



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

pucv.cl

Introducción a la Movilidad Eléctrica: Tendencias y nuevas tecnologías

Contenidos



- I. Tendencias Globales de la Electromovilidad
- II. Chile y la electromovilidad
- III. Tecnologías de Electromovilidad y la recarga de baterías eléctricas
- IV. Ejercicio operacional Electromovilidad

Biografía Expositor

ESCUELA DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Gustavo Hunter Sandoval

Magister en Ing. Civil Eléctrica- Universidad de Concepción

Ing. Civil Eléctrico- Universidad de Concepción

Diplomado Electric Vehicle- A power sector perspective- Florence School of Regulation

Diplomado Mercados Eléctricos del futuro y su regulación- Pontificie Universidad Católica

Jefe del Dpto. de Movilidad Sostenible – Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC A.G.)

Encargado de la elaboración e implementación de la primera hoja de ruta de Electromovilidad de la asociación para automóviles, camiones, buses y maquinarias.

Anteriormente:

Jefe de Unidad de Electromovilidad en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)

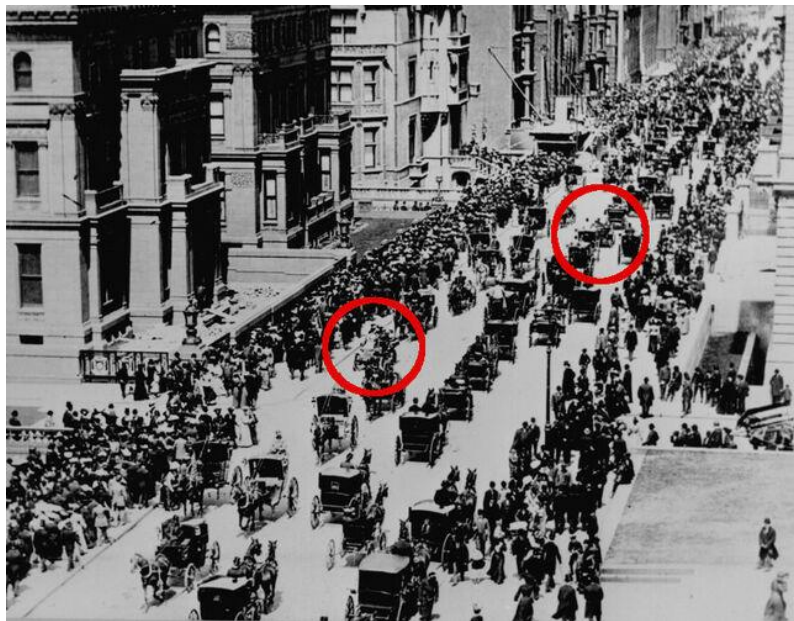
Encargado del desarrollo normativa de Instalaciones de infraestructura de recarga de VE

Desarrollado de plataformas de gestión de electromovilidad SEC (TE6)

Ingeniero de Servicios en ABB S.A.

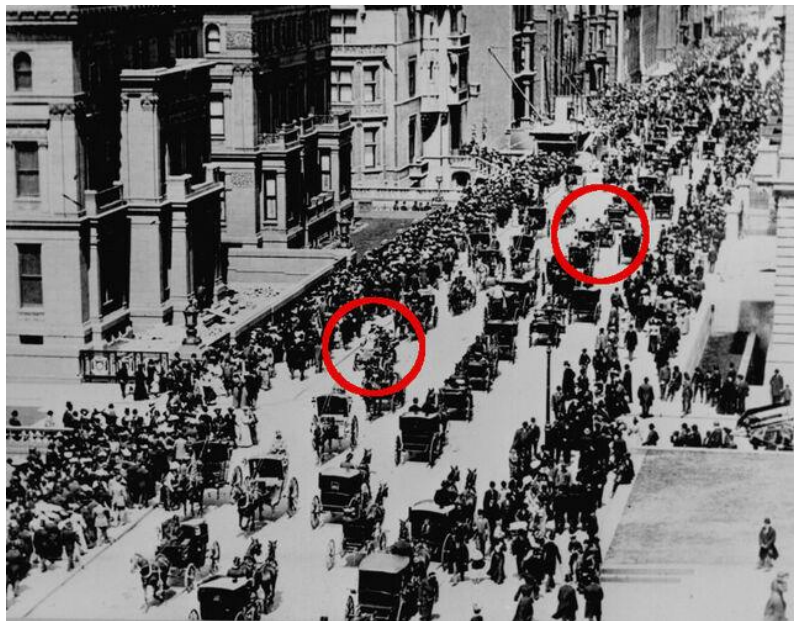
Encargado del comisionamiento y mantenimiento de equipamiento solar, UPS y EV charger ABB.

Quinta Avenida-Nueva York- 1900



...sólo 2 Vehículos Motorizados

Quinta Avenida-Nueva York- 1900



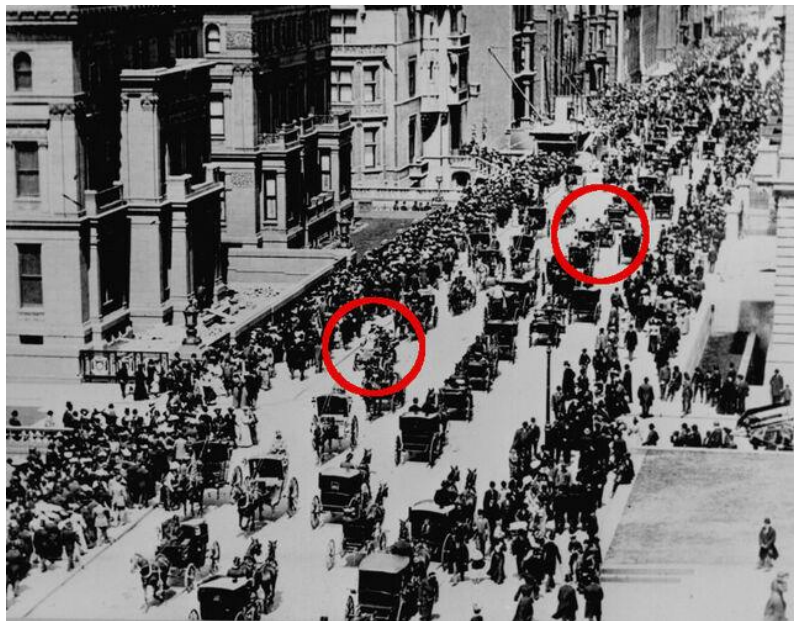
...sólo 2 Vehículos Motorizados

Quinta Avenida-Nueva York- ???



...sólo 1 Carruaje a caballo

Quinta Avenida-Nueva York- 1900



...sólo 2 Vehículos Motorizados

Quinta Avenida-Nueva York- 1913



...sólo 1 Carruaje a caballo

I. Tendencias Globales de la Electromovilidad

¿Qué es la electromovilidad?

La Electromovilidad es un concepto que se refiere al desarrollo de **sistemas de impulso o tracción** que utilizan **energía eléctrica** aplicados a **distintos medios de transporte**.



¿Por qué ahora sí la Electromovilidad?



Costo de los Vehículos Eléctricos



Rango de autonomía de los Vehículos Eléctricos



Costo operativo, mantenimiento y vida útil de baterías

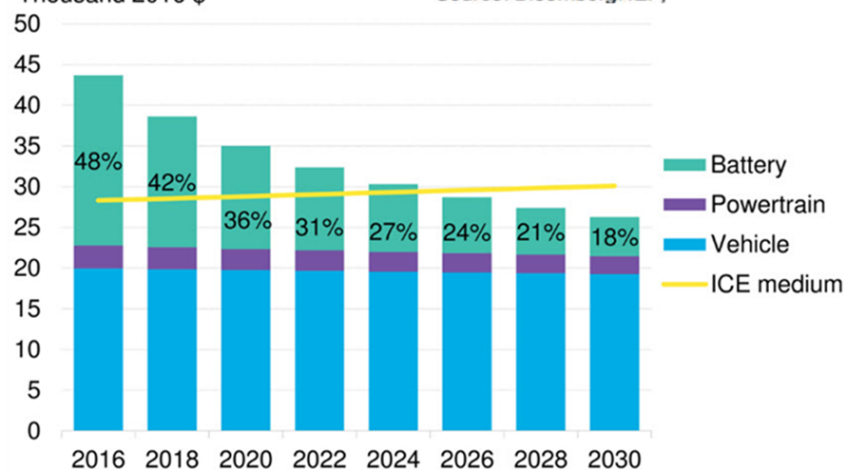


**Incremento en la demanda de VE
Infraestructura de Recarga**

Costo de Vehículos Eléctricos (VE) en U.S.

Thousand 2016 \$

Source: BloombergNEF,



¿Por qué ahora sí la Electromovilidad?



