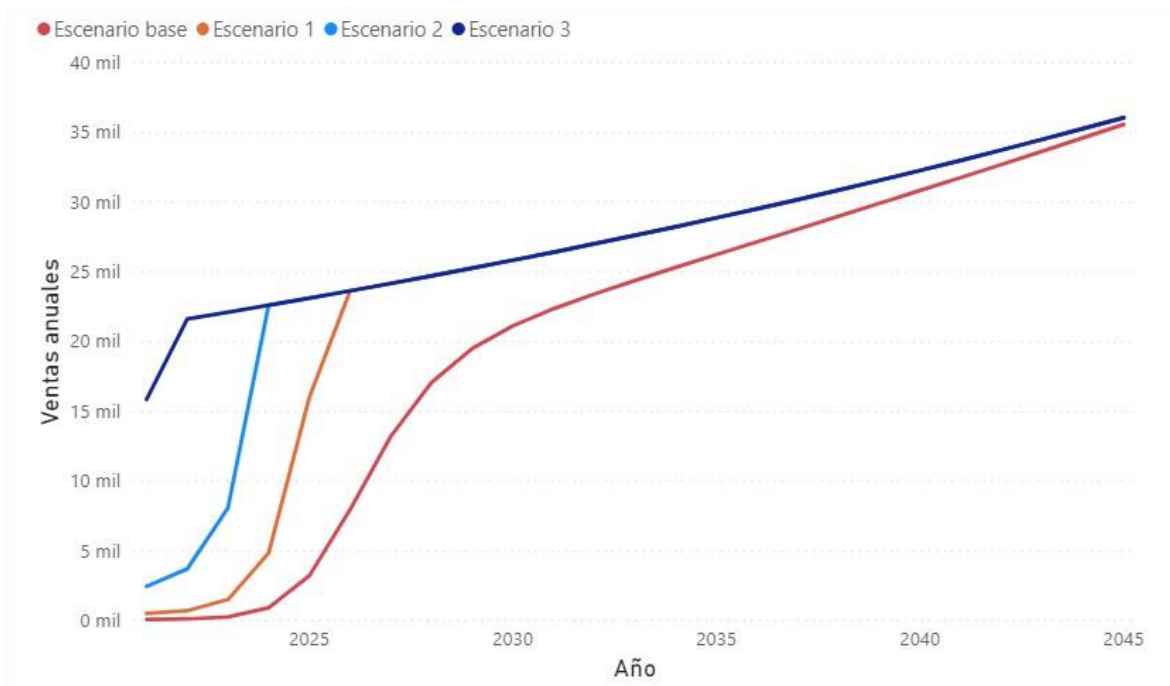
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 39: Evolución de las ventas anuales de los comerciales EV en los diferentes escenarios



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 40: Evolución de las ventas anuales de los autos PHEV en los diferentes escenarios



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que las otras tres categorías, como ocurre también con los taxis EV el escenario 2 y 3 convergen en cuanto a nivel de ventas a partir de un año, pero a diferencia del caso de los taxis las ventas siguen subiendo, pero con una pendiente similar, lo que se explica debido a que se alcanza el nivel máximo de participación de mercado en esa categoría, es decir el 100%, y a partir de aquí, el incremento anual en el número de vehículos vendidos que se aprecia como una línea ascendente, se explica por el alza natural que tiene cada año el mercado relacionado con factores socioeconómicos. Por otro lado, es importante notar que en ninguna categoría se alcanza a cubrir la totalidad de las ventas anuales del mercado si es que no hay un subsidio al precio del vehículo que es lo que se evalúa en este estudio, o algún otro tipo de incentivo, lo que principalmente puede ser explicado debido al bajo factor de

innovación, es decir el valor p^{62} , utilizado como parámetro de Bass para calcular la adopción de la tecnología en el tiempo.

5.3 Parques automotores en los distintos escenarios de aporte estatal al precio

Posteriormente, se realizaron los mismos procedimientos que para el cálculo del parque en el escenario base pero ahora para los escenarios 1, 2 y 3 de reducción de precio, con el fin de obtener la cantidad de vehículos presentes en el país en cada caso, y así poder analizar si es que aumenta de manera significativa el parque automotriz de vehículos ecológicos en sus distintas categorías. A continuación, se detallará más a profundidad acerca de las diferencias entre los parques en cada escenario en las respectivas cuatro categorías vehiculares en estudio.

5.3.1 Escenario 1

- *Taxis EV*: El incremento causado en el parque de taxis EV, respecto a la cantidad de estos mismos que hubiese habido sin subsidio se mueve en el rango de entre un 12% y 22% adicional por año, siendo los años donde la diferencia es mayor entre 2022 y 2030, con al menos un 20% más de taxis eléctricos por año de lo que hubiese habido sin subsidio. Respecto al escenario base, se tiene que las 1000 unidades se alcanzan el mismo año y que, además, en los últimos tres años del pronóstico, el adicional de unidades tiende a estabilizarse en torno a las 10000 unidades más. En la *Tabla 35*, se

⁶² Ver valores en *Tabla 18* y *Tabla 19*

puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 44*, se muestra la evolución del adicional de parque respecto al escenario base.

- *Autos EV*: La cantidad adicional de autos movidos por un motor eléctrico respecto al escenario base se mueve en un rango de entre un 25% y un 40% por año, siendo la primera década, y más en específico el período entre 2021 y 2028 el que tiene una cantidad porcentual mayor respecto a que si no se hubiese aplicado subsidio, con números por sobre el 35% anual. En cuanto a las cantidades de autos EV anuales, las mayores diferencias comienzan a verse a partir de 2032, donde se tiene un adicional de 98844 unidades en comparación al escenario base, diferencia que se hace mayor año a año, con una tendencia exponencial que a finales de esta misma década se vuelve lineal. El millón de unidades se alcanza un año antes que cuando no hay subsidio, es decir en 2035. En la *Tabla 35*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 45*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.
- *Autos PHEV*: En esta categoría, a diferencia de las anteriores, se ve un porcentaje adicional de parque híbrido enchufable significativamente mayor que en el escenario base, moviéndose estos en un amplio rango de entre un 15% y un 381% anual, concentrándose los períodos con una mayor diferencia a favor del escenario con el 5% de precio subsidiado entre 2021 y 2028, superando esta el 100% anual en cada uno de estos períodos y llegando a cuadruplicarse la cantidad de autos PHEV en este escenario en un periodo del mencionado intervalo de años. Posterior a 2031, a pesar de que se continúa viendo un incremento en las magnitudes de las diferencias de parque automotriz respecto al escenario base, se ve una disminución constante del

porcentaje adicional que se tiene año a año, lo que puede ser explicado en parte debido a que esta categoría posee una mayor madurez, alcanzando en este caso a ser más de la mitad del parque sumado entre “autos ICE gama alta” y “autos PHEV”. En cuanto a magnitudes de cantidades de autos presentes en el parque, las 1000 unidades se superan 2 años antes que en el escenario base, al igual que en el caso de los 100000 automóviles PHEV presentes en el parque, ocurriendo esto último en 2029. En la *Tabla 35*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 46*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

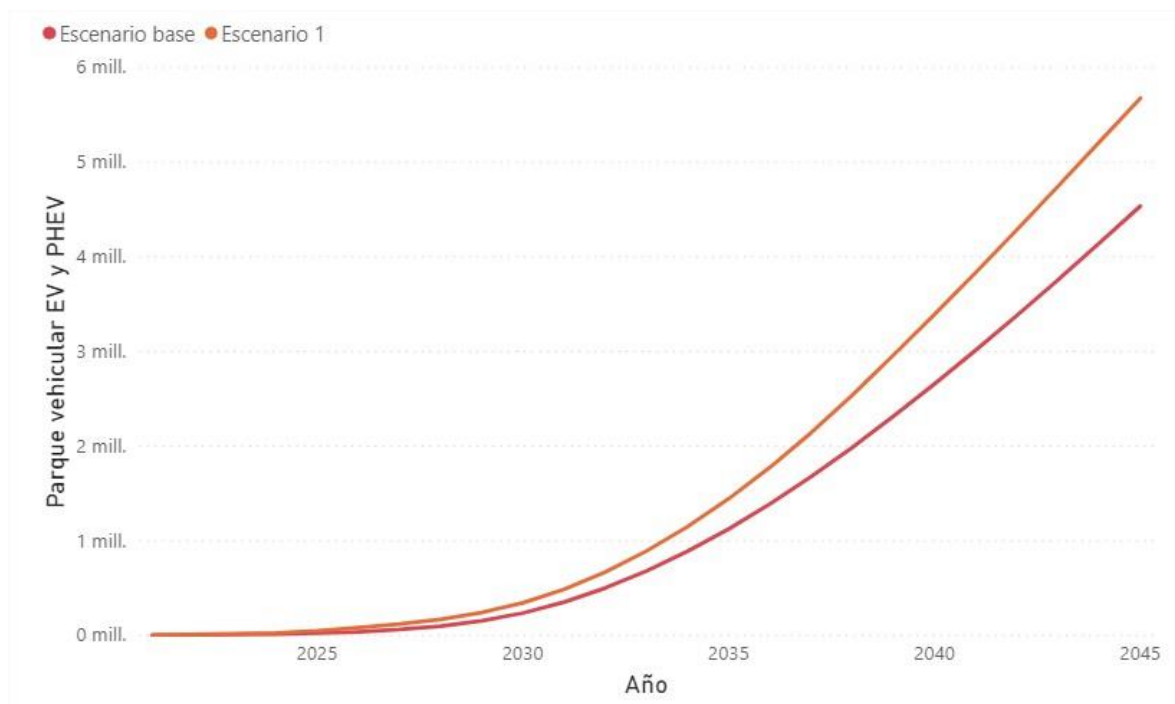
- *Comerciales EV*: Esta categoría también presenta algunas singularidades, teniéndose que las mayores diferencias entre el parque vehicular de este escenario y del base se ven con un desfase de algunos años en comparación a las otras categorías y con una duración mayor. Así, se tiene que esto ocurre entre 2023 y 2032, con parques anuales vehiculares de comerciales EV un 60% mayores a los del escenario base y con un rango de entre un 25% y un 69% adicional por año en los 25 años estimados. En lo referido a magnitudes de las cantidades, las 1000 unidades se alcanzan 1 año antes que en el caso sin subsidio, es decir en 2023. En la *Tabla 35*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 47*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

Tabla 35: Parque vehicular por categoría en escenario 1

Categoría/Año	2025	2035	2045
Taxi EV	2415	34488	81804
Auto EV	23301	1063787	3902403
Comercial EV	2219	94120	1205496
Auto PHEV	23597	252582	486841
Total	51532	1444977	5676544

Considerando entonces los antecedentes para cada categoría, se tiene finalmente que la mayor diferencia porcentual entre el parque vehicular de PHEV y EV con el escenario base y el adicional que se posee con un subsidio de un 5% en el precio de compra, se da en el año 2027, donde el parque duplica lo que hubiese habido sin este subsidio, con cerca de un 103% más de este tipo de vehículos, si es que se suman todas las categorías. Además, se puede ver que el incremento porcentual de mayor importancia se da en la primera década, decayendo este con el paso de los años y ya con una menor pendiente, con números en torno al 30% desde 2034 en adelante. En cuanto a las cantidades se tiene que el millón de unidades se alcanza un año antes que en el escenario base, llegando en 2045 a un total de 5658823 vehículos PHEV y EV en sus distintas categorías en el escenario 1. En el *Gráfico 41* que se muestra a continuación, se puede apreciar la evolución del parque vehicular de PHEV y EV en el escenario base y en el escenario 1.

Gráfico 41: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV del escenario base vs escenario 1



5.3.2 Escenario 2

- *Taxis EV*: La cantidad adicional de taxis eléctricos que habrían respecto al escenario base como consecuencia de un subsidio de un 10% al precio de estos, varía entre un 23% y un 50% anual, concentrándose los mayores incrementos porcentuales en la primera década, donde se tiene que en los 10 períodos se supera el 40% anual más de taxis EV presentes. El peak se alcanza en 2027 y 2028 con un 50% más de estos vehículos que en un escenario sin subsidio, teniendo una fuerte baja entre 2029 y 2032, siendo este último el año en que se estabiliza el porcentaje adicional en comparación al escenario sin subsidio, de automóviles de esta categoría. Finalmente, a partir de 2039 se aprecia un descenso constante de a lo más 1% anual en esta medida. En cuanto a las magnitudes del parque, las 10000 unidades se alcanzan 1 año antes que en escenario base y para 2045 queda cubierto aproximadamente un 87% del parque vehicular de la categoría taxis con vehículos del tipo eléctricos. En la *Tabla 36*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 44*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.
- *Autos EV*: El monto adicional de autos eléctricos en circulación por las calles de Chile en el escenario 2 se mueve en el rango de entre un 41% y un 95% anual en el período estudiado. Estos porcentajes alcanzan sus mayores diferencias en el periodo comprendido entre 2022 y 2027, años en que se supera al menos en un 90% la cantidad de autos EV del parque vehicular respecto al escenario base, teniéndose un peak en 2 años, que son el 2024 y 2025 con un 95% adicional. Posterior a esto, y, al igual que en los taxis, se aprecia una fuerte baja, que se estabiliza por algunos años de la década de 2030 en torno al 60% adicional, para que desde 2035 en adelante se

vea una baja con tendencia casi lineal cercana al 2% anual. En cuanto a las magnitudes de estas cantidades, se ve que las 10000 unidades se alcanzan 1 año antes que en el escenario sin subsidio, esto es en 2023, al igual que ocurre con el millón de autos EV que se logra en 2035. Así, se tiene una curva donde a partir de 2030, contrario a lo que sucede con los porcentajes, muestra que cada vez las diferencias entre los parques de autos EV son mayores. En la *Tabla 36*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 45*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

- *Autos PHEV*: Esta categoría, como en los otros escenarios, al tener ciertas características distintas, posee un comportamiento distinto en cuanto a los porcentajes. El adicional de autos PHEV respecto al escenario base se mueve en un amplio rango de entre un 20% y un 2142% anual en el periodo estudiado, concentrándose las mayores alzas de parque entre 2021 y 2030, en donde al menos se duplica este, y alcanzándose un peak en 2024, en donde el parque vehicular de esta categoría es 2142% mayor a que si no hubiese subsidio. Es importante mencionar respecto a esto que después de 2025 y hasta 2029 se ve una baja importante en la diferencia porcentual de vehículos presentes entre este escenario 2 y el base. Esto se tiende a estabilizar a medida que pasan los años, pero manteniéndose hasta el 2045 un descenso respecto al año anterior. En cuanto a las magnitudes de estas diferencias, las 1000 unidades se alcanzan 3 años antes que en el caso en que no se tiene subsidio, y 4 años antes para el caso de las 100000 unidades de autos PHEV, a las que se llegan en 2027. Entonces, se tiene una curva donde las cantidades adicionales respecto al escenario base, al igual que en los porcentajes se tienden a estabilizar, pero en este caso, manteniéndose el incremento anual en la cantidad de vehículos presentes en el

parque, esto concordante con el alza global natural que se presenta en la cantidad de vehículos en circulación en el país año a año. En la *Tabla 36*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 46*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

- *Comerciales EV*: En esta categoría también se ven comportamientos distintos, pero en este caso, esto se ve reflejado en los montos del parque y en el comportamiento de la curva de cantidades adicionales respecto al escenario base. En cuanto al diferencial porcentual, este perdura por más tiempo con números elevados, presentándose las mayores diferencias anuales entre 2021 y 2037 en donde al menos se duplica la cantidad de comerciales EV respecto al caso en que no se tiene subsidio, alcanzando un peak de un 186% adicional en 2029, y teniéndose que a partir de ese año comienza una baja continua en esta esta diferencia, siempre con más vehículos en el caso con subsidio de un 10% al precio. En lo referido a las cantidades del parque vehicular anual de comerciales eléctricos, las 1000 unidades se alcanzan 2 años antes que en el escenario base y se logra llegar al millón de unidades en 2043, a diferencia del caso sin subsidio donde se llega a algo más de 960000 unidades al finalizar el periodo de estudio. También se puede ver que el diferencial se amplía bastante a partir de 2033 aproximadamente, para comenzar a estabilizarse en la década de 2040, pero manteniendo un incremento al diferencial respecto al escenario base del año anterior. En la *Tabla 36*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 47*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

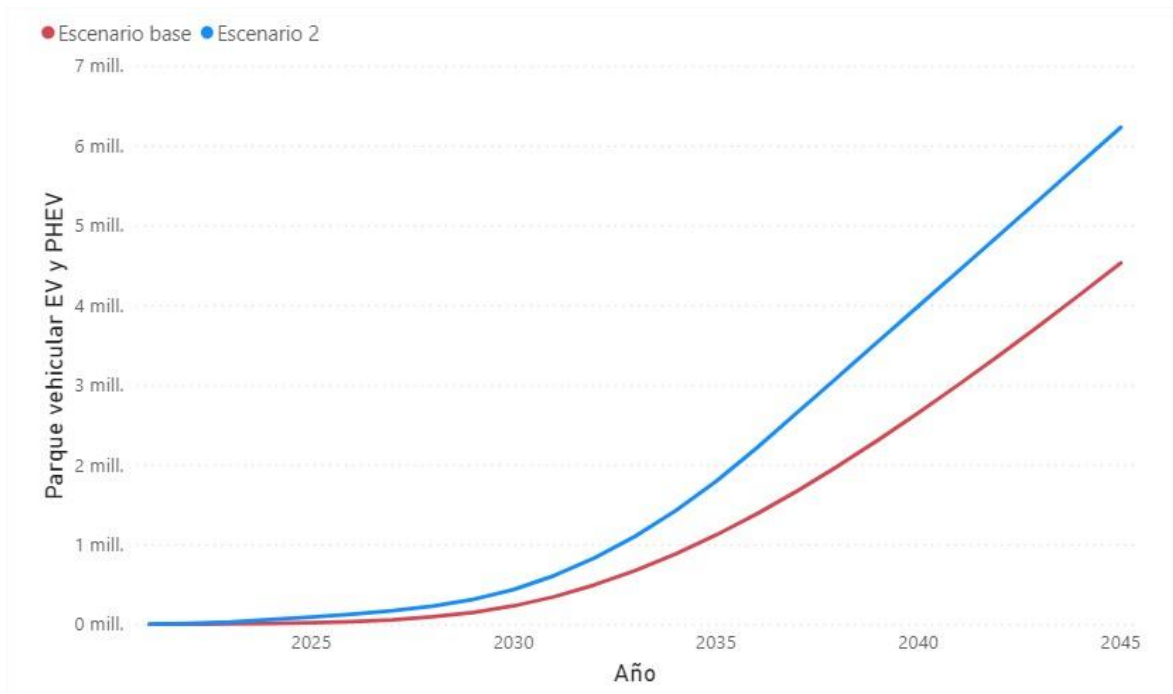
Tabla 36: Parque vehicular por categoría en escenario 2

Categoría/Año	2025	2035	2045
Taxi EV	2939	38740	87041

Auto EV	32618	1337230	4333775
Comercial EV	3698	142446	1308126
Auto PHEV	58761	279602	507603
Total	98015	1798017	6236544

De esta manera, se tiene que sumando todas las categorías de vehículos ecológicos las mayores diferencias porcentuales entre el escenario 2 y el base, se dan entre 2022 y 2030, donde al menos se duplica el monto de estos automóviles presentes en las calles nacionales, alcanzándose un peak de 267% más que en el escenario base en 2026, año desde el cual este diferencial medido en porcentajes comienza a disminuir constantemente, lo que persiste año a año en el rango temporal estudiado. Respecto a cantidades, estas muestran un comportamiento de curva S, la cual alcanza su punto de inflexión aproximadamente en 2037. Las 10000 unidades se alcanzan 1 año antes que en el escenario base y al millón de estos se llega 2 años antes que en el caso en el cual no se tiene subsidio, es decir en 2033. Finalmente, se termina al 2045 con un parque de vehículos EV y PHEV que alcanza las 6221387 unidades, es decir un 53% del total presente en ese periodo. En el *Gráfico 42* que se muestra a continuación, se puede apreciar la evolución del parque vehicular de PHEV y EV en el escenario base y en el escenario 2.

