



**Electrificación del Transporte en la Flota Liviana de una Empresa Energética en
Argentina**

Ing. Oscar Enrique Roman

Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Economía y Administración

Maestría en Economía y Política Energético Ambiental

Director Mg. Fernando Cuenca

2021

Resumen

Esta tesis pretende discutir el reemplazo de vehículos a combustión interna por vehículos eléctricos; este escenario se plantea sobre datos reales de una empresa con una flota de gran magnitud, situada en Argentina. El estudio desarrollado está enfocado en la relevancia que tienen los vehículos eléctricos en la transición a una sociedad con menos emisiones. Uno de los aspectos más relevantes que surgen del presente análisis, estriba en que las tecnologías de los vehículos eléctricos actuales permiten superar ampliamente las barreras que los relegaban con respecto a los vehículos de combustión. Finalmente, se concluye que existen tecnologías de movilidad eléctrica que, si bien son costosas, a largo plazo, y con los incentivos adecuados, sumado a que la iniciativa sería económicamente viable, posibilitarán que las empresas contribuyan a la sustentabilidad del medio ambiente y, de esa forma, puedan mejorar la calidad de vida de las personas.

Palabras clave: vehículos eléctricos, transiciones energéticas, fuentes de energía, emisiones, sustentabilidad

Agradecimientos

Agradezco a la Facultad de Economía y Administración perteneciente a la Universidad Nacional del Comahue, como así también a la Fundación Bariloche y a todos los docentes que imparten allí sus clases, por brindar sus conocimientos y enseñanzas.

Agradezco particularmente al Mg. Fernando Cuenca, por proporcionarme su orientación profesional y sus útiles y constructivas recomendaciones.

Agradezco especialmente a mi pareja Verónica, y a mi familia, por el tiempo y el apoyo incondicional que me han brindado en todo este proceso.

Índice

Resumen.....	2
Agradecimientos.....	3
Lista de Figuras.....	6
Lista de Tablas.....	7
Lista de Abreviaturas.....	8
Introducción.....	9
Introducción a las Fuentes Energéticas.....	10
Energías Primarias.....	10
Energías Secundarias.....	11
La Energía en el Transporte en Argentina.....	12
Emisiones, Eficiencias y Ruidos.....	13
Vehículos Eléctricos.....	14
Hybrid Electric Vehicle (HEV).....	14
Battery Electric Vehicle (BEV).....	14
Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).....	14
Extended Range Electric Vehicle (E-REV).....	15
Fuel Cell Electric Vehicle (F-CEV).....	15
Experiencias con EV en Argentina.....	16
Experiencias Propias.....	16
Melex.....	16
Experiencias de Terceros.....	17
Renault Kangoo ZE.....	17
Andreani.....	17
Edenor.....	17
Harley & Davidson y Rivian.....	18
Marco Teórico.....	19
Vehículo.....	19
Sistema de Propulsión.....	20
Motor a Combustión Interna (ICE).....	20
Motor Eléctrico (EV).....	22
Eficiencia.....	22
Rendimientos.....	22
Análisis Costo Beneficio.....	23
Planteo del Problema.....	23
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
Hipótesis.....	24
Estrategia Metodológica.....	24
Estado del Arte.....	26
Relevancias.....	28
Acuerdos Internacionales.....	29
Historia del Vehículo Eléctrico.....	29
Caracterización de la Flota Vehicular.....	30

Base de los Datos.....	30
Caracterización por Tipo de Vehículo.....	31
Caracterización por Localización Geográfica.....	35
Caracterización por Actividad Vigente.....	36
Caracterización por Unidad de Negocios.....	37
Caracterización por Distancia Recorrida.....	38
Caracterización por Tipo de Caminos.....	39
Ámbito de Estudio.....	40
Energía Utilizada en el Transporte.....	40
Combustibles de los ICE.....	41
Etiqueta Vehicular.....	41
Importancia internacional.....	42
Importancia en América Latina.....	43
Cálculo del Consumo de los ICE.....	44
Calculo de las Emisiones de los ICE.....	45
Caracterización según Necesidad.....	45
Pick Up.....	45
Criterios de Selección de Pick Up.....	47
Auto Sedán.....	48
Criterios de Selección del Auto Sedán.....	49
Fuentes de Carga de los EV.....	50
Cargadores de EV.....	50
Clasificación según Diseño.....	51
Clasificación según Modo Operativo.....	52
Clasificación de Conectores.....	53
Energía del Transporte en EV.....	55
Emisiones del Transporte en EV.....	55
Estrategia de Carga.....	56
Límites de Carga.....	58
Cálculo de puntos de carga.....	60
Ubicación de Puntos de Carga.....	61
Gestión de Carga Dinámica (DLM).....	62
Mapa de Cargadores de EV.....	63
Norma IEC 61851.....	64
Necesidad 2025 - 2050.....	64
Filosofía del Mantenimiento.....	66
Mantenimiento de los ICE.....	68
Mantenimiento de los EV.....	69
Análisis Económico.....	70
Flujo de Fondos.....	70
Costos Operativos.....	74
Análisis de Sensibilidad.....	77
Escenarios.....	79
Conclusiones.....	83
Apéndice.....	88

Lista de Figuras

- Figura 1: Participación de Energías Primarias
- Figura 2: Participación de Energías Secundarias
- Figura 3: Tipos de Vehículos Eléctricos
- Figura 4: Rivian R1 T
- Figura 5: Ciclo Otto Ideal
- Figura 6: Vehículo Pick Up
- Figura 7: Vehículo Auto Sedán
- Figura 8: Vehículos SUV
- Figura 9: Vehículo Pick Up Pequeña
- Figura 10: Vehículos SUV 2 y Furgoneta
- Figura 11: Composición de flota por tipo de vehículo
- Figura 12: Mapa de flota por provincia
- Figura 13: Composición de la flota por estado
- Figura 14: Composición de la flota por actividad
- Figura 15: Dispersión de recorrido promedio diario
- Figura 16: Etiqueta de Eficiencia Energética Vehicular
- Figura 17: Rivian R1T
- Figura 18: Vehículo 100 % Eléctrico
- Figura 19: Poste Cargador
- Figura 20: Conector CC2 Combo Type 2
- Figura 21: Límites de carga de una batería
- Figura 22: Mapa de cargadores
- Figura 23: Mantenimiento de los ICE
- Figura 24: Mantenimiento de los EV
- Figura 25: Sensibilidad de Pick Up
- Figura 26: Sensibilidad Auto Sedán
- Figura 27: Escenarios Pick Up Optimista 2
- Figura 28: Escenarios Auto Optimista