Costo de los Vehículos Eléctricos



Rango de autonomía de los Vehículos Eléctricos

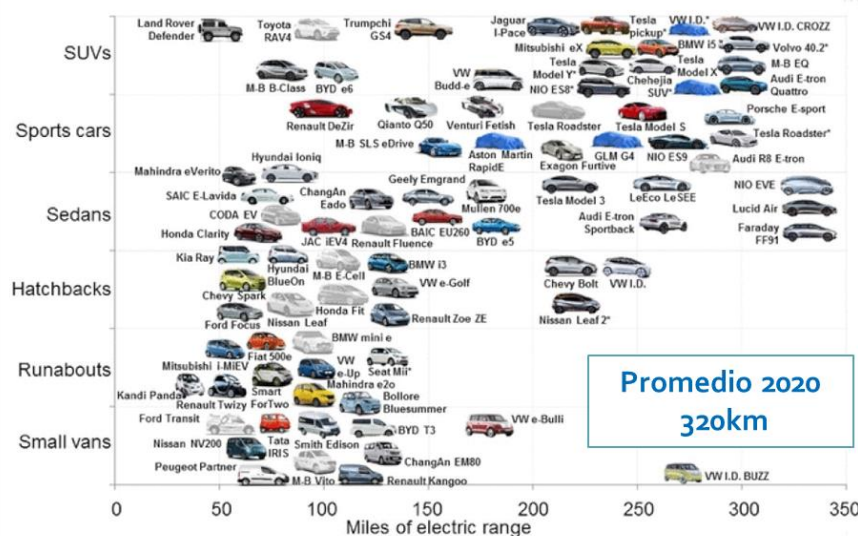


Costo operativo, mantenimiento y vida útil de baterías



Incremento en la demanda de VE
Infraestructura de Recarga

Autonomía según tipo de vehículo



Source: BloombergNEF,

¿Por qué ahora sí la Electromovilidad?



Costo de los Vehículos Eléctricos



Rango de autonomía de los Vehículos Eléctricos

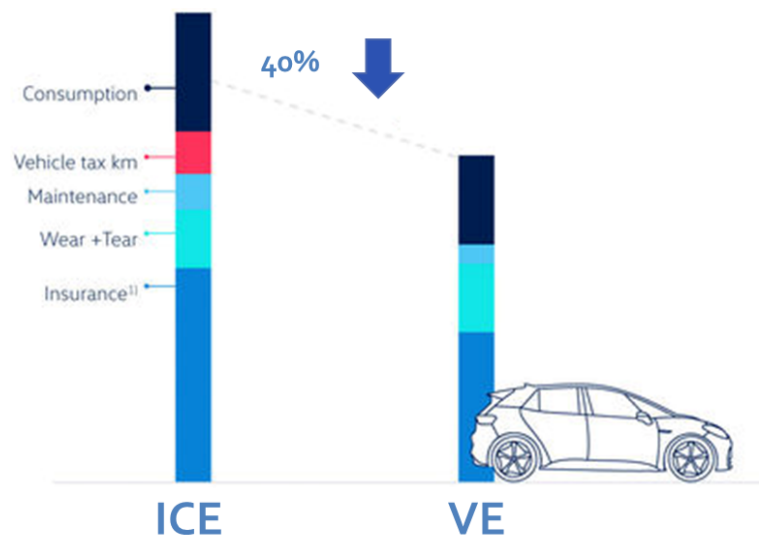


Costo operativo, mantenimiento y vida útil de baterías



Incremento en la demanda de VE

Costo mensual entre ICE vs VE



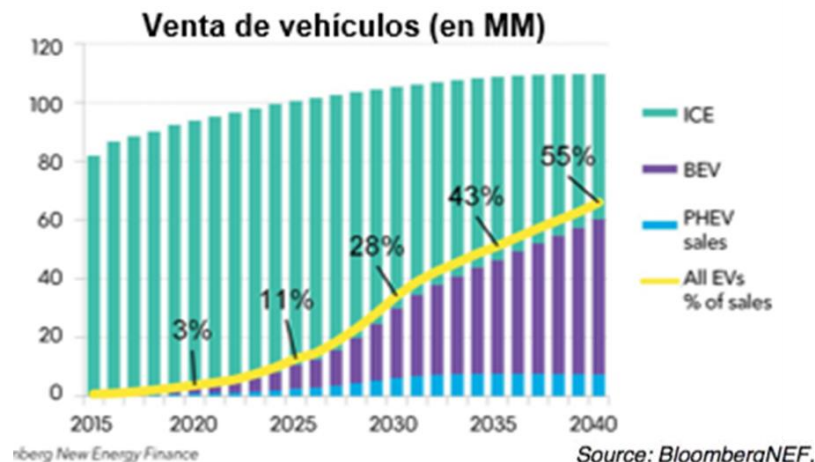
¿Por qué ahora sí la Electromovilidad?

✓ Costo de los Vehículos Eléctricos

✓ Rango de autonomía de los Vehículos Eléctricos

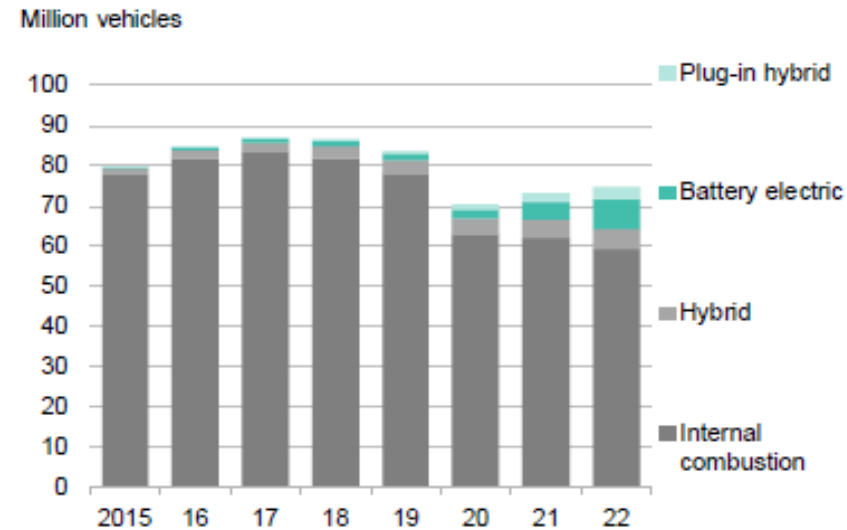
✓ Costo operativo, mantenimiento y vida útil de baterías