Gráfico 42: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV del escenario base vs escenario 2



5.3.3 Escenario 3

- *Taxis EV*: Esta es la única categoría y tipo de vehículo que no logra duplicar la cantidad del mismo vehículo EV que se tenía en un escenario sin subsidio, pero se acerca alcanzando algo más de un 90% adicional en algunos periodos. Así se tiene que las diferencias porcentuales en cada año de estudio varían entre el 26% y el 91%, concentrándose los mayores valores entre 2022 y 2030, que es donde se logra al menos superar el 80% adicional de taxis EV versus el escenario base. El peak se alcanza en los años 2027 y 2028 con un 91%, siendo este último, el año a partir del cual comienza una baja sostenida de este diferencial porcentual, la cual es muy fuerte hasta el 2034, en donde continua hasta el final del periodo estudiado, con una tendencia lineal y con una pendiente menos inclinada. En cuanto a cantidades, se tiene que las 5000 unidades se alcanzan 3 años antes que en escenario base, además de que

se puede observar de que la curva de diferencias de cantidades posee un alza importante la primera mitad de la década de 2030. También, por primera vez en esta categoría se ve que las diferencias comienzan a descender, lo que ocurre en la parte final del periodo estudiado, a partir de 2041, en donde se alcanza un máximo de 19926 unidades adicionales en comparación a que si no hubiese habido subsidio, para terminar con 18597 unidades adicionales en 2045. Ese mismo año se tiene que el parque de taxis EV alcanza algo más de un 89% del total de taxis. En la *Tabla 37*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 44*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

- *Autos EV*: En los autos eléctricos, las diferencias porcentuales entre este escenario y el base se mueven entre un 49% y un 194% anual, con un largo periodo en el cual al menos se duplica la cantidad de autos presentes en el parque vehicular gracias a este subsidio en el precio del vehículo. Estas medidas, alcanzan sus mayores valores entre 2021 y 2029, años en donde por lo menos se supera el 150% adicional de taxis EV, alcanzando un peak en el año 2024, con el 194% adicional ya mencionado. A partir de este último año comienza una tendencia a la baja no lineal hasta el final del intervalo de tiempo estudiado. En cuanto a las cantidades, las 10000 unidades se alcanzan 2 años antes que en el escenario base, en tanto que la diferencia se amplía año a año durante todo el periodo estudiado, totalizándose aproximadamente cuatro millones y medio de autos EV al año 2045. En la primera década la curva presenta un alza muy baja, haciéndose esta más importante a partir de 2030. Se puede apreciar que la forma de esta tiende a una curva S, pero con una inclinación que se va haciendo más leve los últimos años. En la *Tabla 37*, se puede ver la cantidad en 3 períodos

distintos y en el *Gráfico 45*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

- *Autos PHEV*: Esta categoría es la que presenta mayores variaciones porcentuales con un subsidio al precio de un 16% respecto al parque vehicular de autos PHEV del escenario base. Así se tiene que estas alzas varían entre un 26% y un 7278%, presentándose las mayores diferencias en el comienzo, entre 2021 y 2025, donde al menos se tiene que esta es de 10 veces más que el propio parque existente sin subsidio. El peak de 7278% de diferencia se alcanza el año 2024, año a partir del cual se aprecia una drástica baja hasta el comienzo de la década siguiente, donde, a pesar de que esta diferencia porcentual sigue bajando, lo hace de forma más leve. En cuanto a cantidades, las 10000 unidades se alcanzan ya en el primer año, es decir en 2021, lo que corresponde a 5 años antes respecto al escenario base, en tanto que los 100000 autos PHEV se tienen en 2025, lo que es 6 años antes que si no hubiese habido subsidio. Además, se aprecia que el diferencial adicional en los primeros años crece desde un principio y no tan abruptamente como en los otros 2 escenarios para los PHEV, mientras que al avanzar los años y a partir de 2030 aproximadamente, esta alza va en desaceleración. Posteriormente, desde 2033 el alza respecto al escenario base comienza a disminuir sistemáticamente hasta el final del intervalo de tiempo en estudio. Así, se tiene que con un 16% de subsidio al precio de estos vehículos, se logra a 2045 que estos logren un 76,1% de penetración en el parque a diferencia del 60,6% que se lograba con el escenario base. En la *Tabla 37*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 46*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

- *Comerciales EV*: En los comerciales EV, como en los casos anteriores se tiene que los montos iniciales de parque anual son mucho menores a otras categorías lo que puede ser explicado principalmente por la tardanza en recibir las últimas tecnologías en motores tal y como ocurre en la actualidad, donde se ve un desfase de algunos años en la tecnología de los comerciales ICE respecto a la de los autos ICE. Entonces, se tiene que para este caso de subsidio las diferencias amplias, es decir, en donde al menos se duplica el parque respecto a lo que se tenía sin subsidio, duran 19 de los 25 años en estudio, concentrándose las mayores diferencias entre los años 2025 y 2031, donde se tiene que esta es al menos un 400% mayor que el propio parque existente en el escenario base, alcanzando un peak de 441% en el año 2029, para posteriormente comenzar un fuerte descenso el cual se hace más suave a partir de 2040, teniendo finalmente en 2045 un 45% más de parque de comerciales EV que en el escenario base. Respecto a las diferencias de las magnitudes de las cantidades, esta tiene una forma de curva S, muy aplanada durante la primera década y algo más, pero llegando a las 10000 unidades 6 años antes que cuando no se tenía subsidio, para tener un importante incremento a partir de 2033 aproximadamente y hasta 2039, donde este se comienza a suavizar, pero manteniéndose al alza siempre respecto al año anterior. Se tiene aquí, que a diferencia del escenario base, se alcanza el millón de unidades durante el rango estudiado, lo que ocurre al año 2042. En la *Tabla 37*, se puede ver la cantidad en 3 períodos distintos y en el *Gráfico 47*, se muestra la evolución del parque adicional respecto al escenario base.

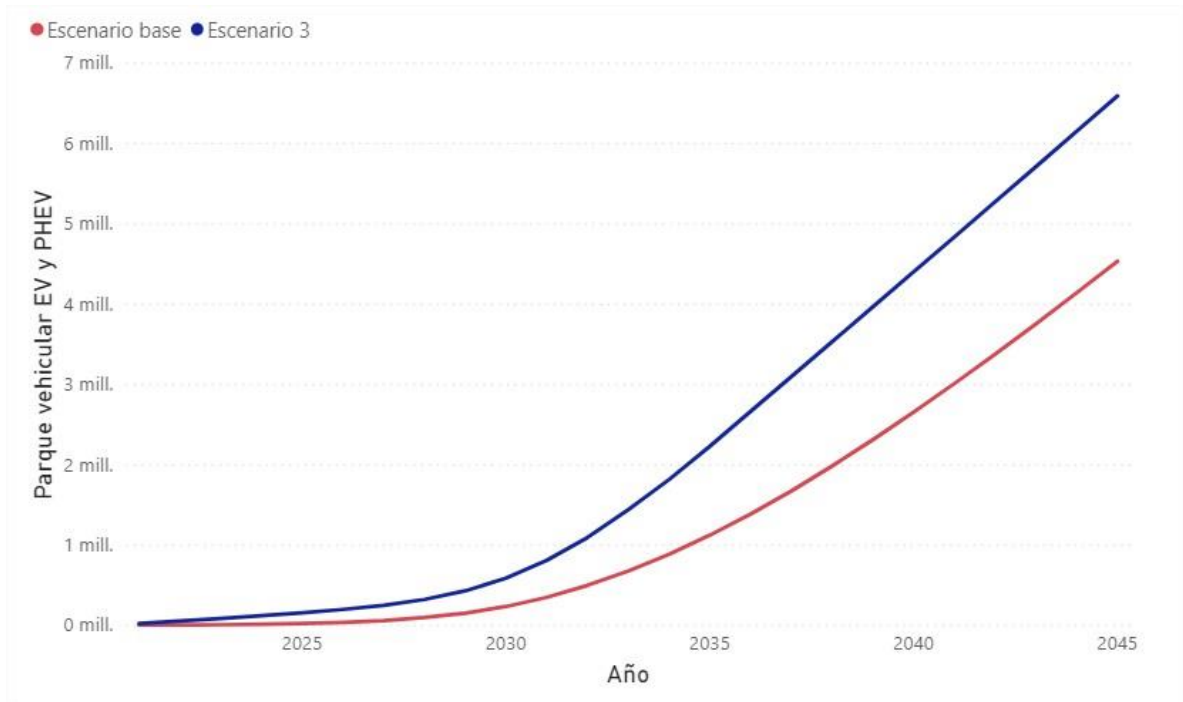
Tabla 37: Parque vehicular por categoría en escenario 3

Categoría/Año	2025	2035	2045
Taxi EV	3721	44570	89215

Auto EV	48971	1641437	4573010
Comercial EV	6894	234764	1400209
Auto PHEV	100703	311831	532368
Total	160290	2232603	6594801

Analizando la suma total de vehículos PHEV y EV en el escenario 3, se tiene que las mayores diferencias porcentuales respecto al escenario base se alcanzan en la primera década, siendo el intervalo de años de mayor diferencia entre 2022 y 2025, con un incremento de al menos un 500% respecto al parque de PHEV y EV sin subsidio en cada periodo. El peak se alcanza en 2023, donde este diferencial es de un 677% mayor que el parque del escenario base. A partir de aquí, comienza un fuerte descenso hasta 2030, año en que se suaviza la curva de esta medida y comienza a tener una menor inclinación, teniendo un comportamiento cercano al lineal, pero manteniendo la tendencia al alza. Así, se tiene que el millón de unidades de vehículos ecológicos se alcanza en 2032, es decir 3 años antes que en el escenario base. Finalmente, se tiene que el parque vehicular de estos tipos de vehículos llega a un 10% del total al año 2031, alcanzando un 56,5%, correspondientes a 6594801 unidades para el año 2045. En el *Gráfico 43* que se muestra a continuación, se puede apreciar la evolución del parque vehicular de PHEV y EV en el escenario base y en el escenario 3.

Gráfico 43: Evolución del parque vehicular de PHEV y EV del escenario base vs escenario 3



A continuación, se presentan los gráficos referenciados con anterioridad en cada categoría para los distintos escenarios de evolución del parque vehicular por categoría.

Gráfico 44: Evolución del parque de taxis EV en cada escenario

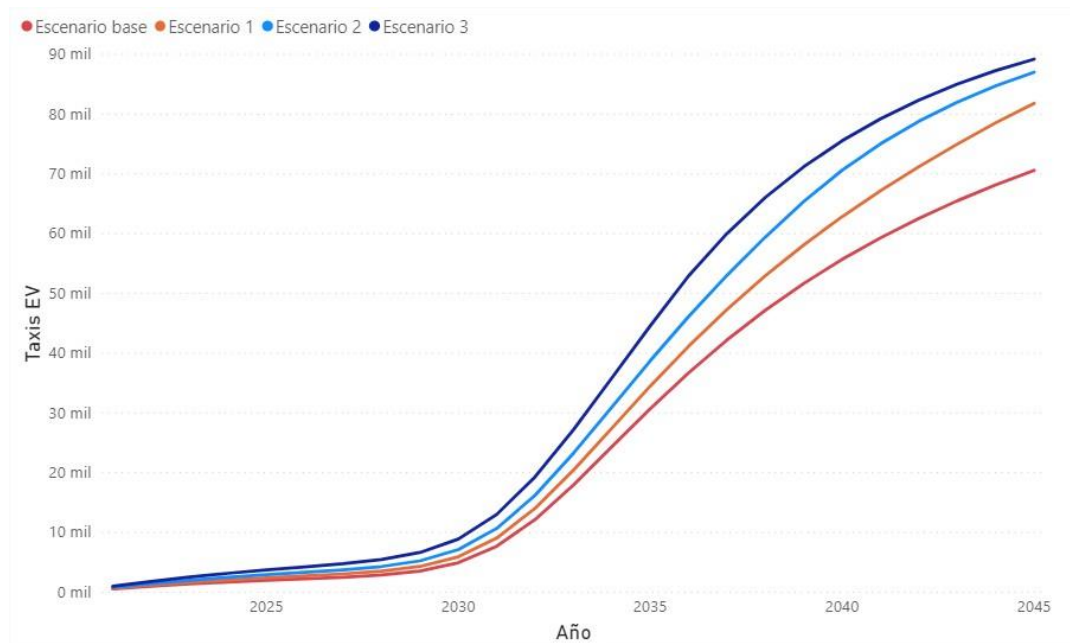


Gráfico 45: Evolución del parque de autos EV en cada escenario

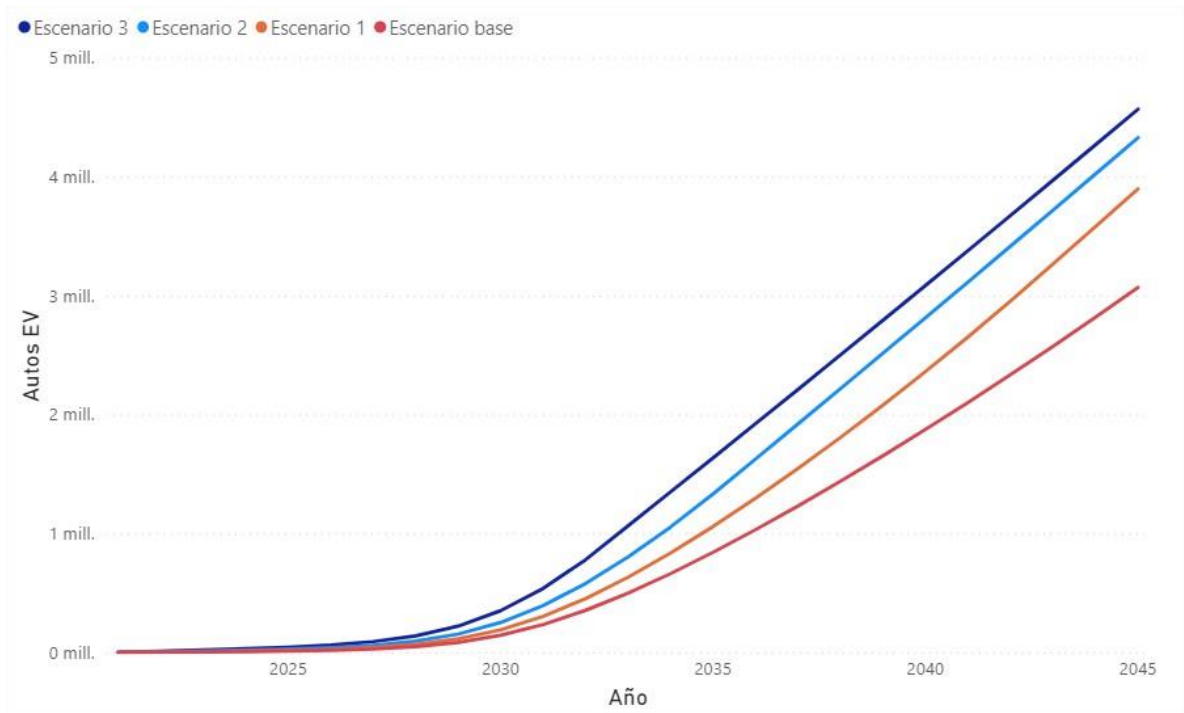


Gráfico 46: Evolución del parque de autos PHEV en los distintos escenarios

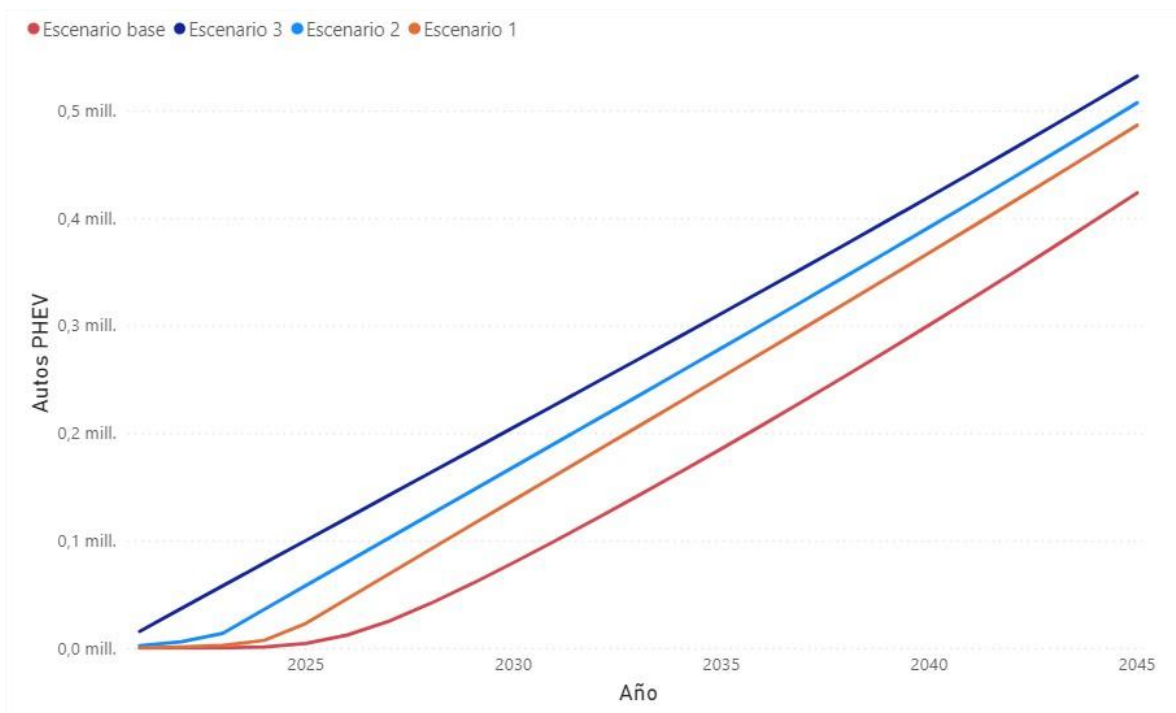
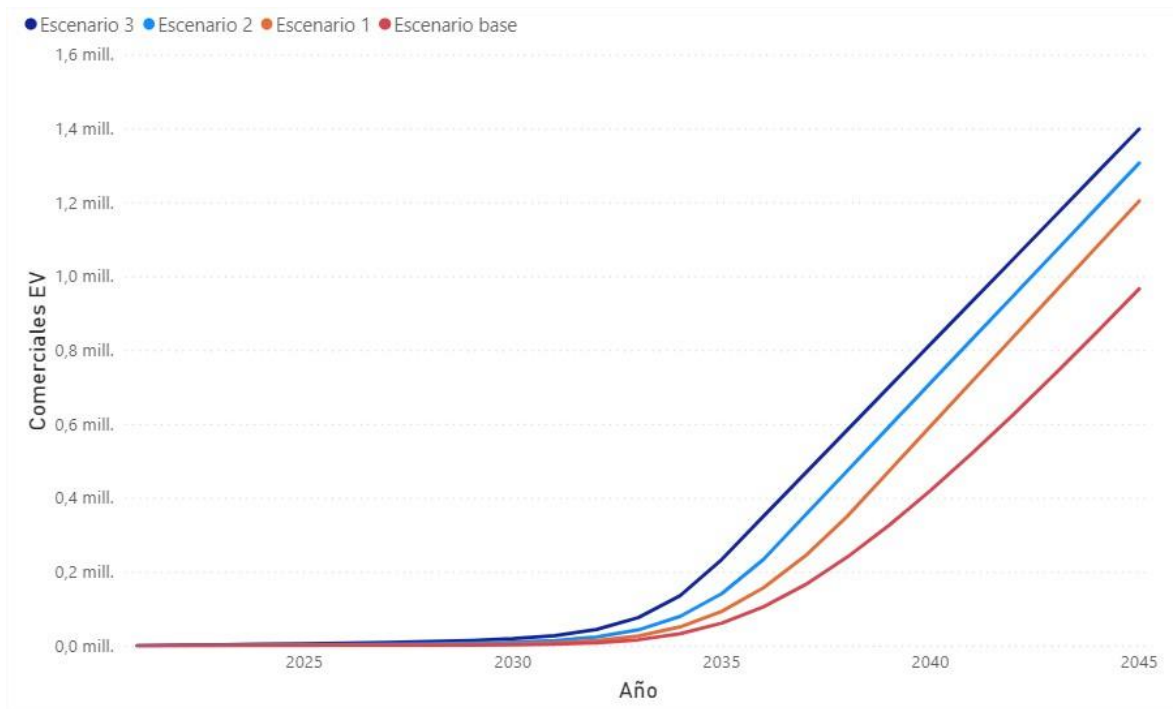


Gráfico 47: Evolución del parque de comerciales EV en los distintos escenarios



5.4 Emisiones de CO2 equivalente y beneficio social

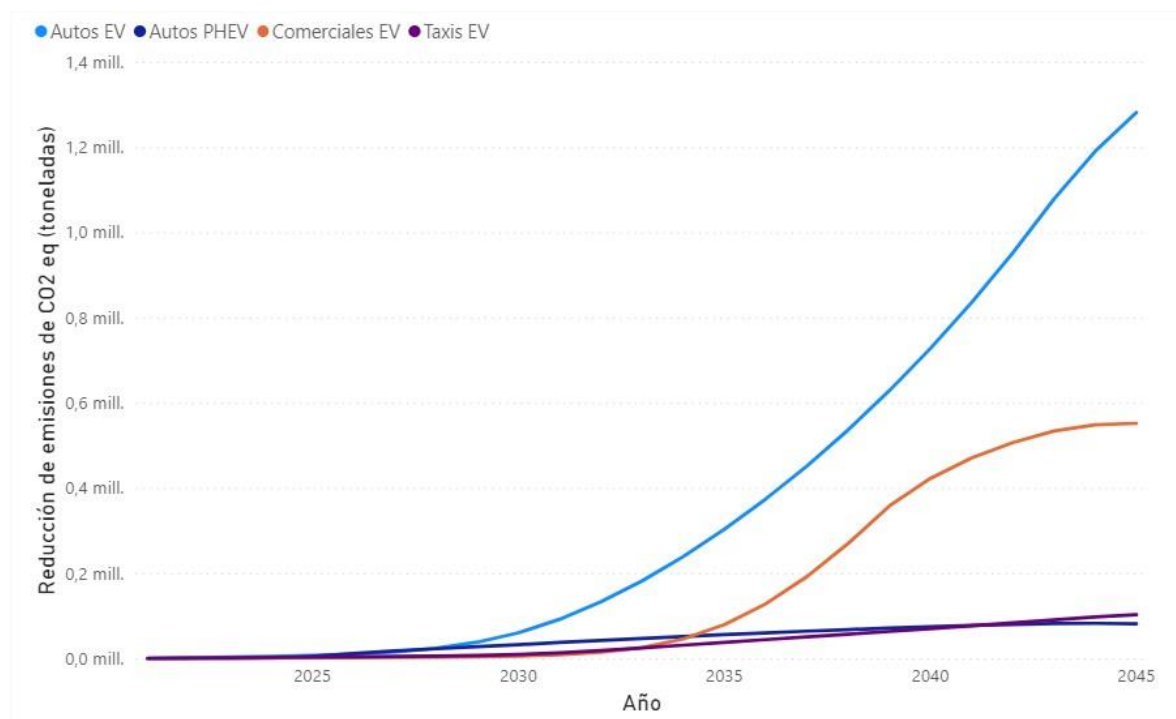
Se estima que las emisiones de gases de efecto invernadero directo por automóvil, medidas en toneladas de CO2 equivalente, tiendan a la baja en Chile, esto acorde a lo que se ha presentado en las últimas décadas en todos los vehículos livianos y medianos, además del desarrollo de tecnologías y aumento de normativas en el resto del mundo. Así, se tiene que a partir las emisiones presentadas ya en el *Anexo 24*, se calcularon las emisiones totales en los distintos escenarios y la reducción de estas provocada a causa del propio aumento en vehículos EV y PHEV en detrimento de los ICE que hubiesen sido comprados sin los subsidios, y siguiendo la metodología presentada en *Cálculo del beneficio social*. No se ahondará profundamente en el comportamiento de las tendencias a futuro en cuanto a la reducción total por categoría debido a que esta tiene directa correlación con las diferencias

de parque vehicular presentadas en el ítem anterior. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada escenario.