Lista de Tablas

Tabla 1:	Cantidad de vehículos por Provincia por Tipo
Tabla 2:	Emisiones de CO2 por ICE
Tabla 3:	Energía utilizada en el transporte
Tabla 4:	Pick Ups Eléctricas
Tabla 5:	Autos Eléctricos
Tabla 6:	Energía de Transporte en EV
Tabla 7:	Emisiones de Transporte en EV
Tabla 8:	Calculo de Autonomía
Tabla 9:	Autonomía Neta
Tabla 10:	Antigüedad de la flota
Tabla 11:	Proyección de ICE por EV
Tabla 12:	VAC del proyecto
Tabla 13:	Costos Operativos Pick Up
Tabla 14:	Costos Operativos Pick Up sin Impuestos en EV
Tabla 15:	Costos Operativos Auto
Tabla 16:	Costos Operativos Auto sin Impuestos
Tabla 17:	Escenarios Pick Up
Tabla 18:	Escenarios Auto
Tabla 19:	Precios Relativos de la Energía

Lista de Abreviaturas

ACARA	Asociación de Concesionarios de la República Argentina
BEV	Battery Electric Vehicle es un vehículo eléctrico a batería
CO2	Carbón Dioxide
EPA	Enviromental Protection Agency es la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
EREV	Extended Range Electric Vehicle es un vehículo eléctrico con autonomía extendida
EU	Union Europea
EV	Electric Vehicle
EVI	Electric Vehicle Initiative
FWD	Front Wheel Drive es fuerza de tracción en ruedas delanteras
HEV	Hybrid Electric Vehicle es un vehículo eléctrico híbrido
ICE	Internal Combustion Engine o motor a combustión interna
ICCT	Intergovernmental Panel on Climate Change
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
IEA	International Energy Agency
RWD	Rear Wheel Drive es la fuerza de tracción en ruedas traseras
4WD	Four Wheel Drive es fuerza de tracción en las 4 ruedas
NHTSA	National Higtway Traffic Safety Administrati3n es la Administraci3n Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras en Estados Unidos
NPV	Net Present Value Valor presente Neto (Valor Actual de Costos)
PHEV	Plug-In Hybrid es un vehículo híbrido enchufable
USA	Estados Unidos de América
ZEV	Zero-Emission Vehicle

Introducción

La presente investigación pretende hacer referencia a las emisiones que producen los vehículos de las empresas en Argentina; así también, se analizará la ineficacia energética asociada a los vehículos a combustión. De este modo, la electrificación total de la flota liviana es planteada como una posible solución.

Cabe señalar, que en este trabajo se examinará la conversión de toda la flota liviana de una empresa energética nacional, lo que, aproximadamente, representa una cantidad de 3000 vehículos. Asimismo, se sugiere la realización de un análisis sobre este tipo de compañías, dado que se considera que deberían ser los actores principales en un proceso de transición energética nacional.

De manera adicional a los objetivos mencionados, la intención de este trabajo es la de proporcionar la información y los indicadores necesarios para fortalecer la toma de decisiones en materia de movilidad sustentable, haciendo énfasis en la creciente penetración de estas tecnologías.

Para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo, la metodología de investigación empleada fue de tipo descriptiva; esta incluirá un análisis pormenorizado de documentación, así como referencias a otros países y una serie de entrevistas.

Finalmente, se considera que el resultado del presente estudio, será de gran utilidad para las empresas privadas del país, que podría extrapolarse a otros países de América Latina.

Se cree fundamental generar una serie de preguntas que disparen una investigación sólida, que proporcione la información necesaria para desarrollar un examen detallado sobre el tema a saber: ¿cuántos Gases de Efecto Invernadero (GEI) están emitiendo y emitirán los vehículos en grandes empresas energéticas en Argentina? ¿Es posible usar la energía de una manera más eficiente, para transportarse en dichas empresas? ¿Existen nuevos desarrollos tecnológicos, nacionales o internacionales, sobre el transporte, que deberían ser evaluados? ¿Bajo qué condiciones, sociales, económicas, legales e impositivas, es posible implementar estos desarrollos? Estas son algunas de las preguntas que pretende responder este trabajo.

Introducción a las Fuentes Energéticas

En este apartado se realizará una breve introducción al Balance Energético Nacional (BEN) del año 2019, de la Secretaría de Energía de la República Argentina. El BEN es el principal instrumento estadístico utilizado para el análisis del sector energético y la definición de políticas públicas a mediano y largo plazo.

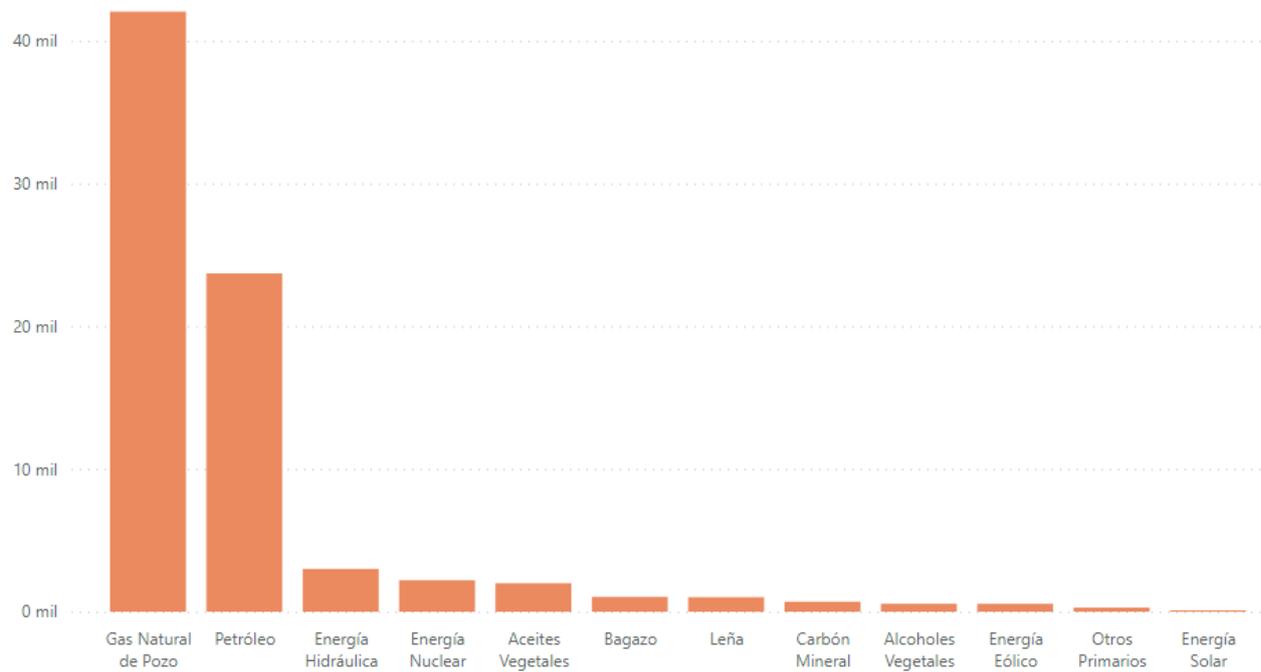
Este trabajo no pretende investigar la matriz energética argentina, sino que su desarrollo pretende exponer una explicación con respecto a cómo está compuesta la participación de las Energías Primarias y Secundarias en el Balance Energético Nacional de Argentina.