✓ Incremento en la demanda de VE
Infraestructura de Recarga



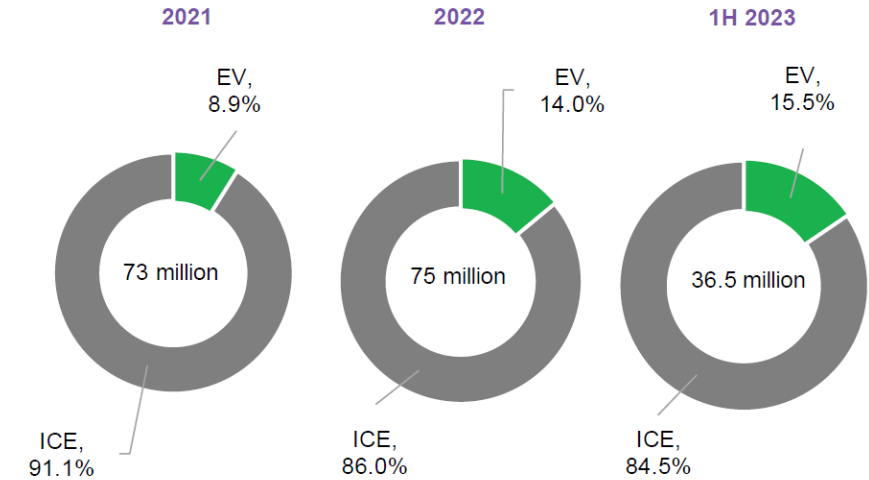
Último Estudio de electromovilidad

Global passenger vehicle sales by drivetrain



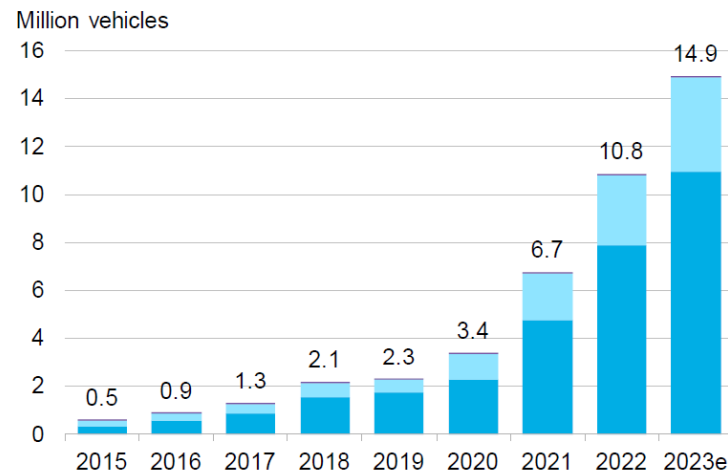
Source: BloombergNEF

Global passenger vehicle sales by drivetrain

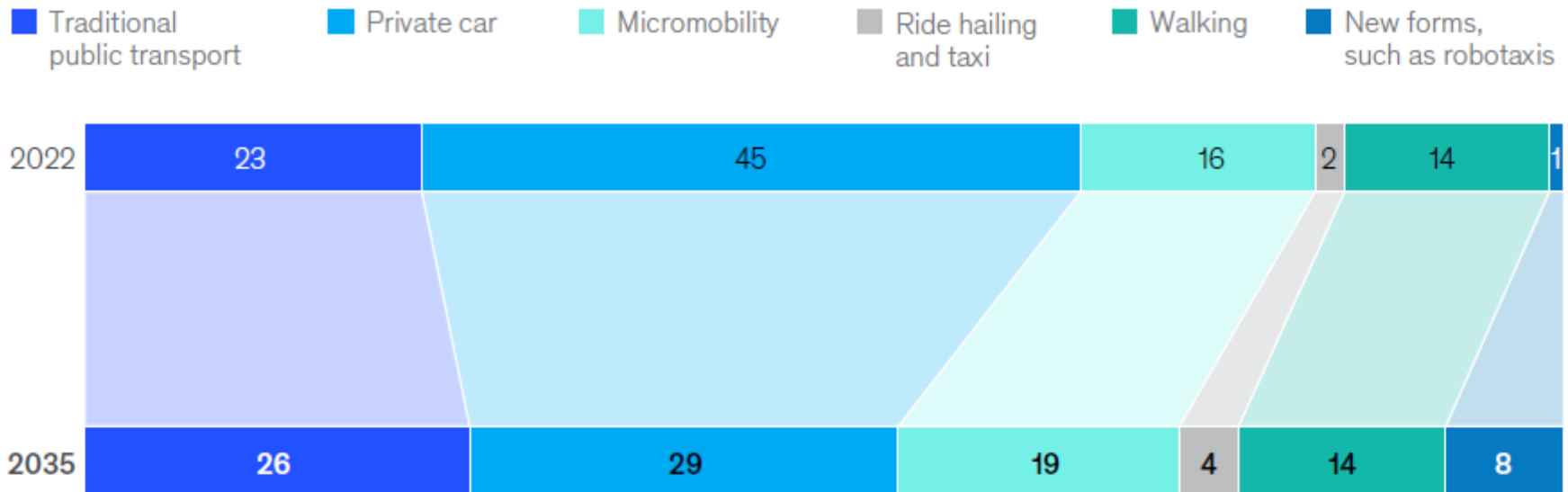


Source: BloombergNEF. Note: EV refers to electric vehicle, ICE refers to internal combustion engine.

Global EV and FCV four-wheeler sales



Movilidad del futuro

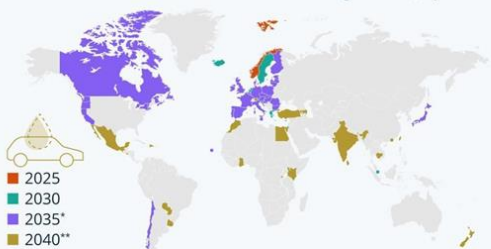


Note: Figures may not sum to 100%, because of rounding.
Source: McKinsey Center for Future Mobility

Compromisos de países, fabricantes y regulaciones de eficiencia

Combustion Going Bust: Global Phase-Outs Of Gasoline Cars

Approximate official targets for the complete phase-out of the sale of new internal combustion engine cars, by country



Slovenia, Japan, Canada, Singapore and some U.S. states will continue to allow sale of hybrids. Sri Lanka: combustion road ban
 * including EU-wide ban ** Including signatories of respective COP26 pledge
 Sources: Cultura, Statista research

Forbes statista



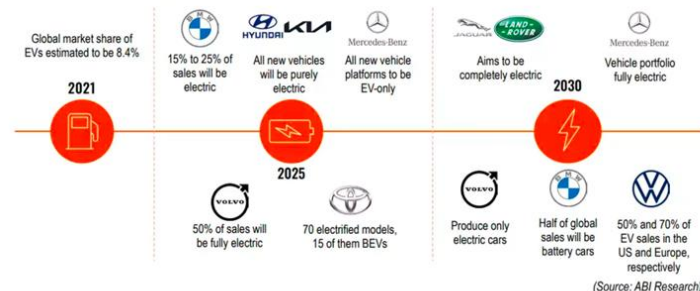
IEA: Automakers' electrification targets for EVs since 2022

 400 000 EV sales from 2022-24; 1 million EV production capacity in 2025	 2 million EVs by the end of 2025; EV sales shares of 30% by 2025, 50% by 2030
 Targets fully electric production by 2033 (brought forward by two years)	 All new models launches from 2026 to be electric; to sell 100% EVs by 2028
 Aims to launch 30 EV models by 2030, with a volume of more than 2 million units	 Ceased ICE vehicle production; has produced only EVs since March 2022
 Updated global target to 44% EV sales by 2026 and to 55% EV sales by 2030	 Half of its total 1 million sales target by 2025 to be NEVs; 1.5 million vehicles sold by 2030
 Annual sales of 1 million NEVs by 2023 including small EVs; 40% NEVs in total sales by 2025	 Aims to have fully electric line-up by 2030
 Plans for 100% of EV sales by 2035 and 50% EV sales by 2030 in their Targets of 2030	 600 000 EV sales over this 2023
 1 500 000 BEV sales; introduce 10 additional models by 2026.	 Aims to go all-electric by 2036
 Expects at least 25% of sales globally to be BEV in 2030	 Aims to go all-electric by 2025
 600 000 BEV sales by 2026	 80% of sales to be electric by 2030

Source: Global EV Outlook 2023 | IEA

EV Markets Reports.com

AUTOMAKERS AND THEIR ELECTRIFICATION GOALS



ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD

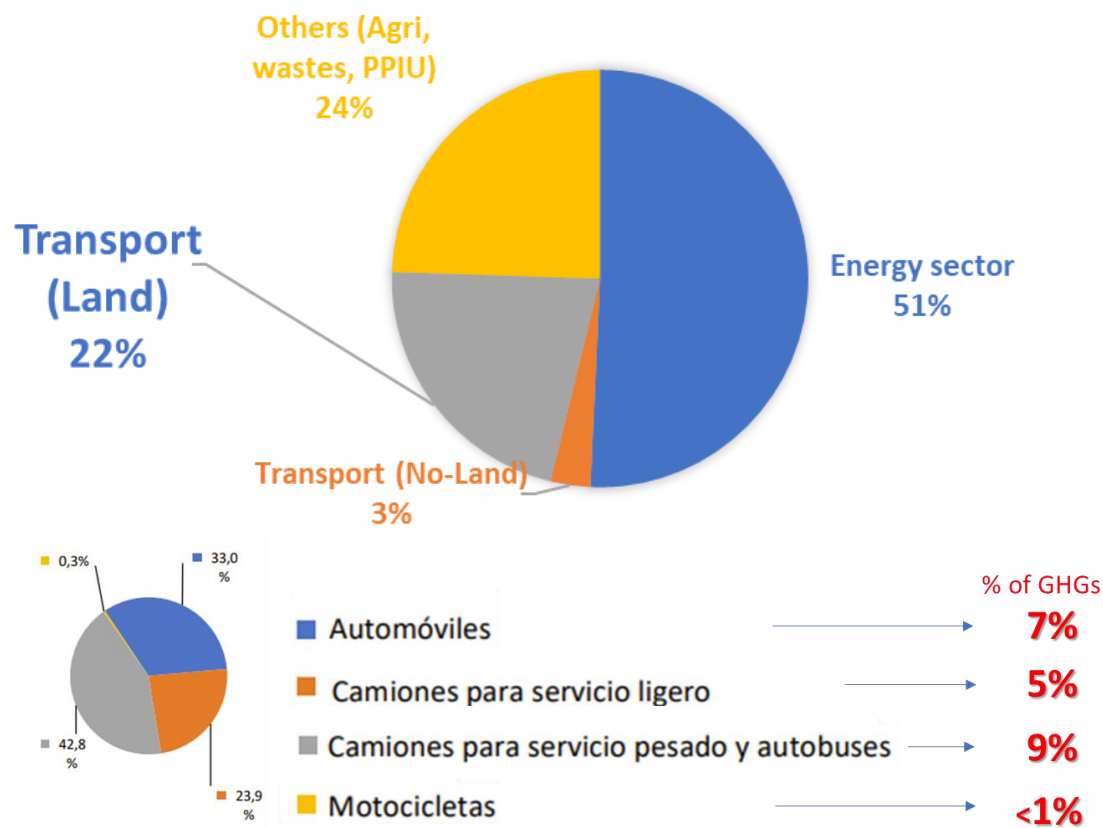


Eficiencia Energética
o Rendimiento

II. Chile y la electromovilidad

¿Por qué para Chile es importante?

Emisiones GEI Chile, Total 23,000 ktCO₂eq



99% energía proviene de derivados del petróleo (importados casi el 100%)

¿Por qué para Chile es importante?