5.4.1 Escenario 1

De la *Ecuación 24* y con los parques obtenidos anteriormente, se tiene que la reducción de CO₂ equivalente anual posee la siguiente evolución a lo largo de los años:

Gráfico 48: Reducción anual de emisiones de CO₂ equivalente causadas por el subsidio del escenario 1 por categoría



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los autos EV concentran los mayores porcentajes de reducción anual de emisiones de CO₂ eq, correspondiendo estas a un máximo de 61% del total de la disminución de emisiones en los años 2033, 2034 y 2045, y siempre siendo parte importante de esta, con un 41% como mínimo en 2021. Además, se tiene que la reducción de emisiones

de CO2 equivalente por esta categoría corresponde al menos a un 50% del total reducido entre los años 2030 hasta el 2045. También, en un inicio, es decir entre 2021 y 2025, la reducción porcentual de emisiones de CO2 eq es casi en su totalidad por sustitución de taxis ICE y autos ICE a taxis EV y autos EV respectivamente, sumando estas en torno al 80% del total anual. Por otro lado, en los autos PHEV se ve una mayor participación en la reducción anual de CO2 eq entre los años 2026 y 2030, de entre un 30% y un 40% aproximadamente del total del decrecimiento de las emisiones en esos años. En tanto, los comerciales EV explican de manera muy baja la disminución anual de GEI directos en los primeros 15 años medidos, teniendo mayor relevancia a partir del 2037 donde superan el 25% de la reducción total de CO2 eq en cada uno de los años venideros. En lo referido a la disminución propiamente tal medida en toneladas, a partir de 2039 se vería una reducción equivalente a cerca de un 10% del total de las emisiones actuales de CO2 equivalente que se tienen en Chile, aportando los autos EV en gran mayoría a esto, debido a que la categoría autos es la que concentra la mayor parte del parque vehicular, superando el millón de toneladas de reducción en algunos periodos, seguido de los comerciales EV que desde 2041 provocarían con este escenario una disminución de al menos medio millón de toneladas de CO2 equivalente. Al tener los autos PHEV/ICE gama alta y los taxis ICE/EV una participación en el parque vehicular mucho más baja, la sustitución a autos PHEV o EV respectivamente no traerá como consecuencia un impacto significativo en cuanto al porcentaje total de emisiones reducidas, las que superaran en los últimos periodos las 100000 toneladas anuales para los taxis y que llegarán a algo más de 80000 toneladas no emitidas al año de CO2 equivalente en los PHEV, números notoriamente más bajos que en las otras dos categorías. Aun así, para el caso de los taxis EV, la reducción de emisiones que se provoca porcentualmente respecto al total que se hubiese emitido sin subsidio en la categoría taxis, es de un 38,1% al año 2045,

siendo la categoría de más importancia en este ítem. Finalmente, y respecto a lo último mencionado, la reducción porcentual de CO2 equivalente de cada categoría respecto al escenario sin subsidio se presenta en el *Anexo 27*.

A partir de estos datos entonces se calculó el beneficio social que se obtiene año a año en cada categoría debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero directo causada por la sustitución del parque vehicular ICE a EV o PHEV respectivamente. Los resultados son los siguientes:

Tabla 38: Beneficio social anual por categoría de aplicar el subsidio al precio del vehículo del escenario 1.

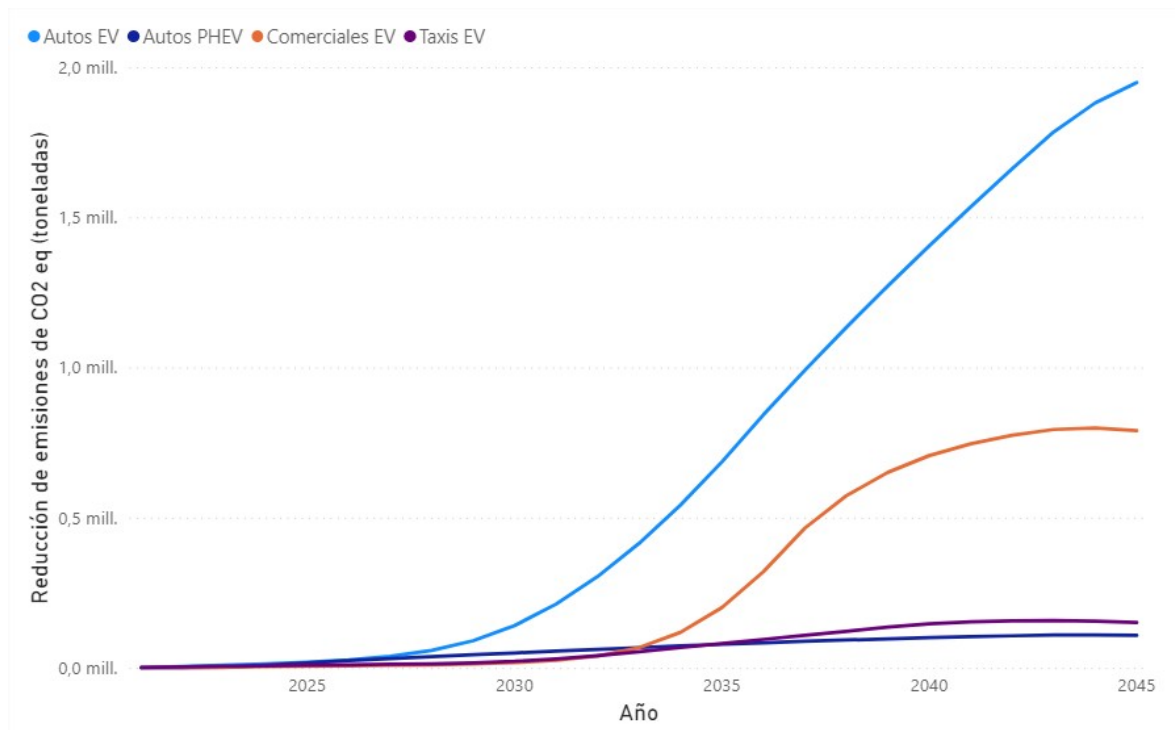
Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ 29,123,978	\$ 30,656,424	\$ 14,546,231	\$ 2,186,122
2022	\$ 54,800,320	\$ 64,504,559	\$ 27,974,949	\$ 5,652,149
2023	\$ 77,312,314	\$ 102,449,083	\$ 40,504,218	\$ 13,950,677
2024	\$ 96,996,068	\$ 146,896,568	\$ 52,464,772	\$ 43,108,851
2025	\$ 114,348,971	\$ 202,815,520	\$ 64,257,345	\$ 149,798,093
2026	\$ 130,263,531	\$ 280,528,646	\$ 76,466,713	\$ 306,151,814
2027	\$ 146,536,240	\$ 400,952,447	\$ 90,064,215	\$ 446,189,173
2028	\$ 166,941,221	\$ 602,319,051	\$ 106,829,783	\$ 572,038,136
2029	\$ 199,112,905	\$ 940,249,759	\$ 130,311,272	\$ 690,536,115
2030	\$ 255,580,374	\$ 1,470,162,609	\$ 168,074,889	\$ 806,218,582
2031	\$ 347,538,747	\$ 2,222,319,422	\$ 236,741,309	\$ 920,855,450
2032	\$ 473,088,508	\$ 3,195,791,319	\$ 371,343,033	\$ 1,034,547,175
2033	\$ 619,329,808	\$ 4,372,359,922	\$ 635,991,409	\$ 1,146,601,842
2034	\$ 774,003,077	\$ 5,731,899,248	\$ 1,121,965,348	\$ 1,256,030,016
2035	\$ 930,021,868	\$ 7,260,097,712	\$ 1,919,954,274	\$ 1,361,792,795
2036	\$1,084,470,436	\$ 8,950,052,993	\$ 3,082,382,140	\$ 1,462,917,709
2037	\$1,236,892,699	\$10,801,264,358	\$ 4,609,034,055	\$ 1,558,547,947
2038	\$1,388,144,913	\$12,818,100,424	\$ 6,462,143,528	\$ 1,647,958,534
2039	\$1,539,764,235	\$15,008,506,459	\$ 8,555,816,022	\$ 1,730,556,236
2040	\$1,693,657,733	\$17,383,098,240	\$ 10,105,257,813	\$ 1,805,871,606
2041	\$1,851,974,630	\$19,954,586,744	\$ 11,256,435,776	\$ 1,873,547,483
2042	\$2,017,083,649	\$22,737,441,883	\$ 12,117,291,333	\$ 1,933,326,221
2043	\$2,191,615,939	\$25,747,717,908	\$ 12,763,757,451	\$ 1,985,036,875
2044	\$2,361,168,460	\$28,417,924,776	\$ 13,110,476,279	\$ 1,997,326,990

2045	\$2,485,193,817	\$30,591,177,698	\$ 13,190,488,233	\$ 1,973,929,678
------	-----------------	------------------	-------------------	------------------

5.4.2 Escenario 2

Los resultados obtenidos de la *Ecuación 24* y con los parques resultantes mencionados anteriormente, se tiene que la reducción de CO₂ equivalente anual es la siguiente:

Gráfico 49: Reducción anual de emisiones de CO₂ equivalente causadas por el subsidio del escenario 2 por categoría



Fuente: Elaboración propia

Para este escenario se tiene que la participación de los autos EV en la disminución de las emisiones anuales es aún mayor en el ámbito porcentual, llegando esta a un 66% del total de las emisiones del año 2033. También, a partir de 2030 al menos el 58% de la disminución de GEI directos es explicada por la sustitución de autos ICE a autos EV, un porcentaje que supera al mínimo de 52% que se daba en este mismo rango de años con el escenario 1.

Además, lo mencionado con anterioridad vino en detrimento de los comerciales EV principalmente que, a diferencia del escenario 1, apenas alcanzan en 3 años a ser parte del 30% de la reducción de emisiones, aunque a partir del 2037 explican al menos el 25% de esta. Los taxis EV en tanto, que tenían una participación importante en los primeros años del rango estudiado, mantienen esto entre 2021 y 2023 pero con porcentajes algo menores de entre un 25% y un 35%. Por otro lado, en los autos PHEV, la participación significativa que se veía en el escenario 1 se sigue viendo en este, pero con un adelanto, es decir entre 2024 y 2029, y con porcentajes algo menores de las reducciones totales anuales de emisiones que vienen siendo de entre un 26% y un 34%. En cuanto a las toneladas propiamente tal de CO₂ equivalente, se tiene que, en 2035, es decir 4 años antes que en el escenario 1, se alcanza una reducción anual del 10% de las emisiones actuales de CO₂ eq, donde los autos EV y los comerciales EV mantienen las reducciones más importantes, pero aumentando en ambos casos respecto al escenario 1 la cantidad de toneladas. Así, en los autos EV el millón de toneladas reducidas anualmente se alcanza en 2038 y se bordean los dos millones en 2045, mientras que los comerciales EV logran llegar en el 2044 a las 800000 toneladas de CO₂ equivalente no emitidas gracias a este subsidio, mostrando una disminución de esta reducción en 2045. En tanto, por las razones ya mencionadas como son el menor número de parque vehicular presente, los taxis EV y los autos PHEV muestran montos menores, aunque alcanzando las 100000 toneladas anuales de disminución de emisiones en ambos casos, siendo esta en el caso de los taxis 8 años antes que en el escenario 1. En este caso, cabe mencionar que, para los taxis, las reducciones de emisiones de GEI respecto al escenario base alcanzadas en los últimos periodos son proporcionalmente más importantes que en el escenario 1, de más de un 50% en los últimos dos años en estudio, y con un 55,9% de reducción en comparación a lo que se hubiese emitido sin subsidio en 2045. En el caso de

los comerciales EV se alcanzan los dos dígitos porcentuales de disminución de emisiones anuales a partir de 2040 con un 13,6%, mientras tanto en los PHEV esta disminución en las emisiones provocada por el subsidio alcanza el 9,1% respecto al escenario base en 2043. En los autos EV se gana también importancia en este ítem, debido a que la reducción de emisiones equivale en el año 2045 al 25,8% anual de lo que se hubiese emitido en el escenario base a diferencia del 17% que se disminuía con el escenario 1. Más detalles del comportamiento de estas reducciones porcentuales a lo largo de los años se pueden ver en el Anexo 28.

A partir de estos datos entonces se calculó el beneficio social que se obtiene año a año en cada categoría debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero directo causada por la sustitución del parque vehicular ICE a EV o PHEV respectivamente.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 39: Beneficio social anual por categoría de aplicar el subsidio al precio del vehículo del escenario 2.

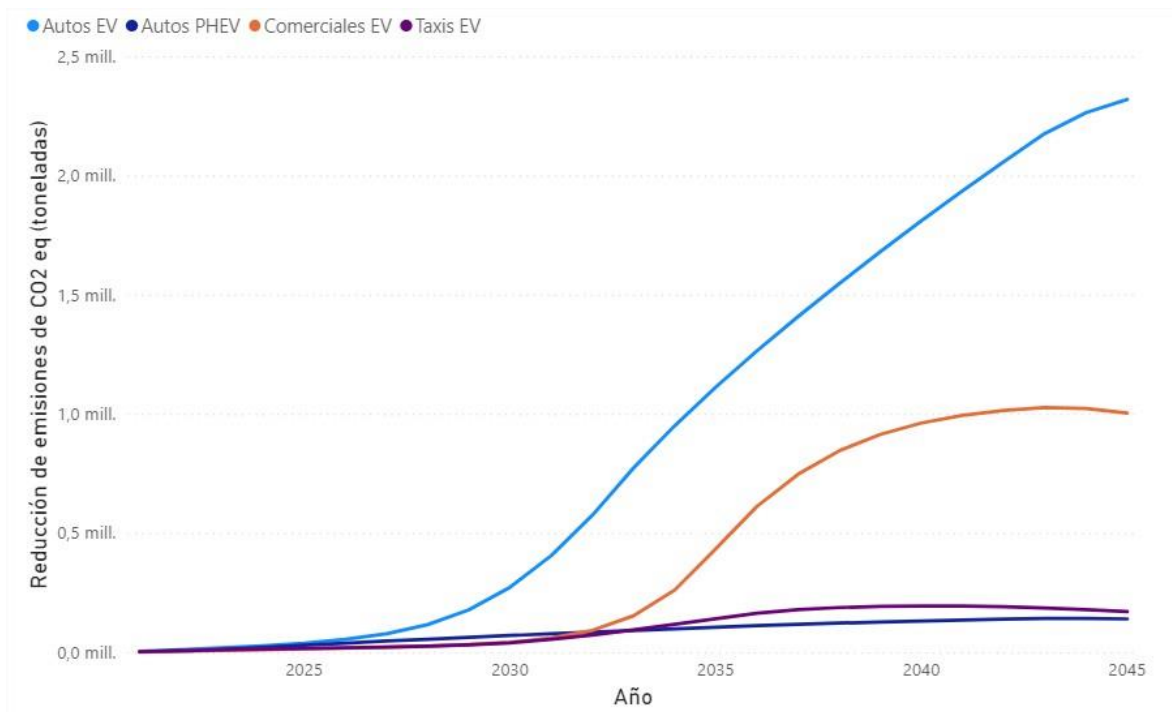
Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ 64,304,259	\$ 74,033,768	\$ 38,894,233	\$ 12,474,794
2022	\$ 121,138,073	\$ 155,771,520	\$ 74,976,085	\$ 33,617,115
2023	\$ 171,123,919	\$ 247,360,024	\$ 108,811,084	\$ 85,657,795
2024	\$ 214,993,630	\$ 354,476,387	\$ 141,267,817	\$ 247,778,680
2025	\$ 253,823,273	\$ 488,745,189	\$ 173,402,781	\$ 431,649,367
2026	\$ 289,539,777	\$ 674,080,964	\$ 206,763,858	\$ 615,682,005
2027	\$ 326,019,004	\$ 958,306,147	\$ 243,925,616	\$ 784,827,125
2028	\$ 371,372,512	\$ 1,427,404,824	\$ 289,592,347	\$ 940,411,382
2029	\$ 441,832,747	\$ 2,204,199,165	\$ 353,068,668	\$ 1,088,608,650
2030	\$ 563,496,672	\$ 3,408,819,690	\$ 453,948,563	\$ 1,233,420,585
2031	\$ 758,777,685	\$ 5,105,615,585	\$ 634,548,445	\$ 1,376,201,348
2032	\$1,022,707,477	\$ 7,292,233,930	\$ 982,280,029	\$ 1,516,739,977
2033	\$1,328,606,383	\$ 9,930,465,214	\$ 1,653,707,598	\$ 1,654,122,876
2034	\$1,651,910,975	\$12,979,063,619	\$ 2,867,143,584	\$ 1,787,214,244
2035	\$1,978,778,269	\$16,409,908,036	\$ 4,835,431,685	\$ 1,914,890,515
2036	\$2,303,767,499	\$20,143,385,389	\$ 7,679,389,131	\$ 2,036,143,934
2037	\$2,626,360,161	\$23,688,362,268	\$ 11,144,379,906	\$ 2,150,120,939

2038	\$2,948,690,831	\$27,090,288,887	\$ 13,712,211,185	\$ 2,256,129,063
2039	\$3,274,320,565	\$30,377,188,261	\$ 15,571,369,854	\$ 2,353,629,071
2040	\$3,533,273,101	\$33,565,988,023	\$ 16,900,912,385	\$ 2,442,220,638
2041	\$3,697,740,177	\$36,665,273,815	\$ 17,845,454,403	\$ 2,521,625,733
2042	\$3,786,212,299	\$39,678,632,866	\$ 18,511,742,225	\$ 2,591,671,802
2043	\$3,813,405,747	\$42,607,153,552	\$ 18,974,647,834	\$ 2,652,275,836
2044	\$3,763,479,431	\$44,903,801,066	\$ 19,085,259,317	\$ 2,661,775,875
2045	\$3,648,557,399	\$46,530,159,972	\$ 18,884,721,353	\$ 2,625,478,369

5.4.3 Escenario 3

Los resultados obtenidos de la *Ecuación 24* y con los parques resultantes mencionados anteriormente, se tiene que la reducción de CO₂ equivalente anual con un 16% de subsidio al precio, es la siguiente:

Gráfico 50: Reducción anual de emisiones de CO₂ equivalente causadas por el subsidio del escenario 3 por categoría



Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede apreciar en el gráfico, nuevamente la categoría que más importancia relativa tiene en la disminución anual de las emisiones de CO₂ eq es la de los autos EV. Las proporciones que alcanza esta durante el periodo de estudio fluctúan entre un 34% y un 69%, relativamente similares a las que se alcanzaban en el escenario 2, pero con una mayor cantidad de toneladas de CO₂ equivalente que no se emitieron al ambiente. El máximo de reducción de emisiones, es decir el 69% mencionado se alcanza en dos periodos consecutivos que son el año 2032 y 2033, siguiendo la tendencia del escenario 2 de mantener más de un 56% del total de la reducción de emisiones explicadas por esta categoría a partir de 2030. La categoría que le sigue en importancia, es decir los comerciales EV, aumentan levemente su peso en cuanto a la proporción de la reducción anual de emisiones, las que desde 2036 superan un cuarto del total rebajado por periodo y que representan un máximo del 31% de la reducción de emisiones en los años 2038, 2039 y 2040. En tanto, los taxis EV mantienen una participación de más del 25% en la disminución total de emisiones solo en el año 2021, pero con un menor grado de participación porcentual que en los otros 2 escenarios, alcanzando un 26% del total de la reducción de emisiones en ese período. Por otro lado, en los autos PHEV, el intervalo donde la participación en la disminución de CO₂ eq es mayor al 25% se adelanta un año respecto al escenario 2 y tres años respecto al escenario 1, siendo esto entre 2023 y 2028. En cuanto a las toneladas de CO₂ equivalente reducidas a consecuencia de este subsidio, se tiene que, en este escenario, el 2033 se alcanza una baja anual de aproximadamente un 10% de las emisiones totales en la actualidad, es decir dos años antes que en el escenario 2 y seis años antes que en el 1. En tanto, en 2045 la reducción de emisiones de CO₂ equivalente anual alcanza cerca de un 33% de lo emitido en la actualidad por el parque vehicular chileno. Así, se mantiene el comportamiento de los otros escenarios en los cuales los autos EV y los comerciales son las categorías en donde hay mayor

reducción en toneladas anuales de CO₂ eq. En los primeros, se llega a una disminución del millón de toneladas emitidas por año en 2035, esto es 8 periodos antes que en el escenario 1, y logrando más de 2,3 millones de toneladas de reducción al 2045. En tanto, en la segunda categoría mencionada, se alcanza por primera vez el millón de toneladas de CO₂ equivalente no emitidas en 2042, ocurriendo, al igual que en el escenario 2, una disminución de esta reducción en los últimos dos periodos. Para el caso de los autos PHEV, continua una participación muy baja en la disminución total de toneladas anuales, correlacionado directamente con la participación total en las ventas anuales de un 6% y, por tanto, de la natural baja presencia en el parque vehicular de esta categoría y tipo de vehículos. También, si se compara esta reducción de emisiones respecto al total de CO₂ eq emitidos en la actualidad, se tiene una proporción muy baja, correspondiendo esta a entre el 1% y 2% anual desde 2032 en adelante. Finalmente, en los taxis EV ocurre algo similar a lo que en el escenario 2, esto es, que la disminución anual de toneladas llega a un máximo en 2040 de cerca de 197000 toneladas de CO₂ equivalente, para posteriormente comenzar a disminuir, lo que probablemente indica que el parque de vehículos EV en esa categoría ya es mayoría y no tiene sentido continuar subsidiando su costo de adquisición. De esto último, se observa también que la máxima contribución a la disminución de CO₂ equivalente en toneladas, se logra 3 años antes que en el escenario 2, y que los montos son mayores superando en 5 periodos las 190000 toneladas. Por otro lado, si se comparan las emisiones de este escenario con las que se tendrían en un futuro con el escenario base, se tiene que en los taxis EV la reducción en las emisiones provocada por el subsidio en 4 periodos representa más de un 50% del total anual respectivo, alcanzando esta un 63,3% de lo que se hubiese emitido sin subsidio al año 2045. En los autos EV se vuelve a ver que la disminución anual provocada por este escenario de subsidio representa un porcentaje importante de las emisiones que

hubiese habido con el escenario base, llegando a un 28,4% en 2045. Finalmente, para el caso de los comerciales EV y autos PHEV este porcentaje sigue siendo no tan significativo, manteniéndose bajo el 20% en todos los periodos. En el *Anexo 29* se muestran los detalles de proporciones de baja de emisiones respecto a las del escenario base para cada año en las cuatro categorías.

A partir de estos datos entonces se calculó el beneficio social que se obtiene año a año en cada categoría debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero directo causada por la sustitución del parque vehicular ICE a EV o PHEV respectivamente.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 40: Beneficio social anual por categoría de aplicar el subsidio al precio del vehículo del escenario 3.

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ 116,306,017	\$ 150,455,468	\$ 90,634,671	\$ 83,224,608
2022	\$ 219,428,170	\$ 316,583,087	\$ 175,276,151	\$ 210,637,156
2023	\$ 310,487,601	\$ 502,638,647	\$ 255,192,577	\$ 365,585,544
2024	\$ 390,786,472	\$ 719,792,594	\$ 332,362,656	\$ 553,778,657
2025	\$ 462,221,402	\$ 990,666,326	\$ 409,203,258	\$ 767,836,364
2026	\$ 528,175,671	\$ 1,361,192,723	\$ 489,270,663	\$ 984,883,903
2027	\$ 595,443,337	\$ 1,921,647,222	\$ 578,486,167	\$ 1,188,748,224
2028	\$ 678,170,326	\$ 2,830,891,191	\$ 687,622,511	\$ 1,379,800,190
2029	\$ 804,277,212	\$ 4,310,523,569	\$ 837,759,750	\$ 1,563,422,222
2030	\$1,017,487,743	\$ 6,572,206,308	\$ 1,072,528,024	\$ 1,742,979,247
2031	\$1,353,453,803	\$ 9,726,650,054	\$ 1,483,997,737	\$ 1,919,329,530
2032	\$1,801,789,157	\$13,769,270,863	\$ 2,257,230,989	\$ 2,091,890,649
2033	\$2,318,230,881	\$18,498,503,499	\$ 3,714,243,803	\$ 2,259,484,596
2034	\$2,863,644,660	\$22,722,359,934	\$ 6,291,737,304	\$ 2,420,800,984
2035	\$3,416,740,476	\$26,589,154,275	\$ 10,404,981,257	\$ 2,574,615,265
2036	\$3,968,095,690	\$30,206,044,457	\$ 14,650,293,264	\$ 2,719,877,592
2037	\$4,324,651,183	\$33,644,072,230	\$ 17,874,320,875	\$ 2,855,738,283
2038	\$4,543,538,096	\$36,944,716,202	\$ 20,217,248,177	\$ 2,981,543,643
2039	\$4,660,818,839	\$40,132,951,764	\$ 21,865,992,104	\$ 3,096,818,846
2040	\$4,700,764,882	\$43,223,208,057	\$ 22,998,232,641	\$ 3,201,246,017
2041	\$4,680,751,879	\$46,223,325,617	\$ 23,757,373,013	\$ 3,294,641,505
2042	\$4,613,836,926	\$49,137,064,162	\$ 24,249,087,249	\$ 3,376,934,258
2043	\$4,510,156,546	\$51,965,652,801	\$ 24,547,295,373	\$ 3,448,146,151

2044	\$4,345,721,639	\$54,050,835,011	\$ 24,446,062,350	\$ 3,454,318,238
2045	\$4,131,588,193	\$55,369,776,928	\$ 23,993,804,307	\$ 3,402,633,620

5.5 Costos para el estado

Se tiene entonces que los 3 escenarios involucran un aporte estatal al precio de los diferentes vehículos vendidos en cada uno de los períodos en estudio. Se presentan a continuación las diferentes tablas con los costos que implica para el estado cada uno de los 3 escenarios para las 4 categorías.

5.5.1 Escenario 1

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ 872,873,509	\$ 3,747,478,788	\$ 708,110,098	\$ 1,846,248,458
2022	\$ 895,965,812	\$ 4,180,282,970	\$ 735,333,328	\$ 2,524,531,812
2023	\$ 909,490,863	\$ 4,694,824,617	\$ 756,428,667	\$ 5,179,942,569
2024	\$ 916,422,723	\$ 5,462,862,423	\$ 782,012,311	\$ 15,889,399,072
2025	\$ 922,825,927	\$ 6,765,358,044	\$ 819,957,588	\$ 50,599,244,240
2026	\$ 941,347,092	\$ 9,167,650,557	\$ 883,834,327	\$ 72,792,607,348
2027	\$ 998,583,070	\$ 13,737,562,904	\$ 998,569,080	\$ 73,387,618,196
2028	\$ 1,149,457,411	\$ 22,107,202,994	\$ 1,213,319,074	\$ 74,545,475,411
2029	\$ 1,495,988,464	\$ 35,686,897,529	\$ 1,631,985,334	\$ 76,004,499,871
2030	\$ 2,162,554,002	\$ 53,966,083,262	\$ 2,484,842,823	\$ 77,619,954,013
2031	\$ 3,124,353,227	\$ 74,124,641,507	\$ 4,278,953,747	\$ 79,324,773,214
2032	\$ 4,094,022,788	\$ 93,103,495,532	\$ 8,021,448,067	\$ 81,090,238,572
2033	\$ 4,828,998,458	\$ 109,405,282,145	\$ 15,263,150,938	\$ 82,904,697,423
2034	\$ 5,322,794,841	\$ 123,015,631,177	\$ 27,407,124,663	\$ 84,763,798,445
2035	\$ 5,659,478,385	\$ 134,569,957,404	\$ 44,377,348,253	\$ 86,666,270,938
2036	\$ 5,908,288,784	\$ 144,773,480,206	\$ 64,167,478,986	\$ 88,612,142,743
2037	\$ 6,110,571,917	\$ 154,186,143,759	\$ 84,064,183,152	\$ 90,601,994,988
2038	\$ 6,289,090,330	\$ 163,197,832,361	\$ 102,124,188,318	\$ 92,636,651,759
2039	\$ 6,456,251,044	\$ 172,064,484,707	\$ 117,087,578,960	\$ 94,717,051,251
2040	\$ 6,619,040,131	\$ 180,950,450,144	\$ 118,415,141,626	\$ 96,844,192,473
2041	\$ 6,781,735,336	\$ 189,961,540,389	\$ 120,251,833,661	\$ 99,019,113,398
2042	\$ 6,947,365,471	\$ 199,167,529,543	\$ 122,436,398,341	\$ 101,242,882,173
2043	\$ 7,118,509,857	\$ 208,616,552,107	\$ 124,863,806,673	\$ 103,516,593,792
2044	\$ 7,297,771,427	\$ 214,858,792,358	\$ 127,467,293,553	\$ 105,841,369,028

2045	\$	7,399,085,781	\$	219,863,735,431	\$	130,205,165,657	\$	108,218,354,316
------	----	---------------	----	-----------------	----	-----------------	----	-----------------

5.5.2 Escenario 2

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ 2,108,773,487	\$ 10,604,999,272	\$ 2,370,520,049	\$ 17,378,211,178
2022	\$ 2,172,959,235	\$ 11,849,378,102	\$ 2,479,448,704	\$ 25,820,305,520
2023	\$ 2,214,934,252	\$ 13,312,826,498	\$ 2,568,475,898	\$ 54,798,514,118
2024	\$ 2,241,352,434	\$ 15,458,749,559	\$ 2,672,615,095	\$ 148,093,588,922
2025	\$ 2,266,025,681	\$ 19,027,837,765	\$ 2,817,736,031	\$ 146,099,633,472
2026	\$ 2,318,062,830	\$ 25,479,781,222	\$ 3,048,696,951	\$ 145,585,214,696
2027	\$ 2,458,795,746	\$ 37,484,870,797	\$ 3,447,704,193	\$ 146,775,236,393
2028	\$ 2,813,453,217	\$ 58,936,309,647	\$ 4,175,146,636	\$ 149,090,950,822
2029	\$ 3,607,167,828	\$ 92,892,974,102	\$ 5,563,749,057	\$ 152,008,999,741
2030	\$ 5,093,163,051	\$ 137,688,808,646	\$ 8,331,819,755	\$ 155,239,908,026
2031	\$ 7,175,379,582	\$ 186,521,407,063	\$ 14,008,689,783	\$ 158,649,546,427
2032	\$ 9,226,435,287	\$ 232,453,378,507	\$ 25,508,944,579	\$ 162,180,477,144
2033	\$ 10,772,386,520	\$ 272,288,602,023	\$ 47,096,485,443	\$ 165,809,394,845
2034	\$ 11,832,789,013	\$ 306,159,664,494	\$ 82,324,259,837	\$ 169,527,596,890
2035	\$ 12,589,543,543	\$ 335,595,950,007	\$ 130,555,593,700	\$ 173,332,541,875
2036	\$ 13,182,898,340	\$ 360,022,222,867	\$ 186,160,574,228	\$ 177,224,285,486
2037	\$ 13,695,142,284	\$ 367,111,156,174	\$ 234,012,607,078	\$ 181,203,989,976
2038	\$ 14,172,169,479	\$ 374,955,080,025	\$ 233,015,162,060	\$ 185,273,303,518
2039	\$ 14,640,166,275	\$ 383,312,888,477	\$ 234,175,157,921	\$ 189,434,102,501
2040	\$ 14,807,363,866	\$ 392,049,053,933	\$ 236,830,283,252	\$ 193,688,384,947
2041	\$ 14,802,208,233	\$ 401,088,804,655	\$ 240,503,667,322	\$ 198,038,226,795
2042	\$ 14,799,891,038	\$ 410,391,981,093	\$ 244,872,796,681	\$ 202,485,764,345
2043	\$ 14,798,849,730	\$ 419,938,048,467	\$ 249,727,613,345	\$ 207,033,187,584
2044	\$ 14,798,381,815	\$ 429,717,584,716	\$ 254,934,587,105	\$ 211,682,738,056
2045	\$ 14,798,171,562	\$ 439,727,470,863	\$ 260,410,331,314	\$ 216,436,708,632

5.5.3 Escenario 3

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ 4,232,610,101	\$ 25,734,775,420	\$ 7,037,510,155	\$ 178,380,332,106
2022	\$ 4,381,751,412	\$ 28,811,601,383	\$ 7,424,789,900	\$ 240,174,700,834
2023	\$ 4,488,692,199	\$ 32,384,361,481	\$ 7,756,191,108	\$ 239,887,144,722
2024	\$ 4,565,531,059	\$ 37,511,399,459	\$ 8,133,693,395	\$ 236,949,742,275

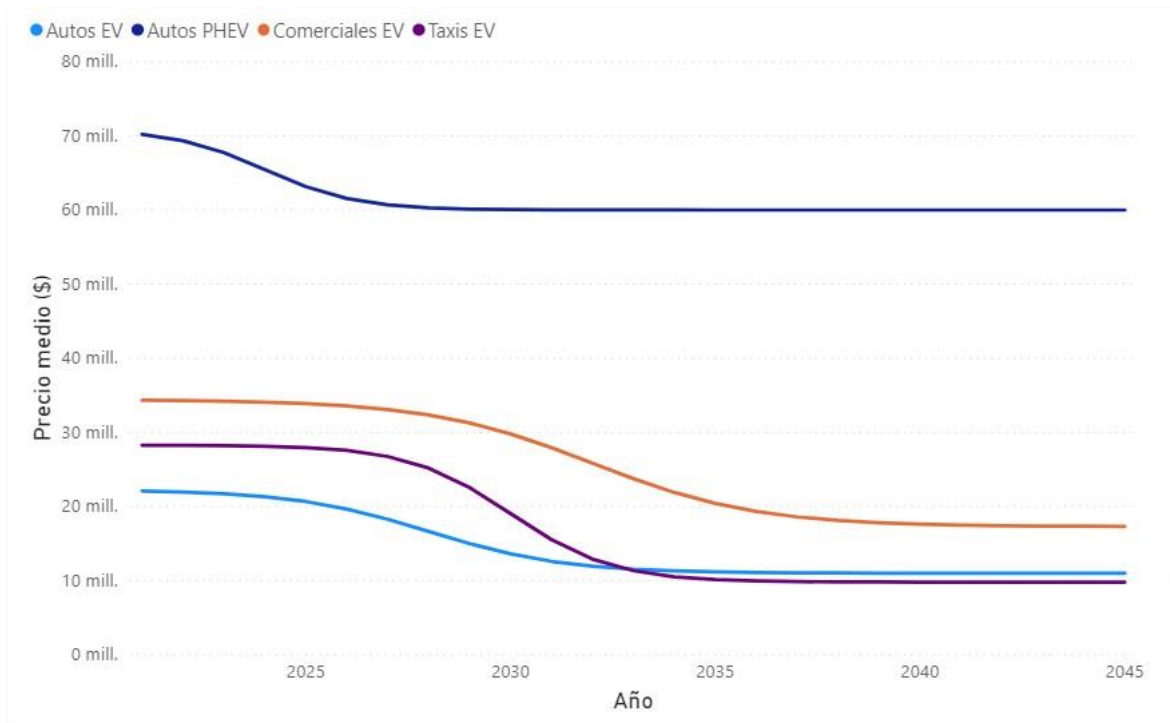
2025	\$	4,637,915,835	\$	45,834,427,672	\$	8,632,070,781	\$	233,759,413,556
2026	\$	4,760,578,076	\$	60,506,893,321	\$	9,381,889,517	\$	232,936,343,514
2027	\$	5,049,081,093	\$	87,071,413,577	\$	10,621,754,130	\$	234,840,378,229
2028	\$	5,736,141,574	\$	133,133,053,788	\$	12,811,257,808	\$	238,545,521,315
2029	\$	7,223,306,812	\$	203,908,694,495	\$	16,882,356,233	\$	243,214,399,586
2030	\$	9,915,081,993	\$	295,063,793,629	\$	24,782,949,158	\$	248,383,852,842
2031	\$	13,552,848,129	\$	393,126,177,190	\$	40,490,525,879	\$	253,839,274,284
2032	\$	17,036,420,425	\$	485,359,686,778	\$	71,203,957,954	\$	259,488,763,431
2033	\$	19,649,058,645	\$	558,607,411,099	\$	126,790,188,488	\$	265,295,031,752
2034	\$	21,493,541,533	\$	560,142,528,072	\$	214,589,789,630	\$	271,244,155,024
2035	\$	22,886,230,442	\$	566,574,927,060	\$	331,925,360,531	\$	277,332,067,001
2036	\$	24,041,473,063	\$	576,035,556,587	\$	380,785,451,601	\$	283,558,856,778
2037	\$	23,841,398,020	\$	587,377,849,879	\$	374,420,171,325	\$	289,926,383,962
2038	\$	23,750,909,010	\$	599,928,128,040	\$	372,824,259,297	\$	296,437,285,629
2039	\$	23,710,129,770	\$	613,300,621,563	\$	374,680,252,673	\$	303,094,564,002
2040	\$	23,691,782,186	\$	627,278,486,292	\$	378,928,453,204	\$	309,901,415,915
2041	\$	23,683,533,174	\$	641,742,087,449	\$	384,805,867,716	\$	316,861,162,872
2042	\$	23,679,825,661	\$	656,627,169,748	\$	391,796,474,690	\$	323,977,222,952
2043	\$	23,678,159,568	\$	671,900,877,548	\$	399,564,181,353	\$	331,253,100,135
2044	\$	23,677,410,903	\$	687,548,135,546	\$	407,895,339,368	\$	338,692,380,890
2045	\$	23,677,074,499	\$	703,563,953,380	\$	416,656,530,103	\$	346,298,733,811

Estos costos tienen directa relación con las ventas de unidades, de las que ya se presentó un detalle de su comportamiento unos ítems atrás según categoría y escenario, por lo que no se especificará más al respecto. Por otro lado, también existe una relación con el diferencial de precio de los ecológicos respecto los ICE de una misma categoría, lo que fue determinado mediante el modelo de la *Ecuación 14* y del que sus resultados se pueden observar en los *Anexo 17*, *Anexo 18* y *Anexo 19* a los que hay que sumarle el precio medio de la categoría en versión ICE utilizado como supuesto⁶³.

Para visualizar mejor este último punto, a continuación, se presenta un gráfico con la evolución del precio medio de las versiones EV y PHEV respectivamente a través de los años.

⁶³ Ver *Tabla 20: Supuesto precios por categoría ICE*

Tabla 41: Evolución del precio medio por categoría de vehículos EV y PHEV



Se tiene entonces que en el caso de los autos PHEV el precio medio real se estabiliza un poco antes de 2030, es decir durante este intervalo al estado le sale más costoso subsidiar estos vehículos, pero a su vez es donde se genera un mayor impacto tal y como se analizó con anterioridad con los resultados de las ventas en los 3 escenarios.

En tanto, con los comerciales EV y los autos EV, el período de estabilización del precio medio, esto es, cuando se iguala al de los ICE, es a principios de la década de 2030, por lo que existe un mayor intervalo de tiempo donde sin incentivo monetario para su compra, hay un mayor, valga la redundancia, desincentivo para comprar este tipo de vehículos por la alta inversión inicial que ello implica en categorías donde el poder adquisitivo por lo general es menor al de los PHEV, esto por el segmento objetivo al que va dirigido cada tipo y categoría vehicular.

5.6 Análisis económico

Finalmente, se muestra el resultado de los flujos netos de implementar un subsidio o aporte estatal al precio de los vehículos EV y PHEV para cada uno de los escenarios en las 4 combinaciones de categorías y tipos de vehículos en estudio.