Con el objetivo de establecer una medida física para todos los tipos de energías, se adopta el criterio que utiliza la Secretaría de Energía (SE), concretamente, la Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP).

Energías Primarias

Las energías primarias son aquellas formas de energía que se encuentran en el mundo de forma natural, previamente a ser transformadas para su utilización.

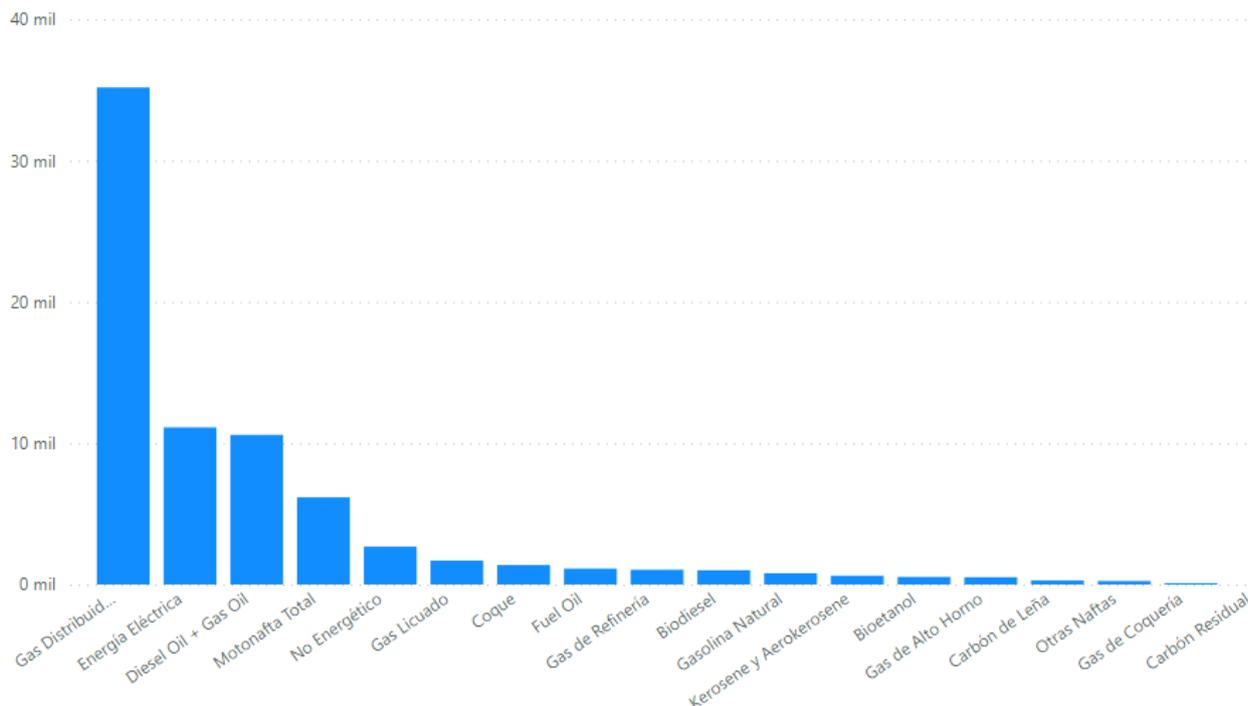
El balance que se puede advertir en la Figura 1, expone la participación de la oferta interna de energías primarias.

Figura 1*Participación de Energías Primarias*

Nota. Se observa una gran participación de gas con 54 % y petróleo con 31 %. Tomado del Balance Energético Nacional de la República Argentina (2019).

Energías Secundarias

Las energías secundarias son aquellas formas de energía que surgen de la transformación de las energías primarias que se mencionaron anteriormente.

Figura 2*Participación de Energías Secundarias*

Nota. Se observa la gran participación de energía del gas distribuido en redes con 47 %, seguido por electricidad 15 %, gasolinas y gasoil con 14 %. Tomado del Balance Energético Nacional de la República Argentina (2019).

La Energía en el Transporte en Argentina

En Argentina, según el Balance Energético Nacional (BEN) de 2019¹, de la energía consumida en el transporte, más de un 78 % corresponde a los productos derivados del petróleo y del gas.

La matriz energética primaria de Argentina, se define con dos actores preponderantes: petróleo y gas. Estos compuestos, fueron cambiando sus roles desde el año 1970; en dicho período, existía mucha más utilización del petróleo. No obstante, en 2010 comienza el despliegue de una matriz gasífera, con un 55 % de gas en su oferta interna.

Entre los años 2010 y 2020, se puede observar en el país, un incremento de las energías renovables; esto se puede advertir si se analiza la incorporación de energía eólica,

¹ Balance Energético Nacional. (2019). Argentina.

<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>

solar, biomasa, biogás y biocombustibles. Asimismo, se puede destacar una mayor utilización de pequeños aprovechamientos energéticos, como es el caso de la micro hidroeléctrica y la geotermia.

Se debe señalar, que la Ley 26.190, sancionada en el año 2006, se generó para fomentar el uso de fuentes renovables en el país. Los decretos y resoluciones asociadas de la mencionada ley, fomenta e implementa la producción de la energía eléctrica con fuentes renovables. Por este motivo, Argentina adquiere una tendencia hacia la disminución de emisiones; esto es coherente con los compromisos generados en el Acuerdo de París que se firmó en 2015.

A pesar de que estos lineamientos son evidentes, en el presente informe no se profundizará en un análisis acerca de la generación o transporte de electricidad ni sus fuentes.

Emisiones, Eficiencias y Ruidos

Si al vehículo eléctrico (EV)² se lo toma como una suerte de caja negra, no produce emisiones de gases por los sitios por donde circula. Por el contrario, estos gases sí son producidos por los vehículos que funcionan a gasolina.

Según las distintas fuentes internacionales, la eficiencia mecánica para satisfacer la necesidad de transporte o movimiento con un vehículo a gasolina, está asociada a una eficiencia energética de un 18-25 %. Sin embargo, la del vehículo eléctrico oscila entre un 45 % (con una generación eléctrica de una matriz mixta) y un 77 % (con una generación 100 % renovable³⁴). A nivel general, estas eficiencias consideran que, para el funcionamiento del coche a gasolina, los pasos que se requieren son la extracción, el refinamiento a gasolina y el envío, hasta su transformación en el motor a combustión. En contraste, en el funcionamiento del coche eléctrico, el proceso incluye la producción de electricidad, el transporte por red y la transformación de energía eléctrica de la batería a energía mecánica del motor eléctrico. Para este último caso, cabe señalar que gran parte de la fuente de energía eléctrica en la Argentina, se efectúa mediante un componente térmico.

Según un estudio de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2011 la contaminación sonora produjo diversos problemas de salud, por ejemplo: malestar, estrés,

² Por su sigla en inglés de *electric vehicle*.