The Copper EVolution

Electric Vehicles (EV)–Exponential
growth phase this decade

Autonomous Cars (AC)–Emerging
mid-decade

30kg

of copper
per vehicle

Traditional Internal Combustion
Engine (ICE) Cars–**Dominant**
today

Copper content in:
Wiring loom
Small motors
Alternator



73kg

of copper
per vehicle
by 2040

Copper content in:

Wiring loom
Small motors
Alternator
Traction motors
Energy storage
Power electronics
High voltage cabling

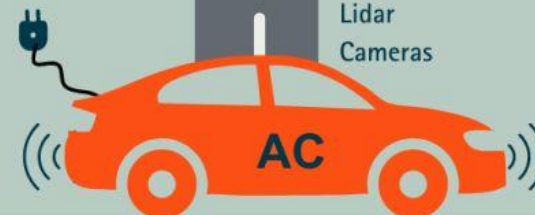


73kg

of copper
per vehicle
by 2040

Copper content in:

Wiring loom
Small motors
Alternator
Traction motors
Energy storage
Power electronics
High voltage cabling
Radar
Lidar
Cameras



Chile se ha propuesto ser carbono neutral al 2050



- Retiro de centrales a carbón y aumento de renovables



- Eficiencia Energética



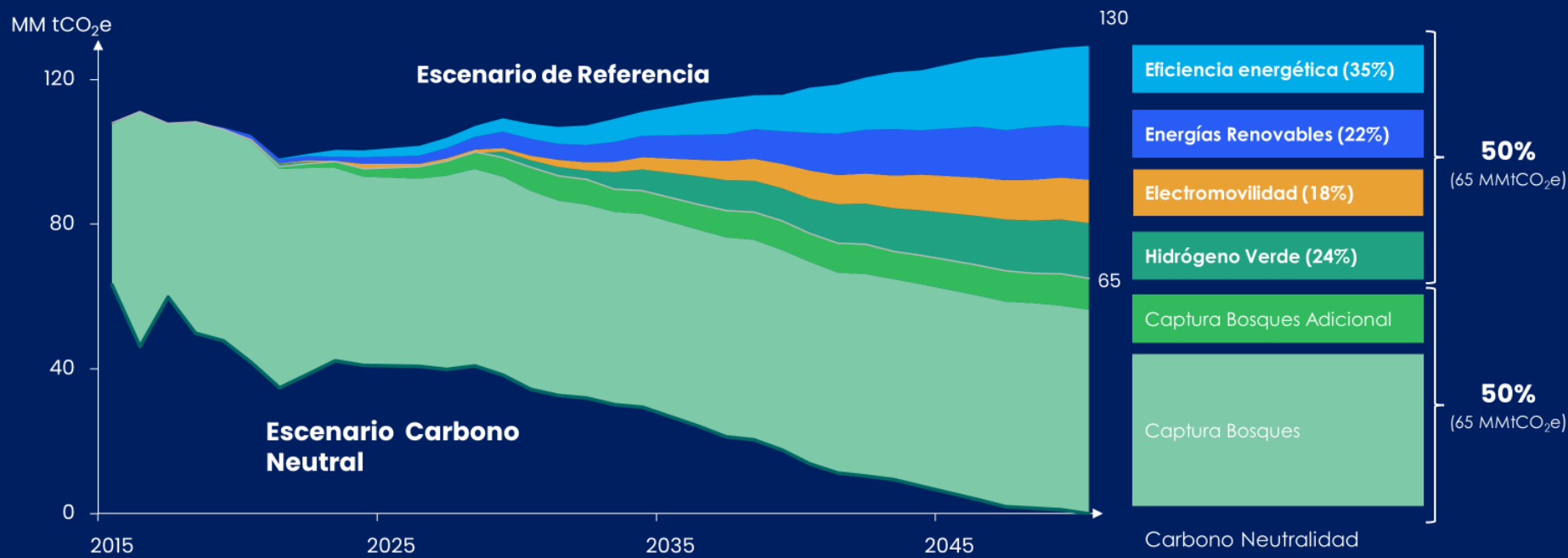
- Hidrógeno Verde



- Electromovilidad

Plan de Carbono Neutralidad

Alcanzar la **carbono neutralidad tiene efectos costo-beneficios positivos**
Beneficios Netos: 37.1 billones USD = -41.3B USD (Inversión) + 78.4B USD (Ahorros O&M)



Fuente: Ministerio de Energía

ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD

VISIÓN

Que todas las personas en Chile accedan a los beneficios directos e indirectos del transporte sostenible a través de fuentes cero emisiones, permitiendo una mejora en la calidad de vida, el desarrollo sostenible y el cumplimiento de nuestros compromisos ambientales.

OBJETIVO

La presente estrategia tiene por objetivo establecer ejes estratégicos, así como medidas y metas específicas que permitan el desarrollo acelerado y sostenible del transporte eléctrico desde una perspectiva integral, global y participativa.

METAS

2030

2035

2040

2045

2050

Transporte Público Urbano

100% nuevas incorporaciones

Vehículos Livianos y Medianos

100% ventas
(vehículos cero emisiones)

Transporte de Carga y Buses Interurbanos



100% ventas

Maquinaria Minera, Forestal, Construcción y Agrícola

100% ventas
>560 kW

100% ventas
>19 kW



EJE 1



EJE 2



EJE 3



EJE 4

EJES ESTRATÉGICOS

Como resultado de un proceso participativo que involucró al sector público y el privado, se elaboró una estructura basada en 4 ejes con 13 lineamientos, y se hace cargo de un plan de trabajo con 51 acciones a desarrollar en los próximos 4-5 años.

Medios de transporte sustentable y financiamiento

- Instrumentos de fomento al transporte cero emisiones
- Aceleración transporte cero emisiones por segmentos
- Economía circular y transformación
- Habilitación de nuevas tecnologías y usos

Infraestructura de carga y regulación

- Desarrollo de capital humano
- Impulso de industria nacional
- Investigación e innovación

Investigación y capital humano

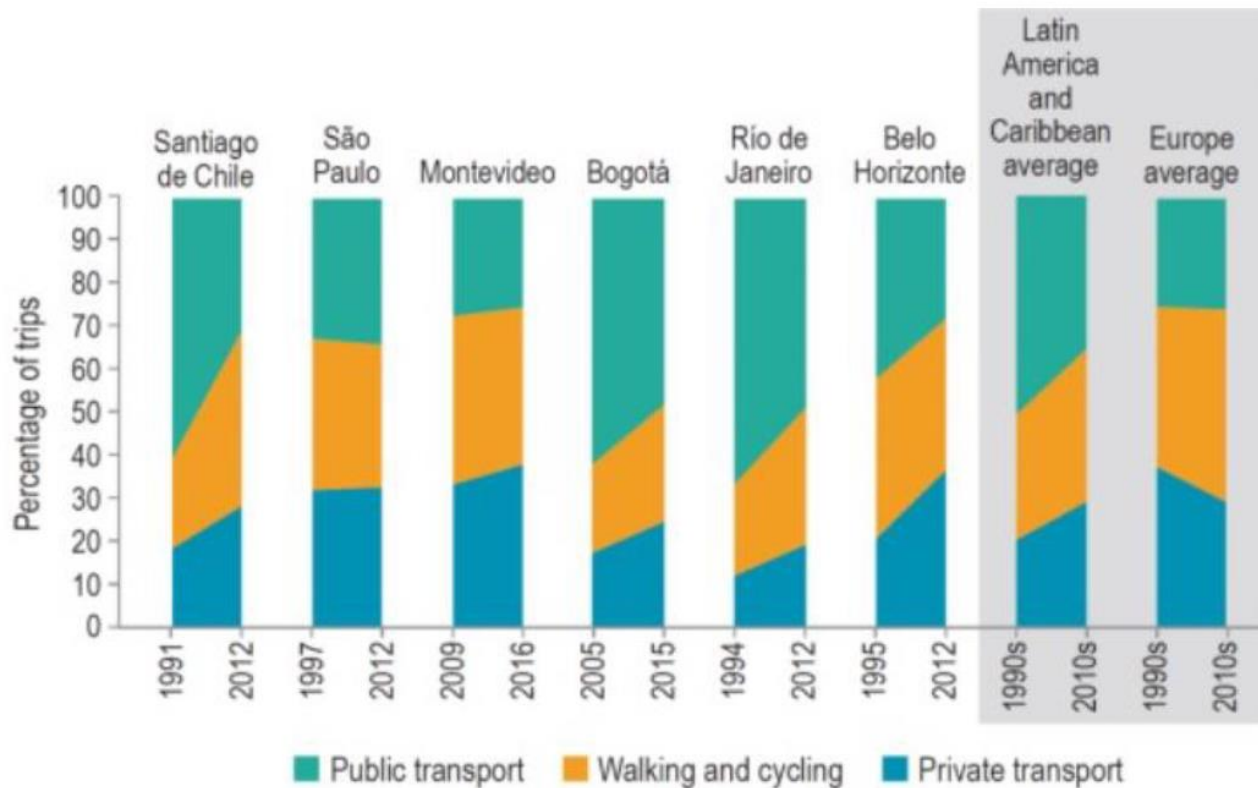
- Aumento de cobertura de red de carga
- Tarifas e integración con la red eléctrica
- Regulación y estándares