5.6.1 Escenario 1

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ -843,749,531	\$ -3,716,822,364	\$ -693,563,867	\$ -1,844,062,336
2022	\$ -841,165,492	\$ -4,115,778,412	\$ -707,358,379	\$ -2,518,879,663
2023	\$ -832,178,549	\$ -4,592,375,534	\$ -715,924,449	\$ -5,165,991,891
2024	\$ -819,426,655	\$ -5,315,965,855	\$ -729,547,539	\$ -15,846,290,220
2025	\$ -808,476,956	\$ -6,562,542,524	\$ -755,700,243	\$ -50,449,446,147
2026	\$ -811,083,561	\$ -8,887,121,911	\$ -807,367,613	\$ -72,486,455,534
2027	\$ -852,046,830	\$ -13,336,610,457	\$ -908,504,865	\$ -72,941,429,024
2028	\$ -982,516,190	\$ -21,504,883,943	\$ -1,106,489,291	\$ -73,973,437,275
2029	\$ -1,296,875,559	\$ -34,746,647,770	\$ -1,501,674,062	\$ -75,313,963,756
2030	\$ -1,906,973,628	\$ -52,495,920,653	\$ -2,316,767,933	\$ -76,813,735,431
2031	\$ -2,776,814,481	\$ -71,902,322,085	\$ -4,042,212,438	\$ -78,403,917,764
2032	\$ -3,620,934,280	\$ -89,907,704,213	\$ -7,650,105,034	\$ -80,055,691,397
2033	\$ -4,209,668,650	\$ -105,032,922,222	\$ -14,627,159,529	\$ -81,758,095,581
2034	\$ -4,548,791,763	\$ -117,283,731,929	\$ -26,285,159,316	\$ -83,507,768,429
2035	\$ -4,729,456,516	\$ -127,309,859,692	\$ -42,457,393,979	\$ -85,304,478,142
2036	\$ -4,823,818,348	\$ -135,823,427,214	\$ -61,085,096,846	\$ -87,149,225,034
2037	\$ -4,873,679,219	\$ -143,384,879,401	\$ -79,455,149,097	\$ -89,043,447,041
2038	\$ -4,900,945,416	\$ -150,379,731,937	\$ -95,662,044,790	\$ -90,988,693,225
2039	\$ -4,916,486,809	\$ -157,055,978,249	\$ -108,531,762,939	\$ -92,986,495,014
2040	\$ -4,925,382,397	\$ -163,567,351,904	\$ -108,309,883,814	\$ -95,038,320,868
2041	\$ -4,929,760,706	\$ -170,006,953,645	\$ -108,995,397,885	\$ -97,145,565,915
2042	\$ -4,930,281,822	\$ -176,430,087,661	\$ -110,319,107,007	\$ -99,309,555,951
2043	\$ -4,926,893,917	\$ -182,868,834,198	\$ -112,100,049,221	\$ -101,531,556,917
2044	\$ -4,936,602,967	\$ -186,440,867,582	\$ -114,356,817,274	\$ -103,844,042,038
2045	\$ -4,913,891,964	\$ -189,272,557,733	\$ -117,014,677,425	\$ -106,244,424,638

5.6.2 Escenario 2

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
-----	----------	----------	----------------	------------

2021	\$ -2,044,469,227	\$ -10,530,965,505	\$ -2,331,625,816	\$ -17,365,736,384
2022	\$ -2,051,821,162	\$ -11,693,606,582	\$ -2,404,472,620	\$ -25,786,688,405
2023	\$ -2,043,810,333	\$ -13,065,466,474	\$ -2,459,664,814	\$ -54,712,856,323
2024	\$ -2,026,358,805	\$ -15,104,273,172	\$ -2,531,347,279	\$ -147,845,810,242
2025	\$ -2,012,202,409	\$ -18,539,092,576	\$ -2,644,333,250	\$ -145,667,984,105
2026	\$ -2,028,523,052	\$ -24,805,700,258	\$ -2,841,933,093	\$ -144,969,532,691
2027	\$ -2,132,776,742	\$ -36,526,564,650	\$ -3,203,778,578	\$ -145,990,409,267
2028	\$ -2,442,080,705	\$ -57,508,904,823	\$ -3,885,554,289	\$ -148,150,539,440
2029	\$ -3,165,335,081	\$ -90,688,774,937	\$ -5,210,680,390	\$ -150,920,391,091
2030	\$ -4,529,666,379	\$ -134,279,988,955	\$ -7,877,871,192	\$ -154,006,487,442
2031	\$ -6,416,601,897	\$ -181,415,791,478	\$ -13,374,141,338	\$ -157,273,345,079
2032	\$ -8,203,727,810	\$ -225,161,144,576	\$ -24,526,664,550	\$ -160,663,737,167
2033	\$ -9,443,780,136	\$ -262,358,136,809	\$ -45,442,777,845	\$ -164,155,271,969
2034	\$ -10,180,878,038	\$ -293,180,600,875	\$ -79,457,116,252	\$ -167,740,382,647
2035	\$ -10,610,765,275	\$ -319,186,041,972	\$ -125,720,162,015	\$ -171,417,651,360
2036	\$ -10,879,130,841	\$ -339,878,837,478	\$ -178,481,185,097	\$ -175,188,141,552
2037	\$ -11,068,782,124	\$ -343,422,793,906	\$ -222,868,227,173	\$ -179,053,869,037
2038	\$ -11,223,478,648	\$ -347,864,791,138	\$ -219,302,950,875	\$ -183,017,174,455
2039	\$ -11,365,845,709	\$ -352,935,700,215	\$ -218,603,788,067	\$ -187,080,473,430
2040	\$ -11,274,090,766	\$ -358,483,065,909	\$ -219,929,370,867	\$ -191,246,164,309
2041	\$ -11,104,468,057	\$ -364,423,530,841	\$ -222,658,212,920	\$ -195,516,601,062
2042	\$ -11,013,678,739	\$ -370,713,348,227	\$ -226,361,054,456	\$ -199,894,092,543
2043	\$ -10,985,443,983	\$ -377,330,894,915	\$ -230,752,965,512	\$ -204,380,911,748
2044	\$ -11,034,902,383	\$ -384,813,783,650	\$ -235,849,327,788	\$ -209,020,962,181
2045	\$ -11,149,614,162	\$ -393,197,310,891	\$ -241,525,609,962	\$ -213,811,230,263

5.6.3 Escenario 3

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ -4,116,304,083	\$ -25,584,319,952	\$ -6,946,875,484	\$ -178,297,107,498
2022	\$ -4,162,323,242	\$ -28,495,018,295	\$ -7,249,513,749	\$ -239,964,063,678
2023	\$ -4,178,204,598	\$ -31,881,722,834	\$ -7,500,998,531	\$ -239,521,559,178
2024	\$ -4,174,744,588	\$ -36,791,606,864	\$ -7,801,330,739	\$ -236,395,963,618
2025	\$ -4,175,694,433	\$ -44,843,761,346	\$ -8,222,867,524	\$ -232,991,577,192
2026	\$ -4,232,402,405	\$ -59,145,700,598	\$ -8,892,618,854	\$ -231,951,459,611
2027	\$ -4,453,637,755	\$ -85,149,766,355	\$ -10,043,267,963	\$ -233,651,630,004
2028	\$ -5,057,971,248	\$ -130,302,162,596	\$ -12,123,635,297	\$ -237,165,721,125
2029	\$ -6,419,029,600	\$ -199,598,170,926	\$ -16,044,596,482	\$ -241,650,977,364
2030	\$ -8,897,594,250	\$ -288,491,587,320	\$ -23,710,421,134	\$ -246,640,873,595
2031	\$ -12,199,394,326	\$ -383,399,527,136	\$ -39,006,528,142	\$ -251,919,944,754
2032	\$ -15,234,631,268	\$ -471,590,415,915	\$ -68,946,726,965	\$ -257,396,872,782
2033	\$ -17,330,827,764	\$ -540,108,907,600	\$ -123,075,944,685	\$ -263,035,547,156

2034	\$-18,629,896,873	\$-537,420,168,139	\$ -208,298,052,326	\$-268,823,354,040
2035	\$-19,469,489,966	\$-539,985,772,786	\$ -321,520,379,274	\$-274,757,451,736
2036	\$-20,073,377,373	\$-545,829,512,130	\$ -366,135,158,337	\$-280,838,979,186
2037	\$-19,516,746,836	\$-553,733,777,649	\$ -356,545,850,450	\$-287,070,645,679
2038	\$-19,207,370,915	\$-562,983,411,837	\$ -352,607,011,120	\$-293,455,741,986
2039	\$-19,049,310,931	\$-573,167,669,798	\$ -352,814,260,569	\$-299,997,745,155
2040	\$-18,991,017,304	\$-584,055,278,235	\$ -355,930,220,563	\$-306,700,169,898
2041	\$-19,002,781,294	\$-595,518,761,831	\$ -361,048,494,703	\$-313,566,521,367
2042	\$-19,065,988,735	\$-607,490,105,587	\$ -367,547,387,441	\$-320,600,288,694
2043	\$-19,168,003,022	\$-619,935,224,747	\$ -375,016,885,980	\$-327,804,953,984
2044	\$-19,331,689,264	\$-633,497,300,535	\$ -383,449,277,018	\$-335,238,062,652
2045	\$-19,545,486,306	\$-648,194,176,452	\$ -392,662,725,796	\$-342,896,100,191

De esta manera, se aprecia claramente que en todos los escenarios y para todas las categorías un subsidio a vehículos ya sea EV o PHEV, no trae un beneficio social suficiente como para cubrir la inversión, razón por la cual cada flujo neto da un resultado negativo utilizando los supuestos respectivos y el precio social establecido en Chile para el CO2 equivalente. A continuación, se muestran algunos indicadores:

Tabla 42: VAN Social en dólares⁶⁴ para cada escenario y categoría vehicular

	Taxis EV		Autos EV		Comerciales PHEV		Autos PHEV	
Escenario 1	USD	-47,633,232	USD	-3,060,744,350	USD	-1,477,861,004	USD	-2,398,651,458
Escenario 2	USD	-109,620,309	USD	-3,026,585,596	USD	-1,303,011,051	USD	-2,604,971,380
Escenario 3	USD	-201,250,557	USD	-12,294,948,495	USD	-5,975,509,516	USD	-8,887,629,264

Así, se puede también apreciar que finalmente a medida que el aporte estatal al precio del vehículo se eleva, inversamente el VAN social se va haciendo más negativo. Por otro lado, se tiene que la categoría donde este indicador es menor en cada escenario es la de los taxis EV, lo cual responde a que al ser la categoría vehicular que más kilómetros anuales recorre, y sacándole mucha diferencia en este ítem al resto, es también la que más CO2

⁶⁴ Dólar utilizado al 22 de noviembre equivalente a \$758.62

equivalente emite por vehículo, por lo que la sustitución de un vehículo de estos trae un beneficio social marginal mayor que el de cualquier otra categoría.

6 Conclusiones, recomendaciones y limitantes

Respecto a las estimaciones de ventas y el consecuente parque vehicular que estará presente en las calles del país, y relacionándolo con el modelo matemático de difusión de tecnologías utilizado, se aprecia que el factor alfa de la *Ecuación 13* tiene un efecto importante en los valores finales de las ventas, y que va adquiriendo más importancia aun a medida que se aplican los subsidios, retrasando así, a medida que el alfa se reduce a valores menores a -1, el período de alza de las ventas y a su vez adelantado los períodos donde se cubre el 100% del mercado en los escenarios con subsidio. Esto se puede explicar debido a que esta variable es un equivalente a una elasticidad relacionada a la inversión y a los costos operacionales, por lo que el subsidio viene a modificar el primer ítem. En tanto, el parámetro q de Bass que fue estimado en la mayoría de las categorías por el autor en base a metas futuras de ventas y parques vehiculares a 2050, cumple en todos los casos que es mayor al p de Bass, lo que es común en países en vías de desarrollo, donde las adopciones de tecnológicas por lo general toman más tiempo por diferentes factores entre los que se incluye un menor poder de adquisición de productos nuevos que generalmente son más costosos como es el caso de los vehículos eléctricos e híbridos enchufables comparados con su contraparte a combustión interna. Este parámetro también es muy sensible ante la modificación de su valor por lo que se debe tener en consideración lo mencionado respecto a la manera de estimarlo en el presente estudio. Así se tiene que por ejemplo en el escenario base si es que se duplica el valor del parámetro q en los autos EV de 0.04 a 0.08, esto provoca que las ventas pasen de un 80% de

EV a un 100% al finalizar el periodo de estudio, mientras que el parque automotriz de autos EV aumentaría en un millón de unidades, es decir un 33% como consecuencia de este cambio. En este caso, y al contrario de lo que ocurre con el factor alfa, a medida que se aplica un subsidio mayor, la importancia del parámetro q va disminuyendo, esto debido a que una ayuda a la hora de comprar el vehículo reduce el precio y lo acerca a personas que están dispuestas a innovar, pero que no poseían el poder adquisitivo para hacerlo, aumentando aquí la importancia del factor alfa.

Volviendo entonces a la interrogante inicial que llevó a la realización de esta investigación, ¿es factible aplicar un subsidio a los vehículos eléctricos y/o híbridos enchufables?, la respuesta es no, debido a que como se observó en el análisis económico todos los períodos en estudio finalizan con un flujo negativo y con un VAN social de millones de dólares negativo. Lo que lleva a esto pueden ser múltiples factores, como la baja tasa de innovación que se ha visto en Chile para todas las categorías de autos ecológicos, lo que provoca que, aunque eventualmente los vehículos tuvieran un subsidio de una magnitud mayor, no aumentarían su participación de mercado de manera significativa al menos en los primeros 5 años de la medición realizada, con excepción de los PHEV que poseen un comportamiento diferente, sumado al factor alfa negativo y menor en valor absoluto a 1, que implica que las variaciones de precio no afecten en demasía. Por otro lado, se tienen los valores monetarios de CO₂ eq estimados por automóvil, pero con la limitación de que no se consideran los daños de otros contaminantes que no tienen valor social en Chile, como, por ejemplo el CO y el NO₂, que son denominados gases de efecto invernadero indirectos, razón por la cual fueron mencionados en la sección *Cambio climático y contaminación de fuentes móviles*, debido a que de una u otra forma, estos gases finalmente tienen su contribución

indirecta con el cambio climático y no está siendo medida y por tanto valorada monetariamente para proyectos sociales o estudios como el presente.

Así algunas opciones que se deberían manejar en el mercado nacional, es en primer lugar, si es que se está dispuesto a hacer una inversión de este tipo con un flujo neto negativo en cada periodo y VAN social negativo, es que los intervalos de aplicación del subsidio deben ser distintos para cada categoría vehicular pudiendo buscarse ya sea sustituir la mayor cantidad posible de ICE por vehículos ecológicos o, como segunda opción, minimizando la pérdida social, con intervalos de tiempo distintos y además, que tengan una duración desigual para cada categoría vehicular, las que idealmente debiesen ser escalonadas en el tiempo comenzando con un subsidio mayor para que a medida que el mercado va madurando y la adopción de la tecnología crece, el subsidio vaya disminuyendo. Una propuesta concreta, basándose en intentar cubrir parte importante de las ventas anuales con EV o PHEV según sea el caso es la siguiente:

Tabla 43: Propuesta subsidios escalonados

Aporte/Categoría	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
1% a 5%	-	2044-2045	2040-2041	2026-2029
5%	2045	-	2039	-
5% a 10%	2041-2044	2037-2043	2038	2025
10%	2040	2036	2037	2024
10% a 16%	2037-2039	2034-2035	-	2022-2023
16%	2021-2036	2021-2033	2021-2036	2021

De esta forma en los taxis EV entre 2036 y 2038 se puede ir reduciendo en 2 puntos porcentuales el subsidio anualmente, para posteriormente dejarlo en 11% en 2039. Después entre 2041 se podría ir bajando de a un punto porcentual por año hasta llegar al 2045 con un 5% de aporte al precio del vehículo, enfocándose aquí el cálculo en tratar de cubrir el 100%

del mercado debido a que, como en esta categoría es donde más kilómetros anuales se recorren, más emisiones por automóvil se pueden evitar mediante la sustitución de un ICE por un EV. En tanto para los autos EV, entre 2033 y 2037 se puede ir bajando de a 2 puntos porcentuales este beneficio económico para el comprador, quedando en un 8% el último año mencionado, para posteriormente ir bajando de a 1 punto porcentual cada dos años hasta llegar a un 4% de un eventual subsidio en los últimos 2 años. En los comerciales EV para el año 2038 se debe ajustar un subsidio del 7% y en 2040 y 2041 en un 3%, sin ser considerado necesario mantenerlo debido a una mayor madurez del mercado en los años posteriores incluso sin subsidio. Por último, en los PHEV, el período de subsidio es mucho menor, bajando de a dos puntos porcentuales entre 2021 y 2025, y de a un punto porcentual, de 4% a 1% entre 2026 y 2029 para finalizar en ese año por el mismo criterio utilizado con los comerciales EV. Los flujos netos para cada año de esta propuesta se muestran en el *Anexo 30*.

Por otro lado, en base a los resultados y considerando como se mencionó, que los taxis EV son la categoría con mayor aporte marginal al beneficio social, se podría subsidiar solo a estos, de manera acotada y no por los 25 años, y además de forma regresiva respecto al tiempo, de manera de minimizar la pérdida social, así se tiene la estructura de descuentos que se presenta en la *Tabla 44* en donde se obtiene un VAN social de -\$4128027364 o equivalente a aproximadamente -5.5 millones de dólares, el que está desglosado en el *Anexo 31*.

Tabla 44: Propuesta de subsidio a los taxis EV basada en la maximización del VAN

Año	Aporte al precio
2021-2029	3%
2030	2%
2031	1%

Otras alternativas, tomando las experiencias exitosas mencionadas en el extranjero, son aplicar un impuesto verde más importante que le dé más relevancia al CO₂, debido a que en el cálculo actual incluso la ANAC destaca este punto como se mencionó con anterioridad en la sección *Situación actual de Chile*, de forma que no se impacte tampoco de una manera negativa en la globalidad del mercado. En Noruega, como se mencionó se tenía que el impuesto que se aplicaba provocaba que el precio de un ICE se igualara prácticamente con el de un EV, lo que no sería realizable de igual manera en Chile considerando que los valores de un compacto en Noruega rondan los 30.000 euros, precios mucho mayores que en el país sudamericano que además posee una mayoría de población con un menor poder adquisitivo lo que se puede ver también con el precio medio de los vehículos más vendidos en comparación con Noruega, por lo que, considerando que las mayores emisiones generalmente están asociadas a vehículos más costosos, se podría cambiar la fórmula del impuesto verde a partir de un cierto rango de emisiones, el cual debiese ser fijado a partir de las metas de reducción que existen, las que por cierto debiesen también tener un componente más concreto para poder formular políticas de estado al respecto con una mejor base. Entonces, se podría hacer algo similar a lo que se hace en la actualidad con el permiso de circulación el cual tiene una base imponible escalonada según el intervalo de precios, siendo más bajo el porcentaje de impuesto en el rango más bajo de tasación del vehículo y subiendo a medida que se va elevando esta. Análogamente con el impuesto verde, se podría, por ejemplo, tener que los vehículos que emitan hasta 159 gr CO₂/km utilicen la fórmula aplicada en la actualidad, después en un rango de 160-184 gr CO₂/km se le añada un factor adicional por concepto de CO₂, para que posteriormente de 185-209 gr CO₂/km sea aún mayor el impuesto y así sucesivamente. Aquí se tiene la limitante de no contar con datos de emisiones de CH₄ de los modelos de vehículos a nivel nacional debido a que en las homologaciones

del 3CV para que ingresen al país, no se otorga ese dato, en caso contrario también podría ser añadido, con mayor peso que el CO₂ debido a su alto poder calorífico que fue mencionado en *Cambio climático y contaminación de fuentes móviles*.

Otra alternativa que puede ser complementaria a la anterior, y a la vez añadiendo un elemento que ha sido tema en otros países es la eliminación o reducción del IVA a este tipo de vehículos, que era lo que se evaluaba en la propuesta del escenario 3 del presente estudio, y que como se vio no es directamente viable, pero la cual podría ser financiada por un impuesto verde mayor como el que se mencionó en el párrafo anterior.

Existen opciones que no van directamente enfocadas al tema monetario en la adquisición del vehículo. Algunas de estas alternativas son por ejemplo eliminar el pago del permiso de circulación en autos eléctricos mientras el mercado madura, el cual, por lo general en Chile es de montos elevados para estos vehículos de cerca de 1 millón de pesos o más, en la mayoría de las ocasiones, al menos cuando el auto es relativamente nuevo. Por otro lado, se pueden eliminar total o parcialmente el cobro de peajes, o aplicar otras medidas de las que ya han sido utilizadas a nivel micro para traspasarlas al macro, como la medida tomada en Las Condes de no cobrar por estacionamientos, tema que se ha regulado en los países mencionados como referencia, pero a nivel nacional.

Una última alternativa más radical y que se podría analizar a largo plazo para el país está relacionada con la prohibición en distintos aspectos de los ICE. Lo primero que se podría hacer, es dejar determinados espacios libres de vehículos ICE, principalmente en los centros de las ciudades, ayudando también a reducir la contaminación acústica. Por otro lado, y como ya se ha visto en otros países, en algún momento las ventas de estos debiesen comenzar a prohibirse, aunque como se mencionó, esto debe ser más a largo plazo debido al retraso que

presenta el desarrollo del mercado e infraestructura con respecto a países que han tomado esa medida.