³ ENEL (Ente Nazionale per l'Energia Elettrica), "Guía para vehículos Eléctricos".
<https://www.enelx.com/ar/es/movilidad-electrica/guias/vehiculos-electricos>

⁴ Energía y Sociedad. "4.2 La eficiencia energética del vehículo eléctrico".
<https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>

presión alta, insomnio y problemas cardíacos. Es importante resaltar, que uno de los grandes generadores de ese ruido es el producido por el tránsito urbano⁵.

En este sentido, es imprescindible indicar que según un estudio de Agencia de Tráfico de Dinamarca (Danish Road Traffic Authority)⁶, el vehículo eléctrico produce de 4 a 5 decibelios menos de ruido que los vehículos que funcionan a gasolina, a bajas velocidades, de unos 30 km/h.

Vehículos Eléctricos

Un vehículo eléctrico es un vehículo que utiliza electricidad como fuente de energía para poder generar su movilidad. Algunos de estos vehículos pueden funcionar con una asistencia de combustibles fósiles. Existen distintos tipos de vehículos eléctricos; a continuación, se detallarán sus principales características genéricas.

Hybrid Electric Vehicle (HEV)

Son vehículos que poseen ambos tipos de motores, en las ruedas poseen un mecanismo eléctrico, y contienen un pack de baterías (Figura 3). El motor a gasolina genera energía para alimentar las baterías, lo que le proporciona más potencia al vehículo. Estos vehículos poseen un menor rango, utilizando solamente electricidad que los anteriores, que son 100 % eléctricos. Asimismo, recuperan energía del frenado.

Battery Electric Vehicle (BEV)

Son vehículos que poseen motor eléctrico y un conjunto de baterías para poder lograr movilidad. Son enchufables (Figura 3) y solo funcionan con electricidad.

Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Son vehículos híbridos y enchufables.

⁵ World Health Organization. (2011). *Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe*. Regional Office for Europe". <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>

⁶ Rasmus Stahlfest Holck Skov og Lykke Møller Iversen. (25/03/2015) "Noise from electric vehicles – Measurements". Danish Road Directorate.

https://api.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/publications/noise_from_electric_vehicles_0.pdf

Extended Range Electric Vehicle (E-REV)

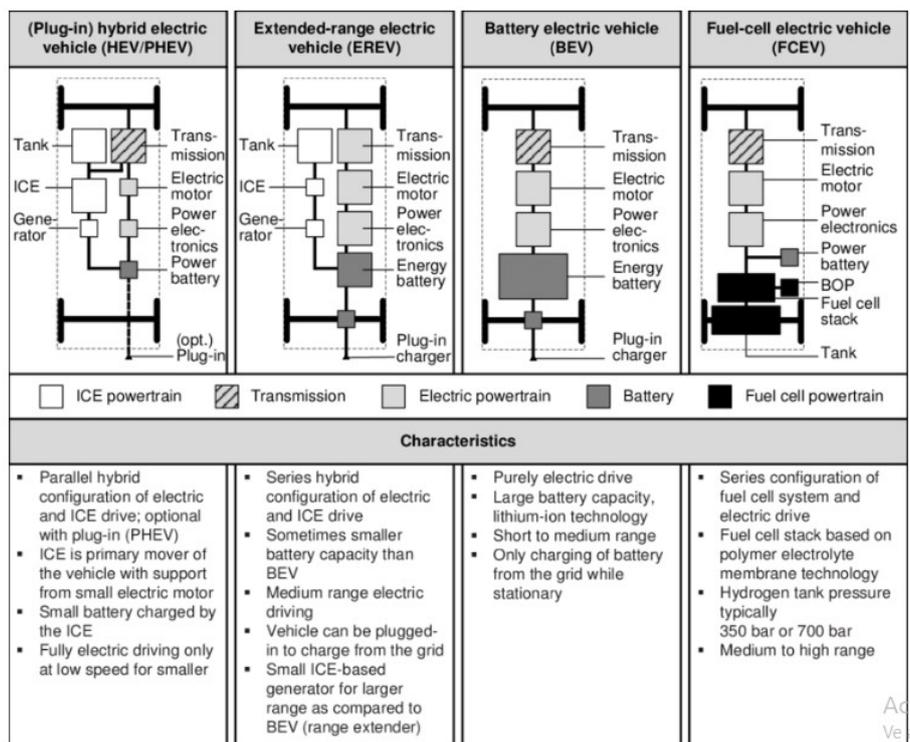
Son vehículos híbridos eléctricos de rango extendido. Posee baterías de menor capacidad que las del BEV.

Fuel Cell Electric Vehicle (F-CEV)

Son vehículos eléctricos a celda de hidrógeno. Funcionan con hidrógeno, lo que les permite generar la electricidad; a su vez, emiten agua y calor, es decir, no poseen emisiones contaminantes. Poseen un tanque de hidrógeno y una celda de combustible.

Figura 3

Tipos de Vehículos Eléctricos⁷



No es el objeto de esta tesis entrar en detalle de estas tecnologías, sin embargo, se cree significativo mencionar generalidades de las partes componentes y sus características funcionales.

⁷ Kieckhäfer, Karsten. (2018). "Strategic planning towards electric mobility in the automotive industry (cumulative habilitation thesis)". [https://www.researchgate.net/publication/325287110 Strategic planning towards electric mobility in the automotive industry cumulative habilitation thesis/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/325287110_Strategic_planning_towards_electric_mobility_in_the_automotive_industry_cumulative_habilitation_thesis/citation/download)

Como se indicó en un comienzo, el alcance de esta tesis se rige sobre los vehículos que son 100 % eléctricos y enchufables, es decir, vehículos que no utilizan combustibles fósiles. De esta manera, esta investigación se desarrolla a partir de un solo vehículo eléctrico, dado que cumple con los requerimientos esperados, es decir, posee una menor cantidad de componentes y requiere menos mantenimiento. Algo que se considera importante en este trabajo, es que el vehículo seleccionado minimiza el manejo de componentes hidráulicos y mecánicos, que producen tanto fricción como otras pérdidas energéticas.⁸

Experiencias con EV en Argentina

En este apartado se analizarán las experiencias de distintas empresas nacionales que llevaron a cabo pruebas y/o un uso normal de EV.

Experiencias Propias

La compañía ya posee experiencias propias con los EV. En el área industrial, hace varios años que utiliza este tipo de vehículos por su seguridad. Estos vehículos se usan de manera interna, dentro de las plantas, y no transitan en las calles públicas. Los beneficios por los que son utilizados son: no producen emisiones ni chispas que, en contacto con los productos inflamables, pueden afectar la seguridad de las instalaciones, así como a las personas por riesgo de que se produzca alguna explosión. Otras de las ventajas mencionadas, es que no se requiere el pago de patentes, ni el pago de seguros.