Difusión, información y articulación

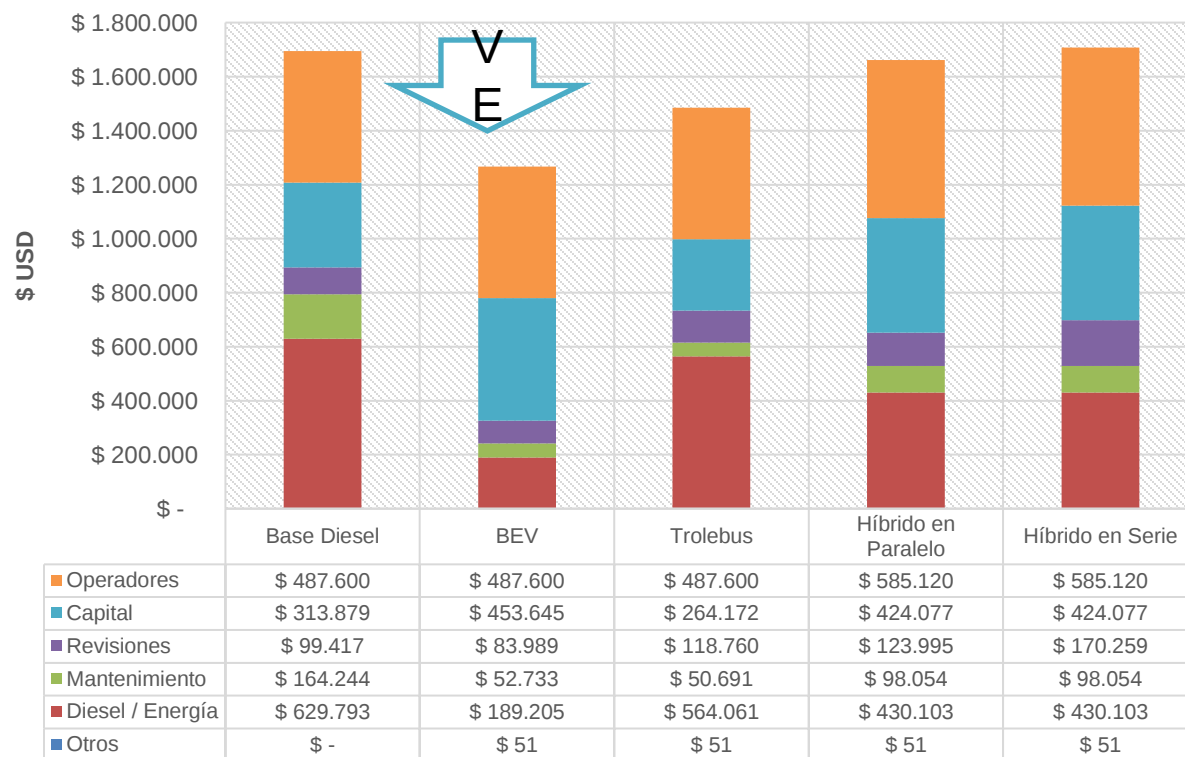
- Transferencia de conocimientos
- Coordinación y articulación de actores
- Cooperación internacional

¿Por qué partir por el transporte público?

El sector transporte como uno de los ejes de desarrollo de las políticas públicas para la movilidad eléctrica



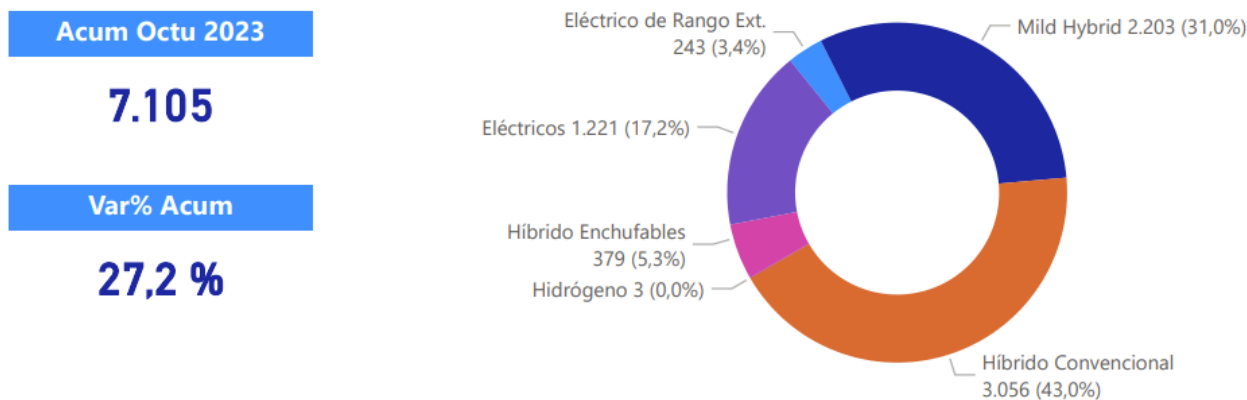
Realidad de la operación de un bus eléctrico



Fuente: Estudio Centro Mario Molina, 2014

Ventas de Vehículos livianos y medianos a octubre de 2023

Distribución Ventas por Tipo de Vehículo



Tipo Energía	Acum Octu 2023	Var% Acum	Octubre	Var% Mes
Híbrido Convencional	3.056	61,5 %	387	62,6%
Mild Hybrid	2.203	-0,9 %	379	-3,6%
Eléctricos	1.221	13,2 %	262	48,0%
Híbrido Enchufables	379	-3,6 %	55	48,6%
Eléctrico de Rango Ext.	243		18	
Hidrógeno	3			
Total	7.105	27,2 %	1.101	30,3%

Modelos más vendidos

Híbridos (HEV)

TOP 10 MODELOS MÁS VENDIDOS ACUMULADO A **OCTUBRE 2023**

Modelo	Marca	Acum. 2023
COROLLA CROSS	TOYOTA	1.641
H6	HAVAL	363
RAV4	TOYOTA	245
JOLION	HAVAL	240
KONA OS HEV	HYUNDAI	112
MAVERICK	FORD	99
COROLLA	TOYOTA	65
UX	LEXUS	65
TUCSON NX4E HEV	HYUNDAI	59
NX	LEXUS	38

Eléctricos (BEV)

TOP 10 MODELOS MÁS VENDIDOS ACUMULADO A **OCTUBRE 2023**

Modelo	Marca	Acum. 2023
S60*	MAPLE	261
NIRO	KIA	182
EDELIVER 3	MAXUS	101
YUAN PLUS EV	BYD	86
NEW RICH	ZNA	79
MG ZS	MG	76
MG MARVEL R	MG	74
KONA OS EV	HYUNDAI	34
T90 EV	MAXUS	34
EUNIQ 6	MAXUS	29

Híbridos enchufables (PHEV)

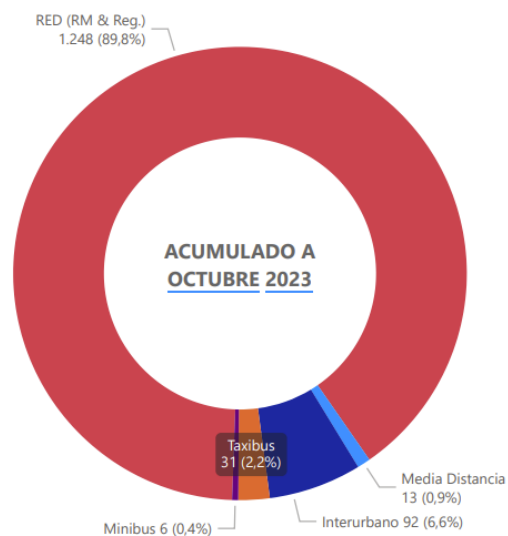
TOP 10 MODELOS MÁS VENDIDOS ACUMULADO A **OCTUBRE 2023**

Modelo	Marca	Acum. 2023
XC 40	VOLVO	75
XC60 II	VOLVO	56
SONG PLUS DM-I	BYD	52
XC 90 II	VOLVO	28
330 E	BMW	25
X5	BMW	24
X1	BMW	20
3008	PEUGEOT	18
X3 LCI	BMW	14
X5 XDRIVE50E	BMW	12

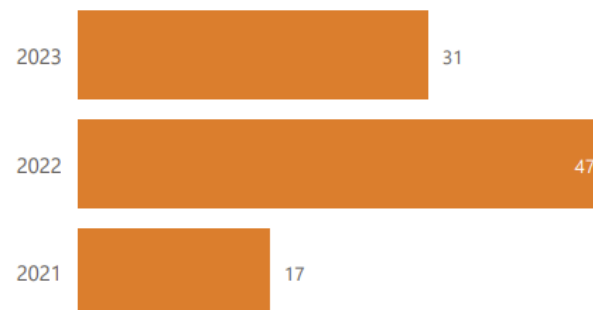
Mercado de buses y camiones

Octubre 2023	Acum Octu 2023
7	1.390
Var% Mes	Var% Acum
75,0%	581,4 %

Octubre 2023	Acum Octu 2023
2	31
Var% Mes	Var% Acum
0,0 %	-34,0 %



Ventas Acum a Octubre de cada año



III. TECNOLOGÍAS DEL VEHÍCULOS ELÉCTRICO Y LA RECARGA DE SU BATERÍA

Vehículos LyM (73 modelos)