Otro punto importante es el de los puntos de carga, esto debido a que como se puede ver en el *Anexo 9* y *Anexo 10* aún existe poca infraestructura, por lo que el país todavía no está preparado para una llegada masiva de este tipo de vehículos. De todas maneras, con los antecedentes mencionados en *Situación actual de Chile*, es un tema que va en buen camino a ser resuelto, en donde también se debe regular la planificación urbana y las nuevas construcciones, las que debiesen por norma incluir cargadores para este tipo de vehículos.

Por último, y pasando a otro ámbito, cabe destacar que en el presente estudio hubo algunas limitantes. Una de las principales fue la relacionada a la búsqueda de información respecto a los costos operacionales, y más específicamente a las mantenciones, que es un punto importante donde los eléctricos sacan ventaja respecto a los ICE en muchas ocasiones, pero que solo es informado con claridad por unas pocas marcas en el mercado nacional en sus sitios web, y que en la mayoría ni siquiera es mencionado, siendo la vía para obtenerlos ir a preguntar directamente, llamar o enviar un correo, lo cual hace más engorroso el acceso a la información, debido a que no es instantáneo.

En tanto, una limitante importante tuvo relación con la estimación de los parámetros de Bass y el factor alfa del modelo utilizado, debido a que para los primeros, el mercado chileno en general se encuentra aún en un nivel de madurez muy bajo para poder estimar todo con precisión, obteniéndose resultados incoherentes si es que se calculaban los q a partir de los p , razón por la cual fue necesario estimar estos por ensayo y error adecuándolos a los objetivos propuestos por el país donde no se mencionan subsidios y donde se pretende tener el 40% del parque automotriz eléctrico e híbrido enchufable a 2050. Sin embargo, como se

mencionó con anterioridad este valor q es muy sensible, por lo que de todas maneras en algunos años más con el mercado más desarrollado se podría obtener un resultado más preciso que quizá pueda modificar el escenario. En tanto los valores m del mercado máximo para calcular el parámetro p de Bass, también fueron estimados a partir de supuestos futuros estableciéndose los máximos aproximados para el 2045 en base a la mismo objetivo que tiene Chile del 40% del parque eléctrico o PHEV para 2050.

Finalmente, la situación actual mundial que se vive por la pandemia del COVID-19 implica un mayor grado de incertidumbre para cualquiera de los supuestos que se tomaron en el estudio para el cálculo de beneficios y costos, considerando los diferentes escenarios que vive el propio país en cuanto a la recuperación del mercado automotor que de manera exacta no se sabe cuándo será, pero donde a pesar de todo se pueden tener estimaciones. También la propia industria de la electromovilidad puede ver retrasada su participación de mercado y ver desacelerado el avance de las tecnologías al respecto, implicando así una ralentización en la disminución natural de los precios que se espera que tengan los vehículos eléctricos.

7 Referencias

(s.f.).

Agencia de Protección Ambiental de EEUU. (2019). *EPA*. Obtenido de Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero>

Agencia de Sostenibilidad Energética. (2018). *Electromovilidad: Proyección y propuestas para avanzar*. Santiago: EBP.

ANAC. (Enero de 2016). *Conferencia de Prensa ENE-2016*. Obtenido de <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2017/08/Conferencia-de-prensa-enero-2016.pdf>

ANAC. (2017). *Anuario 2017*. Santiago.

- ANAC. (2019). *Informe del Mercado Automotor Diciembre 2019*. Santiago. Obtenido de <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2020/01/12-ANAC-Mercado-Automotor-Diciembre-2019.pdf>
- ANAC. (2020). ANAC. Obtenido de Estudios de mercado: <https://www.anac.cl/category/estudio-de-mercado/>
- ANAC. (2020). *Informe del mercado automotor - abril 2020*.
- ANAC. (2020). *Informe del mercado automotor - Agosto 2020*. Santiago.
- ANAC. (Junio de 2020). *Informe del mercado automotor Junio 2020*. Obtenido de Informe del mercado Automotor Junio 2020: <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2020/07/06-ANAC-Mercado-Automotor-Junio-2020.pdf>
- ANAC. (2020). *Informe del mercado automotor marzo 2020*. Obtenido de <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2020/04/03-ANAC-Mercado-Automotor-Marzo-2020.pdf>
- ANAC. (2020). *Informe del mercado automotor octubre 2020*. Santiago. Obtenido de <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2020/11/10-ANAC-Mercado-Automotor-Octubre-2020.pdf>
- ANAC. (2020). *Informe del mercado automotor octubre 2020*. Santiago.
- ANAC. (Enero de 2020). *VENTAS RETAIL MERCADO LIVIANOS Y MEDIANOS RANKING TOP 10 ENE-DIC 2019*. Obtenido de <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2020/01/10-M%C3%A1s-vendidos-por-Segmento-2019.pdf>
- ANAC; IDN. (2013). *Anuario automotriz 2012*. Santiago.
- ANDEMOS. (2019). *Informe Vehículos Diciembre*. Obtenido de <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2020/01/Informe-Vehiculos-2019-12.pdf>
- ANDEMOS. (2020). *Informe vehículos HEV, PHEV y BEV Mayo*. Obtenido de <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2020/06/Informe-H%C3%ADbridos-y-Elctricos-2020-5.pdf>
- Artículo 468-1 Ley N°1819. (29 de Diciembre de 2016). *Reforma Tributaria*. Bogota. Obtenido de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_225b86585caa44dd8abbe4eab4c520b2
- Asociación gremial de Vehículos eléctricos de Chile. (2019). *Electromovilidad en Chile*. Obtenido de <https://www.revistaei.cl/wp-content/uploads/2020/04/Electromovilidad-en-Chile-2019.pdf>
- Asociación Noruega de automoviles electricos. (2020). *Norsk Elbilforening*. Obtenido de Estadísticas con el número de autos eléctricos registrados en Noruega.: <https://elbil.no/elbilstatistikk/elbilbestand/>
- Asociación noruega de automóviles eléctricos. (s.f.). *Norsk elbilforening*. Obtenido de Norwegian EV Policy: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>

- Audi Noruega*. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.audi.no/no/web/no.html>
- Autocosmos*. (2020). Recuperado el 13 de Julio de 2020, de Carros nuevos por marca: <https://www.autocosmos.com.co/catalogo/2020>
- Banco Central. (Septiembre de 2020). *Encuesta de expectativas económicas septiembre 2020*. Obtenido de Encuestas económicas: https://www.bcentral.cl/documents/33528/112496/resultado_092020.pdf/9250658e-c259-ba40-1400-0bb0bd513897?t=1599698826487
- Banco Mundial. (2019). *Banco Mundial - Datos*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/pais/chile>
- Banco Mundial. (2019). *Datos Banco Mundial*. Obtenido de Emisiones de CO2 originadas por el transporte (% del total de la quema de combustible): <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.CO2.TRAN.ZS?end=2014&start=1960&view=chart>
- Barros, V. (2005). *El cambio climático global*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Bass, F. (Enero de 1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, 15(5), 215-227.
- Bass, F. (Diciembre de 2004). Comments on " A new product growth for model consumer durables". *Management Science*, 50(12), 1833-1840.
- Benavides, H., & Leon, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Biobío Chile. (26 de Julio de 2017). *Biobiochile*. Obtenido de Difunden los modelos de autos más usados como taxi en Chile: <https://www.biobiochile.cl/noticias/economia/actualidad-economica/2017/07/26/difunden-los-modelos-de-autos-mas-usados-como-taxi-en-chile.shtml>
- BMW Chile*. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de Precios de la gama BMW 2020: <https://www.bmw.cl/es/local/lista-de-precios-de-autos-bmw-2020.html>
- Bruno Fritsch*. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.brunofritsch.cl/home>
- Camila Reyes, E. (Julio 18 de 2017). *EMOL*. Obtenido de Estudio asegura que Chile es el segundo país con mayores tarifas eléctricas de Sudamérica: [https://www.emol.com/noticias/Nacional/2017/07/18/867228/Chile-es-el-segundo-pais-con-mayores-tarifas-electricas-de-Sudamerica.html#:~:text=El%20valor%20de%20la%20energ%C3%ADa,centavos%20de%20d%C3%B3lar%20\(%2465\)](https://www.emol.com/noticias/Nacional/2017/07/18/867228/Chile-es-el-segundo-pais-con-mayores-tarifas-electricas-de-Sudamerica.html#:~:text=El%20valor%20de%20la%20energ%C3%ADa,centavos%20de%20d%C3%B3lar%20(%2465)).
- Carroya.com*. (2020). Recuperado el 13 de Julio de 2020, de <https://www.carroya.com/>
- CAVEM. (2019). *Anuario Automotor 2018*. Santiago.

Centro de control y certificación vehicular, Ministerio de Transportes. (2009). Norma de emisión de contaminantes para buses urbanos de Santiago, D.S. 130/2001 MTT. *Taller Internacional 2009 Sobre Carbono Negro de América Latina*. Ciudad de Mexico. Obtenido de <https://theicct.org/sites/default/files/Olivo.pdf>

Centro de Estudios Tributarios UChile. (Marzo de 2019). *Cetuchile*. Obtenido de Impuesto verde a las fuentes móviles contaminantes:
https://www.cetuchile.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=3502:iv-impuesto-verde-a-las-fuentes-contaminantes-moviles&catid=250:reporte-tributario-no102-marzo-2019&Itemid=349

Chevrolet Chile. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.chevrolet.cl/>

Comisión nacional de energía. (2016). *Anuario estadístico de energía 2005-2015*. Santiago.

Comisión nacional de energía. (2017). *Anuario estadístico de energía 2016*. Santiago.

Comisión nacional de energía. (2018). *Anuario estadístico de energía 2017*. Santiago.

Comisión nacional de energía. (2019). *Anuario estadístico de energía 2018*. Santiago.

Comisión nacional de energía. (2020). *Anuario estadístico de energía 2019*. Santiago.

Comisión nacional de energía. (2020). *Bencina en línea*. Recuperado el 2020 de Septiembre de 25, de Sistema de información en línea de precios de combustibles en estaciones de servicio:
<http://www.bencinaenlinea.cl/web2/>

Comisión nacional de energía. (2020). *Energía abierta*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2020, de Factores de emisión: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>

CONAMA. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes*. Santiago. Obtenido de https://retc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/GUIA_CONAMA.pdf

CONAMA. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencias de contaminantes*. Santiago: Departamento de Control de la Contaminación, CONAMA.

Decreto N°1116. (29 de Junio de 2017). Modifica parcialmente el arancel de aduanas y se establecen disposiciones para la importación de vehículos eléctricos, híbridos y sistemas de carga. Bogota, Colombia. Obtenido de <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201116%20DEL%2029%20DE%20JUNIO%20DE%202017.pdf>

Dieselnet. (2020). *Dieselnet*. Recuperado el 13 de Octubre de 2020, de EU: Cars and light trucks:
<https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>

E2BIZ Consultores. (2018). *Estudio escenarios de usos futuros de la electricidad - Capítulos transporte y residencial*. Santiago. Obtenido de http://generadoras.cl/media/page-files/345/170822_Estudio_Escenarios_de_Usos_Futuros_de_la_Electricidad.pdf

Electro mov. (3 de Febrero de 2020). *Electro Mov.* Obtenido de Copec Voltex consolida su red de carga: 1400 kilómetros entre La Serena y Temuco:

<http://www.electromov.cl/2020/02/03/copec-voltex-consolida-su-red-de-carga-1-400-kilometros-entre-la-serena-y-temuco/>

Electro Mov. (2 de Enero de 2020). *Prohibición de convertir autos convencionales a eléctricos preocupa a privados.* Obtenido de <http://www.electromov.cl/2020/01/02/prohibicion-de-convertir-autos-convencionales-a-electricos-preocupa-a-privados/>

EMOL. (25 de Enero de 2018). *EMOL Autos.* Obtenido de Sepa cómo diferenciar a qué segmento pertenece su auto: <https://www.emol.com/noticias/Autos/2018/01/22/891916/Sepa-como-diferenciar-a-que-segmento-pertenece-su-auto.html#:~:text=el%20conocido%20Smart.-,Segmento%20A,y%20los%20monovol%C3%BAmenes%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1os.>

EMOL. (27 de 12 de 2019). *EMOL.* Obtenido de BCI Estudios corrige PIB potencial de Chile a solo 2,5% para la próxima década:

<https://www.elmercurio.com/Inversiones/Noticias/Analisis/2019/12/27/BCI-Estudios-corrige-PIB-potencial-de-Chile-a-solo-25-para-la-proxima-decada.aspx>

ENEL. (17 de Enero de 2020). *ENEL.* Obtenido de Enel X conectará a Chile de Arica a Punta Arenas con 1200 puntos de carga para autos eléctricos: <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/prensa/press-enel-x/d202001-1200-puntos-de-carga-para-autos-electricos.html>

Expansión. (2020). *Datosmacro.* Obtenido de PIB de Chile:

<https://datosmacro.expansion.com/pib/chile>

Ford Chile. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de Ford Nuevo Fusion:

<https://www.ford.cl/autos/nuevo-fusion/>

Foton Cidef. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de Midi Cabina Simple:

https://www.fotoncidef.cl/midi-cabina-simple_foton_cidef

Go Electric. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de Catalogo de Autos:

<https://goelectricchile.com/listings/>

Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. (18 de Octubre de 2019). *Santiago estrena nueva Red de Carga Pública para vehículos eléctricos.* Obtenido de

<https://www.gobiernosantiago.cl/nueva-red-de-carga-vehiculos-electricos/>

Haugneland, P., Lorentzen, E., Bu, C., & Hauge, E. (2017). *Put a price on carbon to fund EV incentives – Norwegian EV Policy success.* Stuttgart.

Hyundai Noruega. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de

<https://www.hyundai.no/#carModelList>

IEA. (2020). *Global EV Outlook 2020.* Paris: IEA. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>

- INE. (2019). *Parque de Vehículos en circulación 2018*. Santiago.
- INE. (2020). INE. Obtenido de Permisos de Circulación:
<https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>
- Institute of transport economics; Norwegian centre for transport research. (2015). *E-vehicle policies and incentives - assessments and recommendations*. Oslo. Obtenido de
<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=41187>
- Instituto Mexicano del Transporte. (Agosto de 2019). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*. Obtenido de
<https://www.motorpasion.com/revision/funcionamiento-motor-combustion-paso-a-paso-video>
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra.
- Kaufmann. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de New Sprinter:
<https://www.kaufmann.cl/minibuses-furgones/furgones/new-sprinter/new-sprinter-316-cdi-14-m3-4x2-euro-5/>
- Kia Chile. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de Kia Niro:
<https://www.kia.com/cl/showroom/Niro/features.html>
- Klesty, V., & Karagiannopoulos, L. (3 de Enero de 2020). *Reuters*. Obtenido de After Tesla's record year in Norway, rivals gear up for 2020: <https://www.reuters.com/article/us-autos-electric-norway/after-teslas-record-year-in-norway-rivals-gear-up-for-2020-idUSKBN1Z20QQ#:~:text=The%20country's%20best-selling%20car,at%20cracking%20the%20mass%20market.>
- La Tercera. (8 de Octubre de 2019). *La Tercera*. Obtenido de \$ 8 millones de subsidio para cambiarse a un auto eléctrico en Chile: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/8-millones-subsidio-auto-electrico/852860/>
- Lamberson, P. J. (2008). The diffusion of hybrid electric vehicles. Future research directions in sustainable mobility and accessibility. *Sustainable mobility accessibility research and transformation (SMART) at the University of Michigan center for advancing research solutions for society (CARSS)*.
- Ley N°1964. (11 de Julio de 2019). *Por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones*. Bogotá. Obtenido de
<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201964%20DEL%2011%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>

- Massiani, J., & Gohs, A. (10 de Julio de 2015). The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies. *Research in Transportation Economics*, 50, 17-28.
- Mazda colombia*. (2020). Recuperado el 13 de Julio de 2020, de <https://www.mazda.com.co/vehiculos/mazda-2-sedan/>
- MG Motor*. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de All New MG3: https://www.mgmotor.cl/modelos/new-mg-3/?gclid=EAlaIQobChMI1uLbrbvO6glVDBKRCh0ZlwtEEAAYASAAEgKtRfD_BwE
- Ministerio de Energía. (2019). *Plataforma de electromovilidad*. Obtenido de Taxis ejecutivos eléctricos en Santiago: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/electromovilidad-en-chile/taxis-ejecutivos-electricos-en-santiago>
- Ministerio de Energía. (2019). *Plataforma de electromovilidad*. Obtenido de Buses eléctricos RED: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/electromovilidad-en-chile/buses-electricos-red>
- Ministerio de Energía. (2019). *Plataforma de electromovilidad*. Obtenido de Bus interurbano eléctrico: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/electromovilidad-en-chile/bus-interurbano-electrico>
- Ministerio de energía. (15 de Octubre de 2019). *Subsecretario de energía inauguró primera Electroliner de la "Electro ruta del cobre"*. Obtenido de <https://www.energia.gob.cl/noticias/nacional/subsecretario-de-energia-inauguro-primera-electrolinera-de-la-electro-ruta-del-cobre>
- Ministerio de energía. (Mayo de 2020). *Plataforma para la electromovilidad*. Obtenido de <https://energia.gob.cl/electromovilidad/orientaciones-de-politicas-publicas>
- Ministerio de Energía. (s.f.). *Ministerio de Energía*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2020, de Indicadores Ambientales - Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional: <https://energia.gob.cl/indicadores-ambientales-factor-de-emisiones-gei-del-sistema-electrico-nacional>
- Ministerio de Energía. (s.f.). *Plataforma de electromovilidad*. Obtenido de Vehículos eléctricos en arriendo: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/electromovilidad-en-chile/vehiculos-electricos-en-arriendo>
- Ministerio de Energía. (s.f.). *Plataforma de electromovilidad*. Obtenido de Furgones en flota operativa de empresa de agua potable: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/electromovilidad-en-chile/furgones-electricos-en-flota-de-servicios>
- Ministerio de Energía. (s.f.). *Plataforma de electromovilidad*. Obtenido de Vehículos eléctricos para trabajadores: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/electromovilidad-en-chile/vehiculos-electricos-para-trabajadores>

Ministerio de Hacienda. (25 de Marzo de 2008). Ley 20259. *ESTABLECE REBAJA TRANSITORIA DEL IMPUESTO A LAS GASOLINAS AUTOMOTRICES Y MODIFICA OTROS CUERPOS LEGALES.*

Obtenido de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=270070>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (1991). *NORMAS SOBRE EMISIONES DE VEHICULOS MOTORIZADOS LIVIANOS.* Obtenido de

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=11031&idParte=10162827&idVersion=2020-09-30>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2012). *ESTABLECE NORMAS DE EMISION APLICABLES A VEHICULOS MOTORIZADOS PESADOS QUE INDICA.* Obtenido de

<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=8364>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (Abril de 2019). *¿Quiénes están exentos de la restricción vehicular?* Obtenido de http://mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/EXENCIO%CC%81N_2019.pdf

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 3cv. (2020). Homologación de Vehículos Livianos-Medianos y Motocicletas. *Nomina de vehículos livianos y medianos.* Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.mtt.gob.cl/archivos/5609>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2019). *ESTABLECE NORMAS DE EMISION APLICABLES A VEHICULOS MOTORIZADOS MEDIANOS QUE INDICA.* Obtenido de

<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=8349>

Ministerio del medio ambiente. (24 de Noviembre de 2017). Decreto 31 MMA. *ESTABLECE PLAN DE PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PARA LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO.* Santiago. Obtenido de https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/DTO-31_24-Establece-plan-de-prevencion-y-descontaminacion-atmosferica-para-la-Region-Metropolitana-de-santiago.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). *Informe consolidado de emisiones y transferencias de contaminantes 2005-2017.* Santiago: Departamento de Información Ambiental, división de información y economía ambiental, ministerio del medio ambiente.

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico España. (s.f.). *PRTR España - Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.* Obtenido de NOX (Óxidos de nitrógeno): <http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html>

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (s.f.). *PRTR España - Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.* Obtenido de CO (Monóxido de Carbono): [http://www.prtr-es.es/CO-Monoxido-de-carbono,15589,11,2007.html#:~:text=CO%20\(Mon%C3%B3xido%20de%20carbono\)%20%7C%20PRTR%20Espa%C3%B1a&text=Los%20datos%20que%20se%20publican,validadas%20por%20las%20autoridades%20competentes](http://www.prtr-es.es/CO-Monoxido-de-carbono,15589,11,2007.html#:~:text=CO%20(Mon%C3%B3xido%20de%20carbono)%20%7C%20PRTR%20Espa%C3%B1a&text=Los%20datos%20que%20se%20publican,validadas%20por%20las%20autoridades%20competentes).