Para dicha flota, no se cuenta con un relevamiento detallado de su uso en cantidad de kilómetros recorridos. Al ser utilizados de manera interna, no se realiza el promedio de recorrido de los vehículos de la flota externa. De este grupo, no se posee una información cuantitativa. De todos modos, se poseen sus características, que se detallarán a continuación.

Melex

Fueron los primeros vehículos que se utilizaron, y actualmente se siguen utilizando. Los más antiguos son modelos del año 1990, es decir, poseen una antigüedad de más de 30

⁸ Holmberg, Kenneth & Erdemir, Ali. (2015). "Global impact of friction on energy consumption, economy and environment". https://www.researchgate.net/publication/282953699_Global_impact_of_friction_on_energy_consumption_economy_and_environment

años, y se le han realizado distintas reparaciones. Se usan en el área industrial y en las plantas de producción. No son aptos para circular en la vía pública, y son importados.

Experiencias de Terceros

Renault Kangoo ZE

ZE⁹ (cero emisiones), es un programa de vehículos 100 % eléctricos del Grupo Renault (Francia). En un principio, se originaron como conceptos, y luego comenzaron a ser desarrollados para la producción en acuerdo con Lima-París Agenda de Acciones (LPAA).

Dentro del grupo ZE hay varios tipos de EV, específicamente:

- Fluence
- Kangoo
- Zoe
- Twizy

El EV que se comercializa en la Argentina es Renault Kangoo ZE. Según una serie de entrevistas realizadas en el canal de YouTube del Grupo Renault de Argentina, existen varias empresas que poseen experiencia con flotas de EV en funcionamiento en la actualidad:

Andreani

La empresa utiliza EV para operaciones logísticas para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Gran Buenos Aires. Empezó con unidades adquiridas en los años 2018 y 2019. Según la información publicada, realiza un recorrido periódico y diario.¹⁰

Edenor

La empresa de distribución eléctrica también utiliza EV para sus recorridos de mantenimientos operativos. Según la empresa, la autonomía diaria es alta, como así también su rendimiento y el confort de marcha, dado que no genera ningún tipo de ruidos. Por otra parte, señalan que poseen un bajo consumo, un bajo mantenimiento y están hechos con materiales durables.¹¹

⁹ Por su sigla en inglés de *zero emissions*.

¹⁰ Renault Argentina. (22/11/2018). Kangoo Z.E - Experiencia Andreani. <https://www.youtube.com/watch?v=sdEhmJxGAUk>

¹¹ Renault Argentina. (11/09/2018). Kangoo Z.E - Experiencia Edenor. <https://www.youtube.com/watch?v=rfOxS3ID6-Q>

Harley & Davidson y Rivian

Las empresas Harley & Davison y Rivian realizaron en 2020 una prueba en la serie *Long Way Up*, protagonizada por los actores Ewan McGregor y Charley Boorman. La prueba se realizó con prototipos de dos motos eléctricas Harley Davidson y de soporte dos pick up Rivian, modelo R1T. Estos vehículos recorrieron 13000 millas (equivalente 20.921 km) en cien días por trece países, partiendo desde Ushuaia (Argentina) hasta California (EE. UU.). El trayecto recorrió el territorio de Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, América Central, México, y EE. UU.

Los participantes atravesaron condiciones climáticas adversas y muy hostiles, como nieve, barro, desierto, ripio y terrenos inhóspitos; incluso llegaron a transitar por alturas, a más de 2000 msnm. en la Cordillera de Los Andes. Durante el recorrido, los actores fueron adaptando las instalaciones para la carga de los EV en los puntos de parada, que se encontraban cada 50-100 millas. Además, tuvieron que adaptarse a diferentes artefactos de cargas, a diferentes arquitecturas eléctricas según las zonas y países que fueron recorriendo en América.

Figura 4

*Rivian R1 T*¹²



¹² Long Way Up: la travesía eléctrica de Ewan Mac Gregor largo desde Ushuaia. (06/09/2018). <https://autoblog.com.ar/2019/09/06/long-way-up-la-travesia-electrica-de-ewan-mcgregor-largo-desde-ushuaia/>

El recorrido que llevaron a cabo fue exitoso, y se pudo realizar todo ese trayecto por América, atravesando diferentes países y lugares, utilizando solamente energía eléctrica. De esta manera, se puede concluir que este tipo de tecnologías se puede adaptar rápidamente y utilizar en diversos escenarios adversos.

Marco Teórico

Este trabajo tiene como objetivo averiguar los costos y ciertos aspectos económicos y tecnológicos que permitirán analizar las conveniencias de la utilización de vehículos eléctricos. El objetivo se acota dado que cada necesidad de transporte vehicular debe ser tratada con sus características tanto generales como particulares.

Por otra parte, el alcance de este estudio versará sobre el uso de este tipo de vehículos en la flota de una compañía en particular, y no sobre la totalidad de una región o estado; además, se pretenderá analizar si es viable económicamente.

Vehículo

Según el Diccionario de la Real Academia Española, la primera definición de vehículo indica que es un “medio de transporte de personas o cosas”¹³.

Asimismo, para que un vehículo pueda tener movilidad, se necesita realizar cierto trabajo, cuya definición física es:

$$W = F \cdot s$$

Siendo W el Trabajo, F la Fuerza y s la Distancia. En el Sistema Internacional de Unidades (SI), se mide en las siguientes unidades:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Newton} \cdot 1 \text{ metro} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$$

Igualmente, se necesita que dicho vehículo se mueva en un determinado periodo de tiempo; para ello, es necesario conocer el concepto físico de potencia, que se define agregando la variable tiempo a la fórmula:

$$P = W / \Delta t$$

Siendo P la Potencia, W el Trabajo y Δt el tiempo. En el SI se mide en la siguiente unidad de medida:

$$1 \text{ Watt} = \text{Joule} / \text{segundo}$$

¹³ Real Academia Española. (s.f.). Vehículo. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 19 de octubre de 2022, de <https://dle.rae.es/veh%C3%ADculo>

Donde la unidad de medida es el Watt equivalente a un Joule por segundo.

Estos conceptos son sumamente importantes a la hora de comparar el consumo de las energías involucradas en la flota de estudio.

Sistema de Propulsión

Para un correcto análisis en el marco de este estudio, es necesario mencionar el sistema de propulsión, puesto que en este trabajo se propone el reemplazo del mismo, de térmico a eléctrico.

Un sistema de propulsión es un sistema o máquina que mueve a un vehículo hacia un sentido, de atrás hacia adelante. Podemos señalar distintos sistemas de propulsión, a saber: biológico, nuclear y espacial, pero lo que nos concierne en este trabajo son los sistemas de propulsión de origen térmico, Motor a Combustión Interna (ICE), y el de propulsión de origen eléctrico, motor EV.