Vehículos Pesados (>20 modelos)



Chevrolet BOLT EUV
\$45.000.000
450km de Autonomía (BEV)



BYD SONG
\$32.000.000
50km de Autonomía (PHEV)



BYD Dolphin
\$27.000.000
405km de Autonomía (BEV)



Mercedez benz eActross (16 ton)
>\$400.000 USD
400km de Autonomía (BEV)



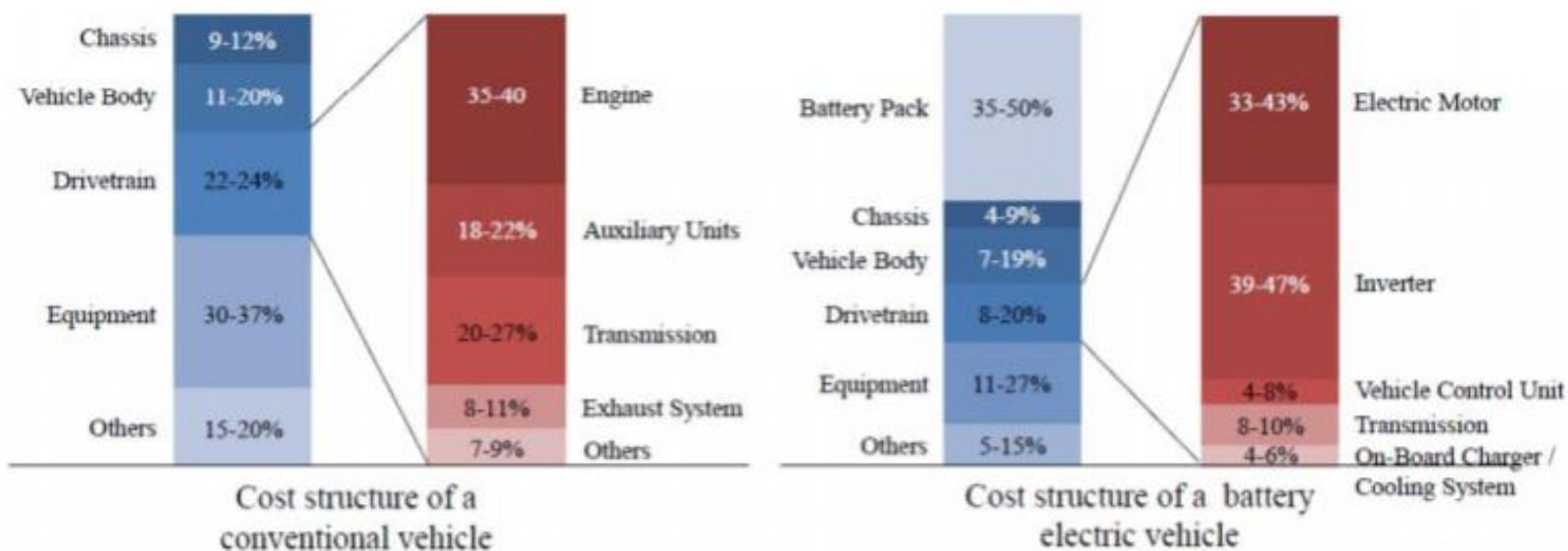
Kia Niro
\$40.000.000
460km de Autonomía (BEV)



Maxus T90
\$50.000.000
470km de Autonomía (BEV)

Comparación entre un VCI a uno Eléctrico en piezas y costo

Batería es el 35-50% del costo total



Fuente: Kochhan et al. (2014).

Nuevas formas de movilidad

Vehículo Eléctrico (EV)

Vehículo Híbrido (HEV)

- Serie
- Paralelo
- Serie-Paralelo
- Rango extendido

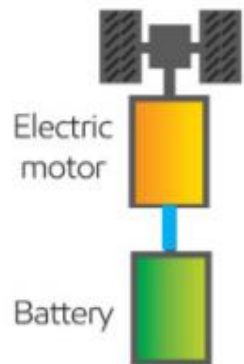
Según fuente de energía

- PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle
- BEV: Battery Electric Vehicle
- FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle
- NEV: New Energy Vehicles (BEV and FCEV)
- ZEV: Zero Emission Vehicles

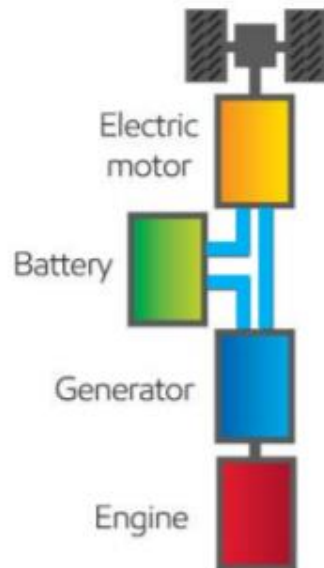
		Propulsión	Almacena- miento	
ICE		Combustión	Petróleo	ICE
HEV				HEV
PHEV				PHEV
BEV		Eléctrica	Batería	BEV
FCEV		Eléctrica H ₂ Fuel Cell	Tanque H ₂	FCEV
FCBE				FCBE

Nuevas formas de movilidad (híbridas)

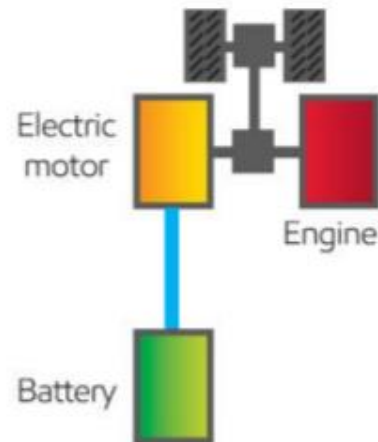
Eléctrico



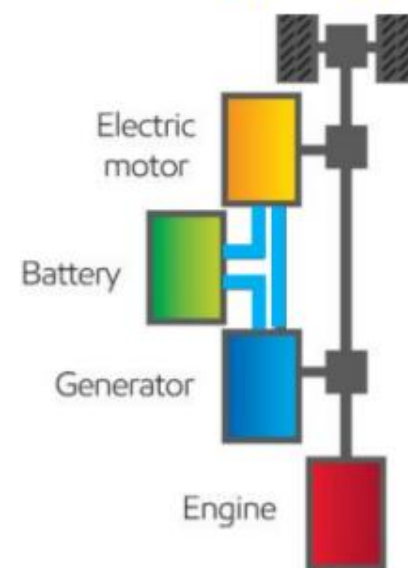
Hibrido serie



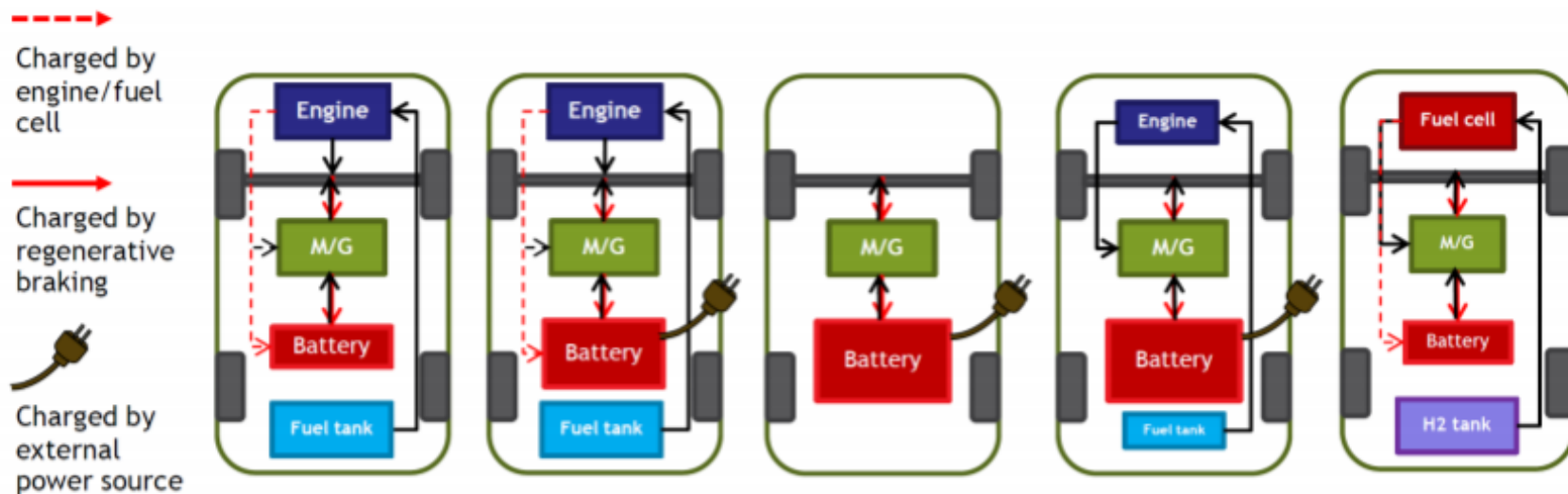
Hibrido paralelo



Hibrido serie-paralelo (splitting)