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (s.f.). *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes - PRTR.* Obtenido de N2O (Oxido nitroso): <http://www.prtr-es.es/N2O-oxido-nitroso,15592,11,2007.html>

- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (s.f.). *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes - PRTR*. Obtenido de CO₂ (Dioxido de Carbono): [http://www.prtr-es.es/CO2-Dioxido-de-carbono,15590,11,2007.html#:~:text=CO2%20\(Di%C3%B3xido%20de%20carbono\)%20%7C%20PRTR%20Espa%C3%B1a&text=Los%20datos%20que%20se%20publican,validadas%20por%20las%20autoridades%20competentes.&text=El%20di%C3%B3xido%20de%20](http://www.prtr-es.es/CO2-Dioxido-de-carbono,15590,11,2007.html#:~:text=CO2%20(Di%C3%B3xido%20de%20carbono)%20%7C%20PRTR%20Espa%C3%B1a&text=Los%20datos%20que%20se%20publican,validadas%20por%20las%20autoridades%20competentes.&text=El%20di%C3%B3xido%20de%20)
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (s.f.). *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes - PRTR*. Obtenido de CH₄ (Metano): [http://www.prtr-es.es/CH4-metano,15588,11,2007.html#:~:text=CH4%20\(Metano\)%20%7C%20PRTR%20Espa%C3%B1a&text=Los%20datos%20que%20se%20publican,validadas%20por%20las%20autoridades%20competentes.&text=El%20metano%20es%20el%20hidrocarburo%20saturado%20de%20cad](http://www.prtr-es.es/CH4-metano,15588,11,2007.html#:~:text=CH4%20(Metano)%20%7C%20PRTR%20Espa%C3%B1a&text=Los%20datos%20que%20se%20publican,validadas%20por%20las%20autoridades%20competentes.&text=El%20metano%20es%20el%20hidrocarburo%20saturado%20de%20cad)
- Mitsubishi Noruega*. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.mitsubishi-motors.no/biler/outlander-phev>
- Monroy, M., & Rojas, C. (9 de Septiembre de 2020). *La Tercera*. Obtenido de Los modelos 100% eléctricos que pronto llegarán a Chile: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/los-autos-electricos-que-llegaran-a-chile/P7PK4DG6QFBTXBAUG3WOKIMPHU/>
- Motorfull. (2007). *Motorfull*. Obtenido de Relación entre consumo y emisiones de CO₂: [https://motorfull.com/2007/03/relacion-entre-consumo-y-emisiones-de-co2#:~:text=La%20combusti%C3%B3n%20completa%20de%20un,un%20poco%20mayores%20C%202.650%20gramos.&text=bastar%C3%A1%20con%20multiplicar%20el%20consumo,quando%20se%20trate%20de%20gasoil\).](https://motorfull.com/2007/03/relacion-entre-consumo-y-emisiones-de-co2#:~:text=La%20combusti%C3%B3n%20completa%20de%20un,un%20poco%20mayores%20C%202.650%20gramos.&text=bastar%C3%A1%20con%20multiplicar%20el%20consumo,quando%20se%20trate%20de%20gasoil).)
- Nissan Noruega*. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.nissan.no/biler/nye-biler/leaf.html>
- OFV. (2020). *Consejo de información del trafico en carreteras (Opplysningsrådet for Veitrafikken)*. Obtenido de Venta de coches en 2019 (Bilsalget i 2019): <https://ofv.no/bilsalget/bilsalget-i-2019>
- Perez, A. (23 de Enero de 2018). *Autobild*. Obtenido de ¿Cómo funciona un motor eléctrico?: <https://www.autobild.es/noticias/como-funciona-motor-electrico-186528#:~:text=El%20motor%20el%C3%A9ctrico%20genera%20resistencia,se%20almacena%20en%20la%20bater%C3%ADa.>
- Prior, J. (2012). *Como funcionan los carros*. Time for Kids.
- Prueba de ruta. (s.f.). *Prueba de Ruta*. Obtenido de Tipos de carroceria hatchback, fastback, liftback y todas las demas: <https://www.pruebaderuta.com/tipos-de-carroceria-hatchback-fastback-liftback-y-todas-las-demas.php>
- Publimetro. (16 de Mayo de 2017). La nueva medida de Lavín: Autos eléctricos tendrán estacionamiento gratuito en Las Condes. Obtenido de <https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2017/05/16/lavin-autos-electricos-lascondes.html>

Renault Colombia. (2020). Recuperado el 13 de julio de 2020, de <https://www.renault.com.co/>

Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA). (9 de Abril de 2020). *Datos RETC.* Obtenido de Emisiones de transporte en ruta 2005 - 2018:

<https://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire/resource/6420243c-c5f8-4fc6-bf1f-32f64d385583>

Servicio de Impuestos Internos. (2020). *SII.* Obtenido de Consulta Tasación:

<https://www4.sii.cl/vehiculospubui/#/searchtasacion>

Servicio de Impuestos Internos. (s.f.). *SII.* Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de Impuesto Verde a Vehículos Motorizados Nuevos:

http://www.sii.cl/portales/reforma_tributaria/impuestoverde.html#:~:text=Impuesto%20Verde%20a%20Fuentes%20M%C3%B3viles,de%20veh%C3%ADculos%20que%20contaminan%20menos.

Skoda Noruega. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.skoda-auto.no/modeller/octavia>

Subsecretaría de evaluación social. (2017). *Estimación del precio social del CO2.* Ministerio de Desarrollo Social, División de Evaluación Social de Inversiones, Santiago. Obtenido de <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/precio-social-co2-2017/?wpdmdl=2406>

Toyota Noruega. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.toyota.no/>

Urbizabastegui-Alvarado, R. (2019). El modelo de difusión de innovación de Rogers en la bibliometría mexicana. *Palabra Clave*, 9(1), e071. Obtenido de

http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.11362/pr.11362.pdf

Volkswagen Noruega. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de

<https://www.volkswagen.no/no.html>

Volvo Cars Chile. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.volvocars.com/cl>

Volvo Cars Noruega. (2020). Recuperado el 14 de Julio de 2020, de <https://www.volvocars.com/no>

8 Anexos

Anexo 1: Ilustraciones de clasificación vehicular de ANAC

Autos:

Citycar



Hatchback

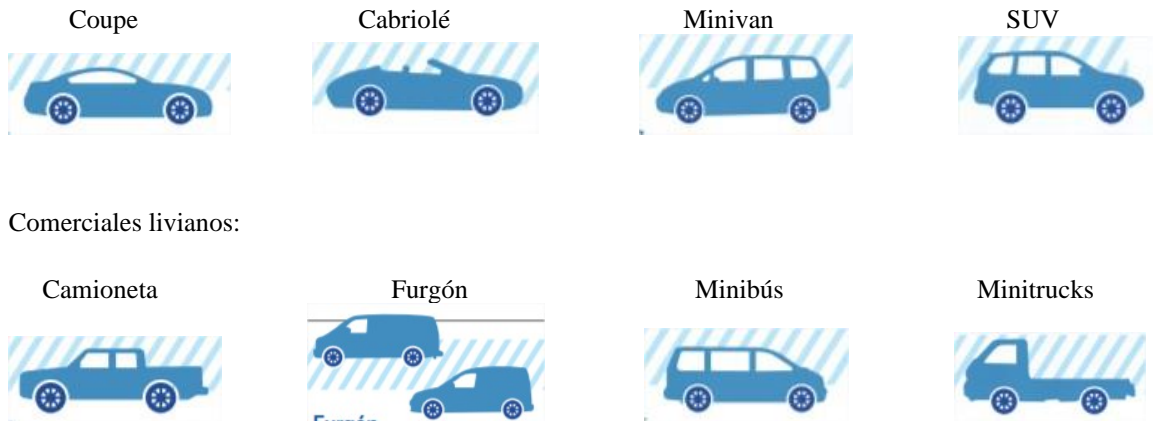


Sedán



Station Wagon





Comerciales livianos:

Fuente: ANAC (ANAC, 2017)

Anexo 2 Marcas de automóviles presentes en el mercado chileno.

Marca	Origen
Chevrolet	USA
Suzuki	Japón
Kia	Corea
Hyundai	Corea
Nissan	Japón
Toyota	Japón
Peugeot	Francia
MG	China
Mazda	Japón
Ford	USA
Volkswagen	Alemania
Mitsubishi	Japón
Changan	China
Jac	China
Renault	Francia
Citroen	Francia
Chery	China
Great Wall	China
Subaru	Japón
Ssangyong	Corea
RAM	USA
Mercedes Benz	Alemania
Maxus	China
Brilliance	China



BMW	Alemania
Honda	Japón
Fiat	Italia
Mahindra	India
DFM	China
Haval	China
Jeep	USA
Foton	China
DFSK	China
KYC	China
Opel	Alemania
Audi	Alemania
Volvo	Suecia
BAIC	China
Seat	España
FAW	China
Geely	China
Dodge	USA
Skoda	Republica Checa
JMC	China
ZXAuto	China
Land Rover	Inglaterra
Mini	Inglaterra
Lexus	Japón
Porsche	Alemania
DS	Francia
Jaguar	Inglaterra
Lifan	China
Fuso	Japón
ZNA	China
Maserati	Italia
Alfa romeo	Italia
Iveco	Italia
Ferrari	Italia
Chrysler	USA
Proton	Malasia
Lotus	Inglaterra
Bentley	Inglaterra
Rolls Royce	Inglaterra
Lada	Rusia
UAZ	Rusia
Infiniti	Japón
Aston Martin	Inglaterra
McLaren	Inglaterra

Anexo 3: Áreas urbanas con estimación de emisiones

Ciudades	Modelo de transporte
Angol	No
Antofagasta	Si
Arica	Si
Calama	Si
Chillán	Si
Copiapó	Si
Coyhaique	No
Curicó	No
Gran Concepción	Si
Gran Santiago	Si
Gran Valparaíso	Si
Iquique	Si
La Serena- Coquimbo	Si
Linares	No
Los Andes	No
Los Ángeles	Si
Osorno	Si
Ovalle	No
Puerto Montt	Si
Punta Arenas	No
Rancagua	Si
San Antonio	No
San Felipe	No
San Fernando	No
Talca	Si
Temuco-PLC	Si
Valdivia	Si

Anexo 4: Detalle de comunas por área urbana

Área urbana	Comunas
Chillan	Chillán
	Chillán Viejo
Gran Valparaíso	Viña del Mar
	Casablanca
	Quillota



	Quilpué
	Villa Alemana
	Limache
	Concón
	Valparaíso
Iquique	Iquique
	Alto Hospicio
Otras comunas RM	Calera de Tango
	Paine
	Melipilla
	Buín
	Colina
	El Monte
	Talagante
	Tiltil
Rancagua	Graneros
	Doñihue
	Mostazal
	Olivar
	Rancagua
	Machalí
Talca	Maule
	Talca
Temuco-PLC	Vilcún
	Padre Las Casas
	Temuco
Gran Concepción	Nacimiento
	Coelemu
	Talcahuano
	Santa Juana
	Bulnes
	Coronel
	Hualqui
	Treguaco
	Ninhue
	Arauco
	Cobquecura
	San Rosendo
	Yumbel
	Portezuelo
	Penco
	Chiguayante
	Concepción
	Ránquil



	Lota
	Hualpén
	San Pedro de la Paz
	Quillón
	Florida
	Tomé
Gran Santiago	San Miguel
	Puente Alto
	La Cisterna
	Recoleta
	Conchalí
	Pedro Aguirre Cerda
	Estación Central
	Ñuñoa
	Padre Hurtado
	Maipú
	Pirque
	Quilicura
	Renca
	Huechuraba
	Pudahuel
	La Florida
	El Bosque
	Lo Barnechea
	Cerro Navia
	Santiago
	Providencia
	San Bernardo
	Lampa
	Vitacura
	Macul
	Las Condes
	La Granja
	Lo Espejo
	Peñalolén
	Quinta Normal
	Lo Prado
	La Reina
	Cerrillos
	San Joaquín
	La Pintana
	Independencia
	San Ramón

Anexo 5: Vehículos motorizados exentos de impuesto verde

- 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.
- En el caso de los taxis, se debe pagar el impuesto verde, sin perjuicio de solicitar su devolución en el sitio WEB de la TGR una vez inscrito el vehículo nuevo como taxi en el Ministerio de Transporte.
- Vehículos motorizados destinados al transporte de pasajeros, con capacidad de más de 9 asientos, incluido el del conductor.
- 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, coches blindados para el transporte y en general vehículos especiales clasificados en la partida 87.03 del Arancel Aduanero.

Anexo 6: Normativa de emisiones Euro automóviles de turismo

	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Diesel					
Euro 1	2,72		0,97		0,14
Euro 2 DI	1		0,9		0,1
Euro 2 IDI	1		0,7		0,08
Euro 3	0,64		0,56	0,5	0,05
Euro 4	0,5		0,3	0,25	0,025

Euro 5 ^a	0,5		0,23	0,18	0,005
Euro 5b	0,5		0,23	0,18	0,005
Euro 6	0,5		0,17	0,08	0,005
Gasolina					
Euro 1	2,72		0,97		
Euro 2	2,2		0,5		
Euro 3	2,3	0,2		0,15	
Euro 4	1	0,1		0,08	
Euro 5	1	0,1		0,06	0,005
Euro 6	1	0,1		0,06	0,005

Anexo 7: Normativa de emisiones Euro vehículos industriales

Tipo de vehículo	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
N1 Clase 1					
<i>Diesel</i>					
Euro 1	2,72		0,97		0,14
Euro 2 DI	1		0,9		0,1
Euro 2 IDI	1		0,7		0,08
Euro 3	0,64		0,56	0,5	0,05
Euro 4	0,5		0,3	0,25	0,025
Euro 5 ^a	0,5		0,23	0,18	0,005
Euro 5b	0,5		0,23	0,18	0,005
Euro 6	0,5		0,17	0,08	0,005
Gasolina					
Euro 1	2,72		0,97		
Euro 2	2,2		0,5		
Euro 3	2,3	0,2		0,15	
Euro 4	1	0,1		0,08	
Euro 5	1	0,1		0,06	0,005
Euro 6	1	0,1		0,06	0,005
N1 Clase 2					
<i>Diesel</i>					
Euro 1	5,17		1,4		0,19
Euro 2 DI	1,25		1,3		0,14
Euro 2 IDI	1,25		1		0,12
Euro 3	0,8		0,72	0,65	0,07
Euro 4	0,63		0,39	0,33	0,04
Euro 5 ^a	0,63		0,295	0,235	0,005
Euro 5b	0,63		0,295	0,235	0,005
Euro 6	0,63		0,195	0,105	0,005

Gasolina					
Euro 1	5,17		1,4		
Euro 2	4		0,65		
Euro 3	4,17	0,25		0,18	
Euro 4	1,81	0,13		0,1	
Euro 5	1,81	0,13		0,075	0,005
Euro 6	1,81	0,13		0,075	0,005
N1 Clase 3					
Diesel					
Euro 1	6,9		1,7		0,25
Euro 2 DI	1,5		1,6		0,2
Euro 2 IDI	1,5		1,2		0,17
Euro 3	0,95		0,86	0,78	0,1
Euro 4	0,74		0,46	0,39	0,06
Euro 5 ^a	0,74		0,35	0,28	0,005
Euro 5 ^b	0,74		0,35	0,28	0,005
Euro 6	0,74		0,215	0,125	0,005
Gasolina					
Euro 1	6,9		1,7		
Euro 2	5		0,8		
Euro 3	5,22	0,29		0,21	
Euro 4	2,27	0,16		0,11	
Euro 5	2,27	0,16		0,082	0,005
Euro 6	2,27	0,16		0,082	0,005
N2					
Diesel					
Euro 5 ^a	0,74		0,35	0,28	0,005
Euro 5 ^b	0,74		0,35	0,28	0,005
Euro 6	0,74		0,215	0,125	0,005
Gasolina					
Euro 5	2,27	0,16		0,082	0,005
Euro 6	2,27	0,16		0,082	0,005

Anexo 8: Participación de mercado de autos eléctricos

Participación de mercado País	Año											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alemania				0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%	0,7%	1,1%	1,8%
Australia								0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,8%



Brasil								0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				
Canadá				0,1%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,5%	1,3%	1,9%				
Chile													0,1%		
China				0,1%	0,1%	0,2%	0,7%	1,0%	1,9%	3,4%	3,9%				
Corea del Sur						0,1%	0,2%	0,3%	0,9%	2,0%	1,9%				
Estados Unidos				0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	0,7%	1,5%	1,5%			
Finlandia						0,2%	0,2%	0,2%	0,4%	0,6%	1,7%				
Francia				0,1%	0,3%	0,5%	0,6%	0,9%	1,1%	1,2%	1,5%	1,9%			
India				0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%			
Japón				0,1%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,6%	0,5%		
México				0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
Noruega				1,5%	0,1%	0,7%	0,9%	3,0%	5,4%	13,3%	16,1%	14,4%	17,8%	31,2%	42,4%
Nueva Zelanda									0,1%	0,5%	1,0%	1,7%	2,2%		
Otros				0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,5%	1,0%			
Países Bajos				0,2%	0,2%	0,5%	0,7%	0,6%	1,1%	2,2%	5,5%	13,9%			
Portugal				0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,8%	1,9%	3,1%		
Reino Unido				0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%	1,5%			
Sudáfrica						0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
Suecia				0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	0,8%	0,7%	1,1%	1,7%	4,4%			
Tailandia														0,0%	0,1%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de (IEA, 2020)

Anexo 9: Estaciones de carga lenta por año

Cargadores lentos País	Año																
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019				
Alemania						1500	2400	2606	4587	22213	22213	23112	34203				
Australia											436	666	1679				
Brasil												454	908				
Canadá						722	1172	2266	3361	3900	5168	7100	7976				
Chile					1	6	8	13	22	22	35	61	154				
China								21000	46657	86365	130508	163667	301238				
Corea del Sur					29	59	115	151	449	1075	3081	5394	6514				
Estados Unidos					333	339	373	482	3903	11695	14990	20115	28150	35089	39601	50258	64265
Finlandia								250	357	706	706	706	2050	3113			
Francia						800	1700	1700	9865	18620	20153	22736	27661				
India												222	327	1736			
Japón									8640	16120	17260	21507	22287	22536			
México												1486	2677	2677			
Noruega					2800	3105	3688	4511	5185	5185	7040	8292	11145	5466			



Nueva Zelanda									89	131			
Otros	1299	3940	5419	7533	12518	18617	21164	25906	34504				
Países Bajos	400	400	2782	5770	11860	17786	32120	32875	35852	49324			
Portugal	1072	1120	1158	1178	1238	1254	1452	1602	2732				
Reino Unido	1503	2804	5435	7182	8174	11497	13062	14732	22359				
Sudáfrica								87	158	113			
Suecia		500	1000	1065	1251	1737	3456	6050	8279				
Tailandia								88	88	748			
Total general	333	339	373	3682	11312	29616	43928	90851	156069	257515	325592	396411	598316

Fuente: Elaboración propia con base en datos de (IEA, 2020)

Anexo 10: Estaciones de carga rápida por año

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alemania			18	47	116	471	1688	1801	2612	2860
Australia								40	61	251
Brasil									5	5
Canadá			2	7	55	63	135	673	840	975
Chile		1	4	5	5	5	5	7	9	38
China					9000	12101	54889	83395	111333	214670
Corea del Sur		33	118	177	237	337	491	933	1699	2673
Estados Unidos						3524	3079	3436	4242	13093
Finlandia				17	26	130	141	141	225	338
Francia			9	102	114	580	998	1031	1396	2040
India							25	25	25	91
Japón	312	801	1381	1794	2871	5971	7061	7255	7684	7858
México								16	29	29
Noruega		18	58	96	108	328	501	917	1226	3970
Nueva Zelanda								104	204	238
Otros		7	205	561	674	1681	2195	2865	4948	7387
Países Bajos			21	21	121	222	404	407	819	829
Portugal		6	7	17	17	22	41	153	184	359
Reino Unido			36	256	524	1066	1763	2179	2692	4735
Sudáfrica								37	81	133
Suecia			5	1000	1065	1251	1737	3456	950	1161
Tailandia								8	8	69
Total general	312	866	1864	4100	14933	27752	75153	108879	141272	263802

Fuente: Elaboración propia con base en datos de (IEA, 2020)

Anexo 11: Regresión de ventas de vehículos EV para cálculo de parámetros de Bass

Source	SS	df	MS			
Model	43940.3606	2	21970.1803	Number of obs =	9	
Residual	5937.63939	6	989.606565	R-squared =	0.8810	
				Adj R-squared =	0.8413	
				Root MSE =	31.45801	
Total	49878	8	6234.75	Res. dev. =	83.96747	

ev	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
/beta0	-2.143211	15.33525	-0.14	0.893	-39.66723	35.3808
/beta1	1.2578	.2316191	5.43	0.002	.6910485	1.824552
/beta2	-.0019151	.0004555	-4.20	0.006	-.0030298	-.0008005

Parameter beta0 taken as constant term in model & ANOVA table

Anexo 12: Regresión lineal de ventas de vehículos PHEV para cálculo de parámetros de Bass

Source	SS	df	MS			
Model	3838.86756	2	1919.43378	Number of obs =	6	
Residual	1814.63244	3	604.87748	R-squared =	0.6790	
				Adj R-squared =	0.4650	
				Root MSE =	24.59426	
Total	5653.5	5	1130.7	Res. dev. =	51.29853	

phev	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
/beta0	-11.08086	27.11138	-0.41	0.710	-97.36135	75.19964
/beta1	1.21075	.6829628	1.77	0.174	-.9627428	3.384242
/beta2	-.0038814	.0028954	-1.34	0.273	-.0130959	.005333