Motor a Combustión Interna (ICE)

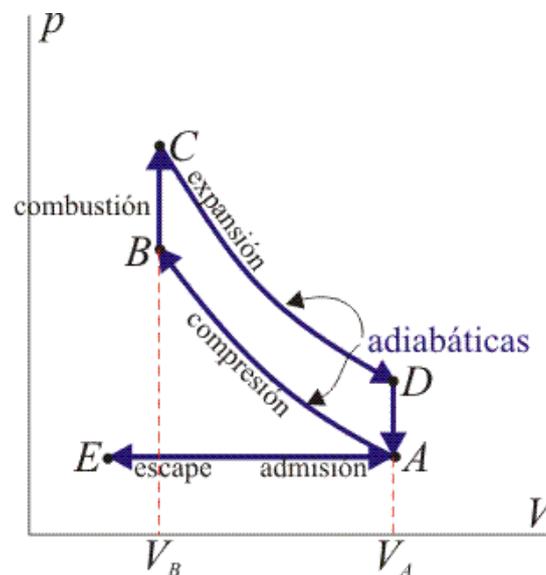
En el interior de los motores a explosión se produce una combustión, es decir, una reacción química, donde participan el combustible, que para nuestro caso es gasoil o gasolina, el comburente, que es el oxígeno en el aire, y la ignición o chispa. Esto se genera para producir una reacción físicoquímica que libera energía, dióxido y monóxido de carbono, calor y agua, entre otros componentes.

Los vehículos convencionales actuales, autos y camionetas, funcionan normalmente a combustión interna o explosión bajo el Ciclo Otto o Diésel. Estos son ciclos termodinámicos donde se produce una variación de presión, de temperatura y de volumen. Este ciclo se compone de cuatro etapas bien diferenciadas:

1. Admisión: se inyecta aire y combustible líquido a la cámara de combustión.
2. Compresión y Combustión: se comprime la mezcla y explota.
3. Expansión: la explosión empuja el pistón hacia abajo realizando un trabajo mecánico.
4. Escape: se abre a la válvula de escape y se eliminan los residuos.

Figura 5

Ciclo de Otto Ideal. Thermodynamics and Propulsion



Nota. Prof. Z. S. Spakovszky. MIT¹⁴

Como se puede advertir en la figura, el pistón sube y baja dos veces, por ese motivo, se lo conoce como motor de cuatro tiempos.

La diferencia entre ambos ciclos, Otto y Diésel, es que el Diésel no enciende mediante una chispa de bujía, sino con el calor de la compresión que el mismo pistón realiza en la etapa previa a la explosión.

Por el contrario, la eficiencia de los motores ciclo Otto, son dados por varios factores, concretamente, por la relación de compresión, por la carga del motor, por el octanaje del combustible, entre otros componentes. Las pérdidas de energía de estos motores son dadas, mayoritariamente, por el calor y por la fricción.

El objetivo de este trabajo no reside en dar una explicación acerca de la termodinámica de los motores a combustión interna; lo importante es saber que los rendimientos energéticos finales de los autos con motores a combustión interna se encuentran entre los 18 a 25 %.

¹⁴ <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node26.html>

Motor Eléctrico (EV)

A diferencia de los motores a combustión, en el interior de los motores eléctricos se produce una transformación de energía eléctrica a energía mecánica, por medio de campos electromagnéticos.

Las pérdidas de un motor eléctrico son dadas por: perdidas eléctricas, magnéticas, de fricción y térmicas. Los rendimientos finales de los autos con motores a combustión interna se encuentran entre los 45 a 77 %.

Eficiencia

Teniendo en consideración lo mencionado hasta este punto, es fundamental advertir que los sistemas que propulsan el vehículo poseen puntos de comparación, donde se pueden medir sus funcionalidades y analizar sus prestaciones para, de esa manera, obtener comparaciones válidas.

Es necesario tener en cuenta los conceptos de potencia de salida y de potencia de entrada:

$$\text{Eficiencia} = \text{Potencia de Salida} / \text{Potencia de Entrada}$$

Se debe señalar, que la máxima eficiencia es 1 pero, en cualquiera de los sistemas, habrá pérdidas que harán que la misma esté entre 0 y 1.

Rendimientos

Lo que se busca es el comparativo entre cuánta energía se le debe entregar a un sistema térmico (ICE) para satisfacer la necesidad de transporte, y cuánta energía se le debe entregar a un sistema eléctrico (EV) para satisfacer la misma necesidad.

Para alcanzar este objetivo, también es necesario comparar las unidades de medidas de las energías, dado que el sistema térmico utiliza líquidos como la gasolina y el gasoil, medida en litros y la electricidad medida en kWh. Existen equivalencias entre estos tipos de energías, a Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP), que serán detalladas más adelante.

Los tipos de vehículos, las motorizaciones y las distancias recorridas, son datos conocidos de la flota vehicular. Se estiman litros de gasoil y gasolina consumidos según su cada motorización vehicular y su etiqueta de consumo homologada. Se realiza el mismo cálculo para el consumo en los vehículos eléctricos.

Análisis Costo Beneficio

Con respecto al análisis costo/beneficio, se debe señalar que el vehículo más beneficioso será el que menos dinero haga erogar en el proyecto. Aplicándose un Valor Actual de Costos (VAC) del proyecto. Para esto, se considera la inversión, los mantenimientos de los vehículos y otros gastos, siendo todo esto erogaciones de dinero.

Este tema será desarrollado de manera pormenorizada en el apartado “Análisis Económico”.

Planteo del Problema

El problema planteado en este estudio, es el impacto que tiene sobre el medio ambiente y el costo de la ineficacia energética generada por los motores de combustión interna. Para alcanzar a dilucidar este problema, se plantea el cambio de vehículos a gasolina a vehículos eléctricos. El alcance es la flota liviana de vehículos de transporte terrestre de una empresa energética en Argentina.

Objetivos

Objetivo General

- Proponer y desarrollar un sistema sustentable y eficiente en el proceso de transporte liviano terrestre, implementado un cambio tecnológico del vehículo a combustible fósil a eléctrico, en una empresa energética en la Argentina, que cuenta con unos 3000 vehículos y localización distribuida.

Objetivos Específicos

- Estandarizar el proceso de transporte y vehículos utilizados.
- Reconocer las principales fuentes energéticas y cuantificar la energía utilizada en el proceso de transporte.
- Estudiar los vehículos eléctricos necesarios para abastecer la demanda de transporte prevista para el período 2025-2050.
- Definir el equipamiento necesario para satisfacer el transporte, la potencia, la energía requerida, y puntos de carga, teniendo en cuenta el parque actual y su potencial evolución.
- Simular soluciones, optimizar y realizar un análisis de sensibilidad de costos del proyecto.

Hipótesis

La electrificación del transporte de la compañía es factible técnica y económicamente, favoreciendo de esta manera la eficiencia energética y reducción de gases de efecto invernadero.

Estrategia Metodológica

El diseño metodológico utilizado en este trabajo correspondió a un tipo de proyecto descriptivo; para su realización, se utilizaron fuentes de información avanzadas, que desarrollan el tema analizado en este estudio, preferentemente, en el ámbito internacional, no así en el ámbito nacional.