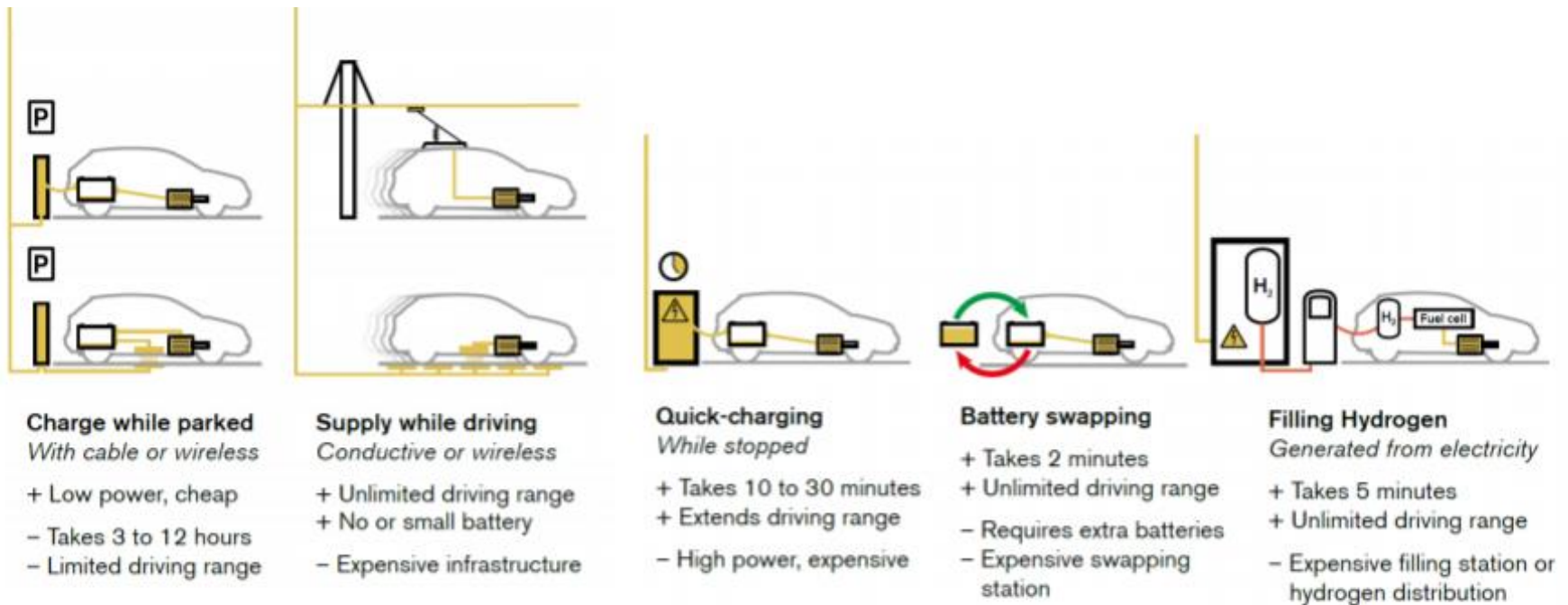


Nuevas formas de movilidad



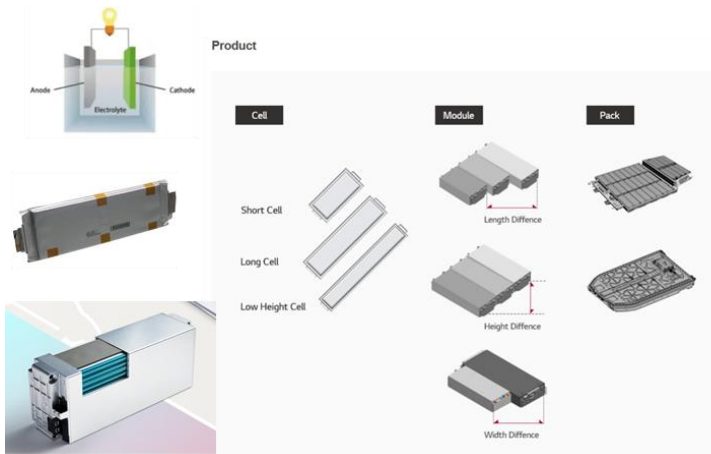
	HEV	PHEV	BEV	EREV	FCEV
Battery size (kWh)	1-1.6	4-11	16-100	16-33	1-1.6
Engine	Y	Y	N	Y	Fuel cell
Regen. brake	Y	Y	Y	Y	Y
External	N	Y	Y	Y	N

Maneras de recarga la batería de un Vehículo eléctrico



Fuente: Systems Perspectives on Electromobility, Chalmers, 2014

Baterías utilizadas en vehículo eléctrico

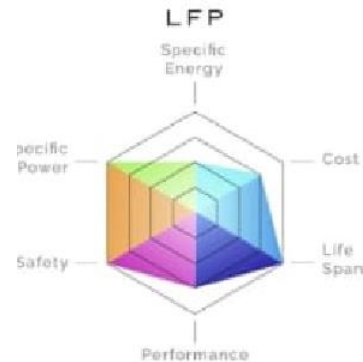


Qué hay en cada celda

Las celdas son un sándwich: Los electrodos están en los extremos (cátodo y ánodo); en el centro va el electrolito junto a un separador: este material líquido o gelatinoso impide el cortocircuito de los electrodos, pero deja pasar los iones y electrones de litio que permiten el fenómeno electroquímico de la generación de electricidad (carga y descarga).

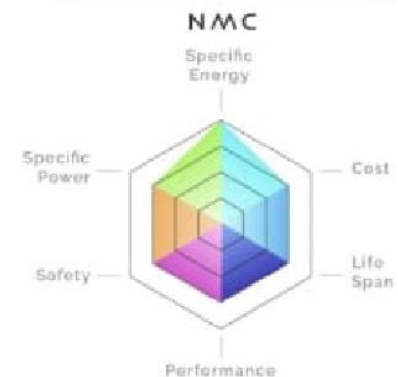
Componente	Metal o mineral	Proporción en gramos
Ánodo	Grafito	10-15
Cátodo	Litio	3-5
Cátodo	Níquel	4-6
Cátodo	Cobalto	4-6
Cátodo	Manganeso	4-6
Cátodo	Aluminio	0,5-1
Electrolito	Litio	1-2
Electrolito	Carbonato de etileno	20-30
Electrolito	Carbonato de dimetilo	20-30
Electrolito	Carbonato de propileno	5-10
Electrolito	Fluoruro de litio	0,5-1
Electrolito	Hexafluorofosfato de litio	0,5-1
Separador	Polietileno	1-2
Separador	Polipropileno	1-2

LITHIUM IRON PHOSPHATE



LFP batteries are used in energy storage systems and short-range EVs for their unmatched safety and long lifespans.

LITHIUM NICKEL MANGANESE COBALT OXIDE



NMC batteries are named after different ratios of minerals in the cathode. For example, the NMC811 cathode comprises 80% nickel, 10% manganese, and 10% cobalt, along with lithium.

- NCA
- LCO
- LMO
- LTO

Cálculo de la autonomía de un vehículo eléctrico (NEDC vs WLTP)