Parameter beta0 taken as constant term in model & ANOVA table

Anexo 13: Evolución precio medio real ponderado Autos ICE más vendidos

Año	Precio medio
2017	\$ 11.754.080
2018	\$ 11.750.660
2019	\$ 10.835.544
2020	\$ 10.080.444

Anexo 14: Evolución precio medio real de Autos ICE gama alta

Año	Precio medio
2014	\$ 92.188.574
2015	\$ 97.711.918
2016	\$ 97.181.674

2017	\$	79.359.414
2018	\$	50.930.493
2019	\$	60.744.460
2020	\$	66.993.024

Anexo 15: Evolución precio medio real de Comerciales livianos ICE

Año	Precio medio
2017	\$ 17.728.072
2018	\$ 16.616.927
2019	\$ 16.881.024
2020	\$ 18.327.576

Anexo 16: Modelos considerados en la categoría taxi

Modelo
Nissan Tiida
Hyundai Accent
Toyota Yaris
Hyundai Elantra
Toyota Corolla
Nissan Versa
Nissan Sentra
Hyundai Sonata
Chevrolet Sail
Kia Rio

Anexo 17: Evolución de costo incremental de PHEV respecto a autos ICE gama alta

Año	Diferencia
2021	\$10,214,144
2022	\$ 9,354,331
2023	\$ 7,749,770
2024	\$ 5,450,296
2025	\$ 3,150,821
2026	\$ 1,546,260
2027	\$ 686,447
2028	\$ 289,923
2029	\$ 119,764
2030	\$ 49,012
2031	\$ 19,980



2032	\$	8,132
2033	\$	3,308
2034	\$	1,345
2035	\$	547
2036	\$	222
2037	\$	90
2038	\$	37
2039	\$	15
2040	\$	6
2041	\$	2
2042	\$	1
2043	\$	0
2044	\$	0
2045	\$	0

Anexo 18: Evolución del costo incremental de Autos EV respecto al precio medio ponderado de autos ICE

Año	Diferencia
2021	\$ 11.103.012
2022	\$ 10.969.773
2023	\$ 10.735.042
2024	\$ 10.332.193
2025	\$ 9.670.916
2026	\$ 8.660.896
2027	\$ 7.276.229
2028	\$ 5.634.754
2029	\$ 3.993.279
2030	\$ 2.608.612
2031	\$ 1.598.592
2032	\$ 937.315
2033	\$ 534.466
2034	\$ 299.735
2035	\$ 166.496
2036	\$ 91.988
2037	\$ 50.671
2038	\$ 27.865
2039	\$ 15.310
2040	\$ 8.407
2041	\$ 4.616
2042	\$ 2.534
2043	\$ 1.391
2044	\$ 763

2045	\$	419
------	----	-----

Anexo 19: Evolución de costo incremental de Comerciales livianos EV respecto a ICE

Año	Diferencia
2021	\$17.023.469
2022	\$16.978.639
2023	\$16.905.240
2024	\$16.785.601
2025	\$16.592.005
2026	\$16.282.388
2027	\$15.796.393
2028	\$15.055.500
2029	\$13.974.833
2030	\$12.496.014
2031	\$10.639.722
2032	\$ 8.546.520
2033	\$ 6.453.318
2034	\$ 4.597.026
2035	\$ 3.118.207
2036	\$ 2.037.540
2037	\$ 1.296.647
2038	\$ 810.652
2039	\$ 501.035
2040	\$ 307.439
2041	\$ 187.800
2042	\$ 114.401
2043	\$ 69.571
2044	\$ 42.265
2045	\$ 25.660

Anexo 20: Rendimientos urbanos en Km/l para el futuro de cada categoría vehicular

Año	Autos ICE estándar	Autos ICE gama alta	Taxis ICE	Comerciales ICE	PHEV
2021	12,23	9,72	12,33	10,98	23,74
2022	12,36	9,92	12,52	11,17	24,38
2023	12,50	10,12	12,73	11,37	25,06
2024	12,66	10,33	12,96	11,57	25,77
2025	12,84	10,55	13,20	11,78	26,52
2026	13,02	10,77	13,46	11,99	27,30

2027	13,23	10,99	13,73	12,21	28,11
2028	13,45	11,22	14,02	12,42	28,96
2029	13,68	11,45	14,33	12,65	29,84
2030	13,93	11,69	14,65	12,87	30,76
2031	14,19	11,93	14,99	13,11	31,71
2032	14,47	12,17	15,34	13,34	32,69
2033	14,76	12,43	15,71	13,58	33,71
2034	15,07	12,68	16,10	13,82	34,76
2035	15,40	12,95	16,50	14,07	35,85
2036	15,73	13,21	16,92	14,32	36,97
2037	16,09	13,49	17,36	14,57	38,12
2038	16,46	13,77	17,81	14,83	39,31
2039	16,84	14,05	18,27	15,10	40,53
2040	17,24	14,34	18,75	15,36	41,78
2041	17,65	14,64	19,25	15,63	43,07
2042	18,08	14,94	19,77	15,91	44,40
2043	18,52	15,25	20,30	16,19	45,76
2044	18,98	15,57	20,84	16,47	47,15
2045	19,45	15,89	21,41	16,76	48,57

Anexo 21: Rendimientos medios en Km/l para el futuro de cada categoría vehicular

Año	Autos ICE estándar	Autos ICE gama alta	Taxis ICE	Comerciales ICE	PHEV
2021	15,90	12,86	15,71	13,23	11,29
2022	16,06	13,11	15,89	13,42	11,51
2023	16,24	13,37	16,09	13,63	11,79
2024	16,44	13,62	16,31	13,84	12,12
2025	16,65	13,86	16,53	14,05	12,50
2026	16,88	14,10	16,78	14,28	12,93
2027	17,12	14,33	17,04	14,51	13,41
2028	17,39	14,57	17,31	14,74	13,94
2029	17,67	14,79	17,61	14,98	14,52
2030	17,96	15,01	17,91	15,23	15,14
2031	18,28	15,23	18,24	15,48	15,82
2032	18,61	15,45	18,57	15,74	16,55
2033	18,95	15,66	18,93	16,01	17,33
2034	19,32	15,86	19,30	16,28	18,16
2035	19,70	16,07	19,68	16,56	19,04
2036	20,09	16,26	20,08	16,84	19,97
2037	20,51	16,46	20,50	17,13	20,95
2038	20,94	16,65	20,93	17,43	21,97
2039	21,39	16,83	21,38	17,73	23,05
2040	21,85	17,01	21,84	18,04	24,18

2041	22,33	17,19	22,32	18,36	25,36
2042	22,83	17,36	22,81	18,68	26,59
2043	23,34	17,53	23,32	19,01	27,87
2044	23,88	17,69	23,85	19,34	29,20
2045	24,42	17,85	24,39	19,68	30,57

Anexo 22: Emisiones en gr CO₂/km a futuro por categoría vehicular

Año	Autos ICE estándar	Autos ICE gama alta	Taxis ICE	Comerciales ICE	PHEV
2021	149.05	184.32	150.84	200.38	210.00
2022	147.54	180.71	149.11	197.42	205.83
2023	145.92	177.30	147.28	194.47	200.96
2024	144.19	174.07	145.35	191.51	195.51
2025	142.35	171.01	143.34	188.56	189.59
2026	140.41	168.10	141.25	185.62	183.30
2027	138.40	165.34	139.09	182.70	176.76
2028	136.31	162.72	136.88	179.78	170.05
2029	134.15	160.22	134.61	176.89	163.27
2030	131.94	157.84	132.30	174.01	156.50
2031	129.68	155.58	129.96	171.16	149.78
2032	127.38	153.42	127.60	168.34	143.19
2033	125.05	151.36	125.21	165.54	136.75
2034	122.69	149.39	122.82	162.77	130.51
2035	120.33	147.52	120.41	160.04	124.49
2036	117.95	145.73	118.01	157.33	118.70
2037	115.57	144.01	115.62	154.66	113.15
2038	113.19	142.38	113.23	152.03	107.86
2039	110.82	140.81	110.86	149.43	102.81
2040	108.47	139.32	108.51	146.87	98.01
2041	106.13	137.88	106.18	144.34	93.45
2042	103.82	136.51	103.88	141.86	89.14
2043	101.53	135.20	101.61	139.41	85.05
2044	99.27	133.95	99.37	137.00	81.18
2045	97.04	132.75	97.17	134.63	77.52

Anexo 23: Estimación de factores de emisión de 1 kwh a Ton CO₂ eq por año en Chile

Año	Factor emisión SEN
2020	0.000409

2021	0.000391
2022	0.000374
2023	0.000356
2024	0.000339
2025	0.000322
2026	0.000304
2027	0.000287
2028	0.000269
2029	0.000252
2030	0.000235
2031	0.000217
2032	0.000200
2033	0.000182
2034	0.000165
2035	0.000148
2036	0.000130
2037	0.000113
2038	0.000095
2039	0.000078
2040	0.000061
2041	0.000043
2042	0.000026
2043	0.000008
2044	0.000000
2045	0.000000

Anexo 24: Toneladas de CO2 eq emitidas por categoría vehicular ICE per cápita año a año

Año	Taxis ICE	Autos ICE	Comerciales ICE
2021	14.54	2.12	4.76
2022	14.33	2.08	4.52
2023	14.11	2.04	4.32
2024	13.89	2.00	4.14
2025	13.67	1.97	3.98
2026	13.45	1.94	3.84
2027	13.24	1.91	3.71
2028	13.02	1.88	3.59
2029	12.80	1.85	3.48
2030	12.58	1.83	3.37
2031	12.37	1.80	3.28
2032	12.15	1.78	3.18
2033	11.93	1.76	3.10
2034	11.71	1.74	3.02

2035	11.49	1.72	2.94
2036	11.28	1.70	2.86
2037	11.06	1.68	2.79
2038	10.84	1.66	2.73
2039	10.62	1.64	2.66
2040	10.41	1.63	2.60
2041	10.19	1.61	2.54
2042	9.97	1.59	2.49
2043	9.75	1.58	2.43
2044	9.53	1.56	2.38
2045	9.32	1.55	2.33

Anexo 25: Reducción de emisiones de toneladas de CO2 eq per cápita por año en Chile

Año	Taxis EV	Autos EV	Autos PHEV	Comerciales EV
2021	11.49	1.29	0.22	3.67
2022	11.41	1.29	0.24	3.49
2023	11.33	1.28	0.27	3.33
2024	11.25	1.28	0.30	3.20
2025	11.16	1.29	0.34	3.09
2026	11.08	1.29	0.38	3.00
2027	11.00	1.30	0.43	2.92
2028	10.92	1.31	0.48	2.84
2029	10.83	1.32	0.53	2.78
2030	10.75	1.33	0.58	2.72
2031	10.67	1.34	0.64	2.67
2032	10.59	1.36	0.69	2.63
2033	10.51	1.37	0.75	2.59
2034	10.42	1.39	0.80	2.56
2035	10.34	1.40	0.86	2.53
2036	10.26	1.42	0.91	2.50
2037	10.18	1.44	0.97	2.48
2038	10.10	1.46	1.02	2.46
2039	10.01	1.48	1.07	2.45
2040	9.93	1.50	1.13	2.43
2041	9.85	1.52	1.18	2.42
2042	9.77	1.54	1.23	2.41
2043	9.69	1.56	1.28	2.41
2044	9.53	1.56	1.31	2.38
2045	9.32	1.55	1.32	2.33

Anexo 26: Ventas anuales por categoría en el escenario base

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	511	2396	247	112
2022	523	2685	254	142
2023	529	3047	261	289
2024	533	3620	269	935
2025	538	4655	282	3245
2026	555	6711	305	7982
2027	606	11019	350	13227
2028	746	19940	436	17084
2029	1100	36576	612	19530
2030	1928	62171	995	21151
2031	3503	93526	1871	22376
2032	5630	124954	3904	23424
2033	7637	152444	8330	24395
2034	9100	174970	16668	25331
2035	10043	193296	29551	26253
2036	10644	208655	45751	27170
2037	11052	222126	62819	28086
2038	11356	234482	78612	29003
2039	11605	246230	92097	29925
2040	11823	257688	103191	30851
2041	12023	269053	112285	31782
2042	12211	280443	119889	32720
2043	12390	291932	126454	33666
2044	12563	303566	132330	34620
2045	12731	315376	137766	35583

Anexo 27: Reducción anual porcentual de emisiones de CO2 eq del escenario 1 respecto al escenario base en su misma categoría

Año	Taxis	Autos	Comerciales	Autos gama alta
2021	0.08%	0.02%	0.01%	0.01%
2022	0.16%	0.03%	0.02%	0.03%
2023	0.23%	0.05%	0.03%	0.07%
2024	0.30%	0.07%	0.03%	0.20%
2025	0.36%	0.10%	0.04%	0.68%
2026	0.41%	0.14%	0.05%	1.38%
2027	0.47%	0.19%	0.06%	1.99%
2028	0.55%	0.28%	0.07%	2.52%

2029	0.67%	0.44%	0.09%	3.03%
2030	0.89%	0.67%	0.11%	3.53%
2031	1.26%	1.01%	0.16%	4.03%
2032	1.83%	1.45%	0.24%	4.54%
2033	2.59%	1.99%	0.41%	5.06%
2034	3.54%	2.62%	0.73%	5.58%
2035	4.69%	3.35%	1.24%	6.11%
2036	6.06%	4.17%	1.99%	6.65%
2037	7.67%	5.10%	2.96%	7.19%
2038	9.58%	6.14%	4.13%	7.75%
2039	11.85%	7.31%	5.44%	8.31%
2040	14.58%	8.63%	6.40%	8.88%
2041	17.88%	10.12%	7.09%	9.47%
2042	21.93%	11.81%	7.60%	10.07%
2043	26.98%	13.74%	7.97%	10.70%
2044	32.64%	15.51%	8.14%	11.07%
2045	38.07%	16.99%	8.15%	11.14%

Anexo 28: Reducción anual porcentual de emisiones de CO₂ eq del escenario 2 respecto al escenario base en su misma categoría

Año	Taxis	Autos	Comerciales	Autos gama alta
2021	0.19%	0.04%	0.02%	0.06%
2022	0.36%	0.08%	0.05%	0.16%
2023	0.51%	0.13%	0.07%	0.40%
2024	0.66%	0.18%	0.09%	1.15%
2025	0.79%	0.24%	0.11%	1.97%
2026	0.92%	0.33%	0.14%	2.76%
2027	1.05%	0.46%	0.16%	3.46%
2028	1.23%	0.67%	0.19%	4.08%
2029	1.49%	1.02%	0.23%	4.65%
2030	1.96%	1.56%	0.30%	5.19%
2031	2.76%	2.32%	0.42%	5.69%
2032	3.95%	3.31%	0.64%	6.18%
2033	5.55%	4.52%	1.08%	6.63%
2034	7.55%	5.94%	1.86%	7.05%
2035	9.98%	7.57%	3.13%	7.43%
2036	12.87%	9.39%	4.95%	7.78%
2037	16.29%	11.18%	7.15%	8.08%
2038	20.36%	12.98%	8.76%	8.35%
2039	25.21%	14.80%	9.90%	8.57%

2040	30.41%	16.66%	10.70%	8.75%
2041	35.69%	18.60%	11.24%	8.89%
2042	41.16%	20.61%	11.61%	8.99%
2043	46.96%	22.73%	11.84%	9.05%
2044	52.04%	24.51%	11.85%	8.94%
2045	55.91%	25.84%	11.67%	8.67%

Anexo 29: Reducción anual porcentual de emisiones de CO₂ eq del escenario 3 respecto al escenario base en su misma categoría

Año	Taxis	Autos	Comerciales	Autos gama alta
2021	0.34%	0.08%	0.06%	0.41%
2022	0.65%	0.17%	0.11%	1.01%
2023	0.93%	0.26%	0.17%	1.73%
2024	1.20%	0.36%	0.22%	2.57%
2025	1.44%	0.49%	0.27%	3.50%
2026	1.68%	0.66%	0.32%	4.41%
2027	1.93%	0.92%	0.38%	5.24%
2028	2.24%	1.33%	0.45%	5.99%
2029	2.72%	1.99%	0.55%	6.68%
2030	3.54%	3.00%	0.70%	7.33%
2031	4.92%	4.40%	0.97%	7.94%
2032	6.96%	6.20%	1.47%	8.52%
2033	9.68%	8.32%	2.42%	9.05%
2034	13.09%	10.24%	4.08%	9.55%
2035	17.23%	12.03%	6.73%	9.99%
2036	22.16%	13.74%	9.43%	10.39%
2037	26.83%	15.42%	11.46%	10.73%
2038	31.37%	17.10%	12.91%	11.03%
2039	35.88%	18.78%	13.90%	11.27%
2040	40.46%	20.49%	14.56%	11.47%
2041	45.18%	22.24%	14.97%	11.62%
2042	50.16%	24.05%	15.21%	11.72%
2043	55.54%	25.93%	15.32%	11.77%
2044	60.09%	27.40%	15.18%	11.60%
2045	63.31%	28.39%	14.83%	11.23%

Anexo 30: Flujos netos de cada periodo y categoría para propuesta de subsidios escalonados

Año	Taxis EV	Autos EV	Comerciales EV	Autos PHEV
2021	\$ -22,104,897,011	\$ -134,957,115,489	\$ -36,856,293,643	\$ -936,413,518,947
2022	\$ -22,784,766,742	\$ -150,944,324,172	\$ -38,804,870,823	\$ -819,167,186,610

2023	\$ -23,255,146,445	\$ -169,515,259,127	\$ -40,464,810,742	\$ -938,618,507,718
2024	\$ -23,578,251,589	\$ -196,215,054,563	\$ -42,369,527,667	\$ -1,332,385,994,775
2025	\$ -23,886,836,729	\$ -239,640,078,950	\$ -44,909,168,344	\$ -1,343,455,880,483
2026	\$ -24,464,859,228	\$ -316,299,997,212	\$ -48,765,649,301	\$ -1,396,750,782,635
2027	\$ -25,912,232,398	\$ -455,203,274,056	\$ -55,185,723,016	\$ -1,422,659,709,686
2028	\$ -29,436,572,937	\$ -696,117,641,195	\$ -66,571,480,982	\$ -1,459,851,480,639
2029	\$ -37,118,083,550	\$ -1,066,210,122,529	\$ -87,794,610,471	\$ -1,503,476,922,182
2030	\$ -51,036,692,721	\$ -1,542,512,710,243	\$ -129,037,955,056	\$ -1,268,599,071,414
2031	\$ -69,798,998,875	\$ -2,054,185,780,191	\$ -211,091,263,126	\$ -1,341,411,029,912
2032	\$ -87,639,418,076	\$ -2,534,369,084,721	\$ -371,563,548,269	\$ -1,403,935,141,025
2033	\$ -100,839,327,007	\$ -2,914,190,404,769	\$ -661,934,245,759	\$ -1,461,954,679,331
2034	\$ -109,977,448,389	\$ -2,988,043,728,456	\$ -1,120,304,658,255	\$ -1,518,011,903,416
2035	\$ -116,735,969,345	\$ -3,089,572,944,556	\$ -1,732,203,161,531	\$ -1,573,238,295,992
2036	\$ -122,249,637,891	\$ -3,209,993,961,347	\$ -1,984,473,327,642	\$ -1,628,161,559,221
2037	\$ -123,822,863,173	\$ -3,220,013,245,362	\$ -2,088,239,142,828	\$ -1,683,048,931,032
2038	\$ -126,086,461,461	\$ -3,295,841,103,423	\$ -2,146,823,758,985	\$ -1,738,052,410,317
2039	\$ -127,226,778,007	\$ -3,481,070,005,298	\$ -2,202,798,008,144	\$ -1,793,270,941,530
2040	\$ -128,565,509,915	\$ -3,529,908,064,252	\$ -2,169,426,840,393	\$ -1,848,777,762,805
2041	\$ -130,019,343,045	\$ -3,709,152,798,487	\$ -2,309,474,803,488	\$ -1,904,632,926,903
2042	\$ -131,545,160,625	\$ -3,736,927,804,230	\$ -2,065,070,733,646	\$ -1,960,889,337,165
2043	\$ -133,119,145,942	\$ -3,913,698,981,950	\$ -2,174,385,624,493	\$ -2,017,595,830,834
2044	\$ -134,759,067,418	\$ -3,921,617,678,343	\$ -2,273,676,708,472	\$ -2,074,835,733,476
2045	\$ -136,451,041,643	\$ -4,097,408,723,927	\$ -2,366,650,734,754	\$ -2,132,648,760,114
VAN	\$ -944,840,197,752	\$ -23,840,888,814,991	\$ -10,560,495,889,861	\$ -20,141,437,169,449

Anexo 31: Flujos netos para la propuesta de subsidios a los taxis EV presentada en la tabla 44

Año	Flujo neto
2021	\$ -468,794,522
2022	\$ -466,063,819
2023	\$ -459,772,674
2024	\$ -451,429,962
2025	\$ -444,196,204
2026	\$ -444,715,440
2027	\$ -466,995,951
2028	\$ -540,064,398
2029	\$ -718,197,208
2030	\$ -654,146,429
2031	\$ -424,849,680
VAN	\$ -4,128,027,364