El enfoque de la investigación fue de tipo mixto, cuantitativo y cualitativo. El concepto cuantitativo se advierte en las variables cuantificadas, como son las distancias y los consumos de combustibles. Por su parte, las variables cualitativas están relacionadas con el uso de los vehículos y la caracterización de los mismos, que se pueden agrupar a partir de diversos criterios.

Las técnicas de investigación fueron: entrevistas a empresas que usan estos vehículos; técnicas estadísticas como resultado de analizar los datos del uso de los vehículos; análisis de documentos técnicos; páginas web especializadas en el tema (por ejemplo, bases de datos de los vehículos eléctricos) y también organismos internacionales especializados en la electrificación del transporte.

La población de estudio fue la totalidad de la flota liviana propia de la empresa que está distribuida en toda la Argentina. La flota liviana propia se compone de casi 3000 unidades, donde aproximadamente el 70 % son pick up, 20 % sedán y 10 % SUV¹⁵ y utilitarios. Este estudio no alcanzó a la flota pesada. El tiempo de estudio se proyectó del 2025 al 2050. Asimismo, la base de datos fue del año 2019.

Las variables dependientes fueron:

- La cantidad de energía que se utilizó en el proceso de transporte
- Las emisiones de dióxido de carbono y otros gases
- Los puntos de carga

¹⁵ Vehículo Utilitario Deportivo (del inglés *Sport Utility Vehicle* o SUV).

Las variables independientes fueron:

- Distancia de recorridos
- Consumo de los combustibles
- Costo de los combustibles
- Eficiencia de los vehículos
- Autonomía de los vehículos
- Tiempos de uso

El estudio se inició a partir del relevamiento del parque automotor existente, teniendo en cuenta las características técnicas de los vehículos, a saber: lugares físicos de las ubicaciones, consumos específicos por combustibles, tipos de motores, recorridos históricos. A partir de dicha información, se llevó a cabo el cálculo del mantenimiento y las características técnicas requeridas, necesidades del transporte, emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y los costos de operación.

El procedimiento se repitió para cada periodo del estudio, siendo necesario comprender el nuevo equipamiento, de modo tal que la demanda de transporte pueda ser abastecida. A su vez, se consideraron los años de vida útil de los vehículos, dependiendo del uso intensivo o moderado y su entorno, según las políticas de la compañía. Además, se planteó la evaluación de la incorporación de vehículos nacionales o importados.

Siguiendo una metodología de simulación, el ingreso de vehículos nuevos se seleccionó de acuerdo con una política determinada, que permitió conocer el costo total (inversión y operación, en valor presente). En este caso, se determinaron los alcances técnicos de los vehículos, ya sea en el caso de autonomías, en los limitantes y disponibilidad de estos nuevos equipamientos y en los potenciales puntos de carga.

Las fuentes de información fueron primarias, secundarias y terciarias. La investigación consistió en una elaboración propia, de la empresa energética; para el análisis técnico se tomaron los datos proporcionados por las marcas de los vehículos y sus bases de datos. Los costos de combustibles fueron tomados de fuentes oficiales de Argentina, concretamente, la Secretaria de Energía (SGE). Para evaluar el costo de importación de vehículos eléctricos, se tuvieron en consideración los sugeridos por la Dirección Nacional de los Registros Nacionales de la Propiedad del Automotor (DNRPA) y por la Dirección General de Aduanas (DGA). Para estimar las tasas de descuento en USD, se tomaron las vigentes por la empresa energética.

Se realizó una evaluación económica y financiera del proyecto de inversión, un análisis de sensibilidad, bajo ciertos criterios de aceptación: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual de los Costos (VAC) y período de repago; esta última mide la exposición al riesgo del inversor.

Estado del Arte

Existen diversos antecedentes del estado de la cuestión en el ámbito internacional. A continuación, se mencionan algunas publicaciones significativas para este trabajo:

- Papaioannou, S. A. (2016). *Electric Vehicles: A future Projection*. Worcester Polytechnic Institute.

Este estudio fue publicado en los EE. UU. El objetivo del mismo fue analizar y evaluar aspectos certeros e implicancias de implementar EV o PHEV (vehículos eléctricos y vehículos híbridos) en el Estado de California para el año 2040.

Las conclusiones señalan que el cambio de vehículos que funcionan a gasolina a EV o PHEV para el año 2040 en California, reducirá sensiblemente el consumo de energía y las emisiones de CO₂. Los EV y PEHV tienen tres o cuatro veces menos costos operativos que los vehículos a gasolina, sin incluir las baterías. Si se realiza este cambio, se dejarían de emitir 40 millones de toneladas métricas de CO₂ por año para el 2040.

- Pannone, G., Betz, B., Reale, M., & Thomas, J. (2017). Decomposing Fuel Economy and Greenhouse Gas Regulatory Standards in the Energy Conversion Efficiency and Tractive Energy Domain. *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 10(1), pp. 202-216.

Este estudio es otro enfoque adicional acerca del mismo tema, y fue realizado, también, en los EE. UU. El objetivo fue plantear para vehículos actuales, la reducción de masa, mejoras en la resistencia, recuperación de energía termodinámica, mecánica y cinética con proxies lógicos, para lograr una sólida eficiencia en cuanto a la conversión de energía.

Los resultados concluyeron que se requerirá un mayor nivel de implementación de tecnología avanzada de vehículos y sistemas de propulsión para alcanzar los estándares del año modelo 2025 en los EE. UU. para lograr un significativo ahorro de combustible y emisiones de CO₂.

- Ruiz-Varona, A. (2019). Reseña del libro: «Three revolutions: steering automated, shared, and electric vehicles to a better future». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 82(2849), pp. 1-4.

Este estudio fue llevado a cabo en Europa. Su objetivo fue comprender una triple revolución en materia de transporte: automatizado, eléctrico y compartido. Se plantea un escenario regido por tecnologías inteligentes, donde se comparta movilidad y donde se consolide el diseño de infraestructuras públicas. De ese modo, se intentará alcanzar una considerable reducción de gases de efecto invernadero. El problema radica en cómo se efectuará ese cambio. La investigadora plantea estos dilemas a reconocidos expertos, para analizar el impacto a futuro del transporte, de las ciudades y del medio ambiente.

El resultado concluye con un pormenorizado análisis de conceptos acerca de la revolución del transporte, de los cambios de paradigmas, de los cambios culturales (por ejemplo, el del concepto de propiedad del auto), de los cambios de empresas automotrices para beneficiar el transporte, y del beneficio social.

- Banco Interamericano de Desarrollo y Deep Decarbonization Pathways for Latin America and the Caribbean (2020). *Cómo llegar a cero emisiones netas, Lecciones de América Latina y el Caribe*. BID.