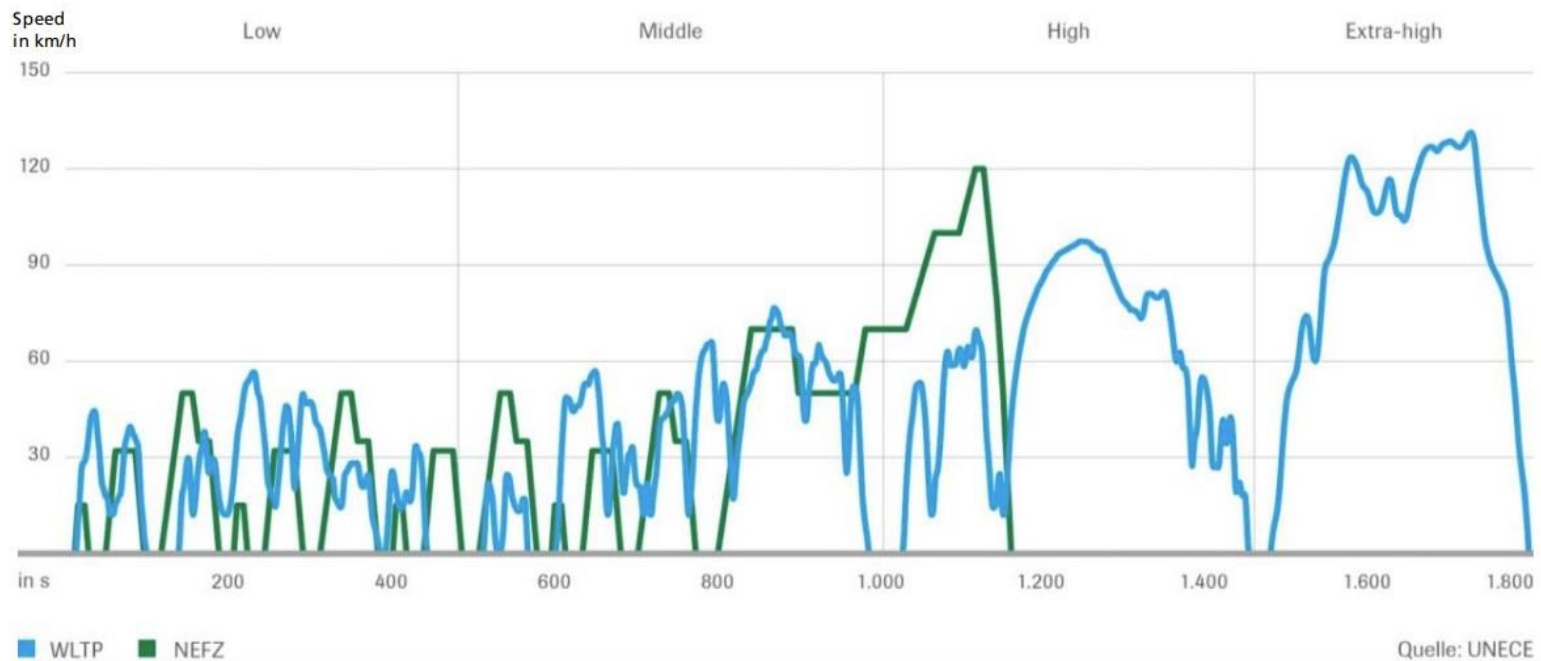


Figure 11: Comparison of speed profiles for WLTP and NEDC (Source: VDA (2018))

Combustibles sintéticos



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



Ventajas

1.

Son neutros en carbono, es decir, **cero emisiones**.

2.

Servirán para **descarbonizar** camiones, barcos y aviones, vehículos para los que, a día de hoy, la electrificación no es viable.

3.

Se pueden usar en los **motores de combustión** de los vehículos actuales.

4.

Fácil implantación. Se puede usar la infraestructura existente: plantas de producción, red de estaciones de servicio y parque automovilístico.

IV. Ejercicio operacional Electromovilidad

Análisis del CAPEX y OPEX



Maxus H6 electric
282 kWh
150 KM autonomía
Camión 6x2
de 26,5 ton/viaje

$\text{Capex} + \text{Opex} = \text{Inversión} + (\text{Gasto Combustible} + \text{Mtto} + \text{operación} + \text{Insumos})$

$\text{Capex} + \text{Opex} \approx \text{Inversión} + (\text{Gasto Combustible} + \text{Mtto})$

Camión diesel 4x2

$P = 76\,4\text{ CLP}$

Rendimiento = 2,8 km/l

$$\text{Costo}_{km} = \frac{P_{\text{diesel}}}{\text{Rendimiento}}$$

Capacidad = 500 L + 400 L (2 Estanques)

$$\text{Costo}_{km} = 272,8\text{ CLP}$$

Autonomía = Rendimiento x Capacidad = 2520km

Costo Viaje de 180km → \$49.114 CLP/viaje

Análisis del CAPEX y OPEX



Maxus H6 electric
282 kWh
150 KM autonomía
Camión 6x2
de 26,5 ton/viaje

Camión Eléctrico Maxus H6

Rendimiento = 0,76 km/kWh

Capacidad Batería = 282 kWh x 0,8 = 226kWh

Autonomía = Rendimiento x Capacidad = 171km

$$P_{\text{electricidad}} = 80 \frac{\text{USD}}{\text{MWh}} = 64 \frac{\text{CLP}}{\text{kWh}} \rightarrow \text{Costo}_{\text{km}} = \frac{P_{\text{electricidad}}}{\text{rendimiento}} = 84,2 \text{ CLP/km}_{\text{recorrido}}$$

Costo Viaje de 180km → \$15.156/viaje

Análisis del CAPEX y OPEX



Camión Diesel 4x2

$$P_{\text{Mantenimiento}} = 35 \frac{\text{CLP}}{\text{Km}}$$

$$P_{\text{Mantenimiento}_{\text{viaje}}} = 6300 \frac{\text{CLP}}{\text{Viaje}}$$

CAPEX Diesel

Precio = 120 kUSD ~ 96 MMCLP

Depreciación por año 15%

Camión Maxus H6 Electric

$$P_{\text{Mantenimiento}} = 21 \frac{\text{CLP}}{\text{Km}}$$

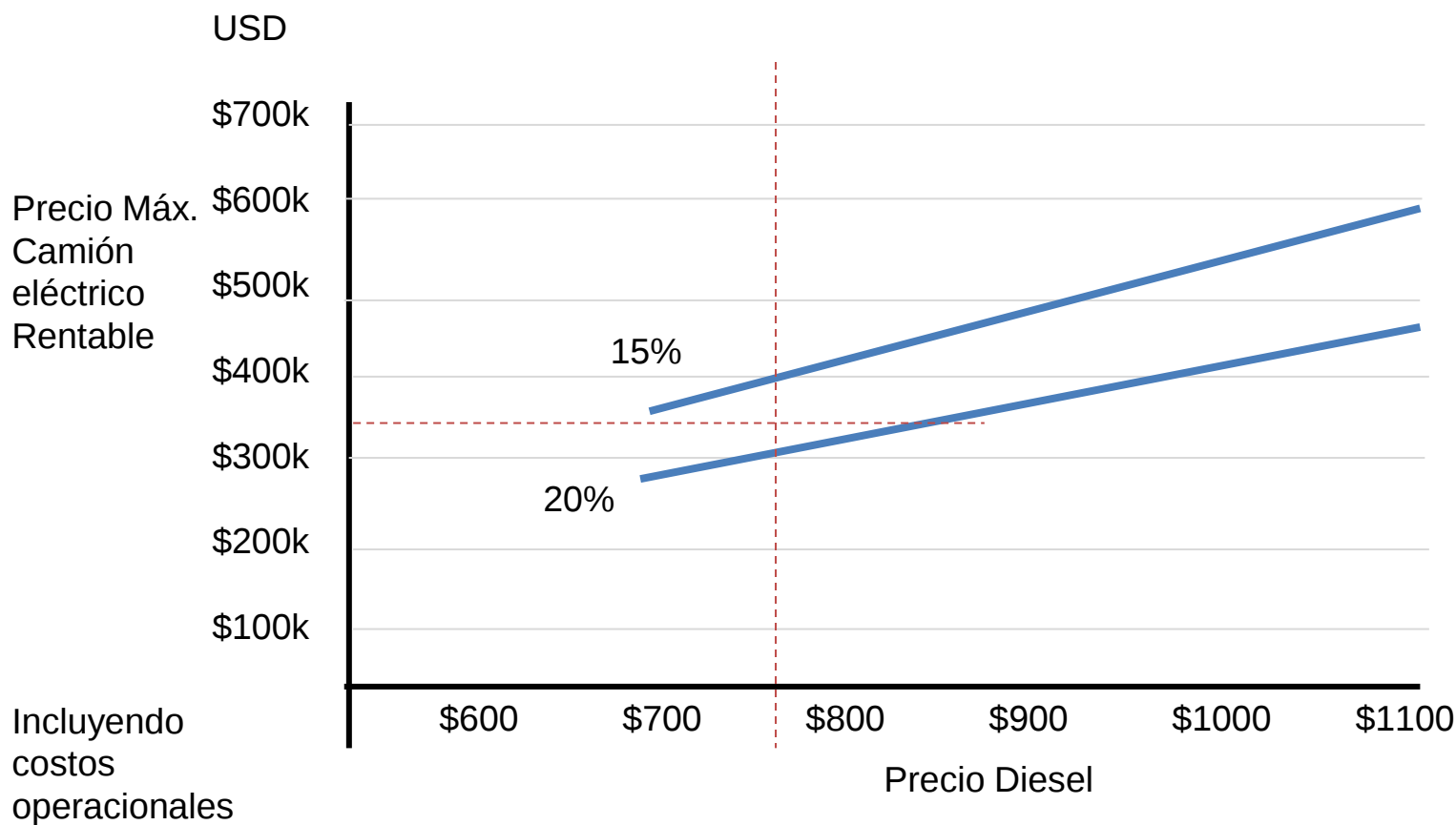
$$P_{\text{Mantenimiento}_{\text{viaje}}} = 3780 \frac{\text{CLP}}{\text{Viaje}}$$

CAPEX Eléctrico

Precio = 330 kUSD ~ 264 MMCLP

Depreciación por año 20% (15%)

Valor real camión 330kUSD, precio Diesel 764 CLP



ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

VALPARAÍSO, 2023