Este estudio estuvo integrado por varios países de América Latina, entre ellos Argentina, que fue representado por la Fundación Bariloche. El estudio indica que llegar a cero emisiones netas para alrededor del 2050 es una tarea posible. El costo de las tecnologías sin emisiones de carbono está disminuyendo rápidamente; mientras tanto, los negocios tradicionales se están volviendo cada vez más costosos y están expuestos a riesgos de transición, incluyendo la pérdida de activos.

La transformación hacia cero emisiones netas, puede acarrear oportunidades económicas, y contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)¹⁶. La ronda actual de compromisos de descarbonización delineada en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC¹⁷), no son suficientemente ambiciosas para alcanzar las metas del Acuerdo de París¹⁸. La transición hacia cero emisiones netas, crea, de manera potencial, ganadores y perdedores, con posibles impactos sociales negativos si no son abordados de manera precisa. Cabe señalar, que la descarbonización profunda afectará a los sectores que contribuyen hacia los ingresos fiscales de un determinado país. Según el estudio, las normativas vigentes pueden socavar la implementación de opciones de bajas emisiones de carbono por el sector privado.

¹⁶ Son 17 objetivos globales interrelacionados, que se diseñaron para ser un plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para toda la humanidad. Los ODS fueron establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG-ONU) y se pretende alcanzarlos para el año 2030.

¹⁷ Sigla en inglés de *Nationally Determined Contribution*.

¹⁸ Acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que determinó medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Salazar López, J. J., García Torres, E. M. y Carrión Galarza, D. F. (2020). Recarga de Vehículos Eléctricos mediante optimización entera mixta con participación de respuesta a la demanda. *Revista de I+D Tecnológico*, 16(2), pp. 95-101.

Este trabajo, llevado a cabo en América Latina, se encuentra focalizado sobre el comportamiento del sistema de recarga de vehículos eléctricos y sus relaciones con las redes eléctricas. El objetivo fue minimizar los costos del consumo de la energía eléctrica de un edificio comercial, cuando se realicen las recargas de EV, mediante la instalación de una micro red del edificio con paneles fotovoltaicos y un despacho por asignación a demanda de los vehículos eléctricos.

Los resultados concluyeron que el despacho económico por asignación, favoreció el despacho y la red de distribución. El agregado de paneles fotovoltaicos tuvo un correcto efecto sobre la variación de carga del sistema. El nivel de tensión de carga rápida se logró con paneles, minimizando el costo de la carga en un sistema de tiempos de carga distribuida. Se utilizó el 100 % del recurso de los paneles y, en caso de haber excedente, se lo almacena en baterías de litio.

Relevancias

La energía es una base fundamental en la independencia de un país, dado que es uno de los pilares fundamentales de la soberanía nacional. La transformación de energía, es uno de los grandes contribuyentes para mitigar el cambio climático y las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Según el punto 7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, se debe “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”¹⁹. Según este organismo, en estos momentos hay sólidos indicios que auguran que la energía se está volviendo más sostenible y ampliamente disponible; asimismo, el acceso a la electricidad en los países más pobres comenzó a acelerarse, la efectividad energética continúa mejorando, y la energía renovable está alcanzando buenos resultados en el sector eléctrico.

Es importante indicar, que la energía se utiliza como calefacción, refrigeración, luz y transporte, y las principales fuentes actuales comprometen los recursos que en algún momento se terminarán, o generarán impactos irremediables sobre el medio ambiente. Por este motivo, abordar estos temas es una cuestión primordial para pensar estratégicamente el

¹⁹ Objetivos de Desarrollo Sustentable. (s.f.). *Objetivo 7*. Naciones Unidas.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

funcionamiento de la sociedad a futuro. La administración y las políticas de las energías por parte del Estado, como así también la de la cadena que lo transporta y las tecnologías de transformación, influyen, de manera directa sobre la población, generando un impacto más alto sobre los sectores más vulnerables.

Acuerdos Internacionales

En el mundo, existen numerosos programas internacionales que permitirían acelerar la implementación de los vehículos eléctricos. A continuación, se enumeran algunos de ellos:

- **EVI:** un proyecto compuesto por un foro donde participan varios países, y que conlleva políticas para implementar la producción y uso de los vehículos eléctricos. Fue lanzado por Ministerio de Energías Limpias (CEM), y participan catorce países: Canadá, Francia, Japón, Noruega, Chile, Alemania, Holanda, Suiza, China, India, Nueva Zelanda, Reino Unido y Finlandia.
- **EV30@30:** un programa que tiene como objetivo para el 2030 transformar el 30 % de los vehículos que funcionan a combustible a eléctricos. El proyecto pretende fomentar el desarrollo de los autos eléctricos, vans, colectivos y camiones; además, fomenta el desarrollo de la infraestructura de energía para los vehículos.
- **Lima-París Agenda de Acciones (LPAA):** es uno de los cuatro pilares del Acuerdo de París. Es un acuerdo del que participan IEA con EVI. El objetivo es fomentar las gestiones que posibilitarían la implementación de los vehículos eléctricos en un 20 % para el 2030, con un alcance de más de 100 millones de autos y 400 millones de bicicletas.

Historia del Vehículo Eléctrico

Según diversas fuentes, no se tiene certeza acerca del creador del primer vehículo eléctrico, debido a que fue un desarrollo del que participaron muchos inventores. Se debe tener en cuenta, que hacia finales del siglo XIX y principios del XX, la electricidad gozaba de un auge cada más creciente. Según ciertas fuentes, Francia y el Reino Unido fueron pioneros y promotores del desarrollo de los vehículos eléctricos. Se puede señalar, que entre el año 1832 y 1839, el escocés Robert Anderson desarrolló un vehículo propulsado por celdas eléctricas no recargables.²⁰

²⁰ Bellis, Mary. (23/03/2019). "The History of Electric Vehicles Began in 1830". <https://www.thoughtco.com/history-of-electric-vehicles-1991603>

Otro ejemplo que se podría citar, es un vehículo de tres ruedas que fue puesto a prueba a lo largo de una calle de París en abril del año 1881 por el inventor francés Gustave Trouvé.²¹

Asimismo, el inventor inglés Thomas Parker, quien fuera responsable de innovaciones tales como la electrificación del metro de Londres, las líneas aéreas de los tranvías en las ciudades de Liverpool y Birmingham, construyó en 1884 el primer coche eléctrico en Londres.²²

Desde comienzos del siglo XX, el coche eléctrico empezó a perder importancia en la sociedad, por diversas razones. Una de estas razones fue el descubrimiento de grandes reservas de petróleo y del desarrollo exponencial del vehículo a gasolina, con una mayor autonomía en los recorridos y considerables mejoras tecnológicas, como fueron: el arranque eléctrico, en lugar del arranque a manivela, creado por Charles Kettering en 1912, y el desarrollo del silenciador, que Hiram Percy Maxim inventó en 1897. Estas cuestiones, sumadas al desarrollo a nivel industrial impuesto por el fordismo²³, ocasionaron algunas de las razones más importantes para que se impusiera el coche a gasolina sobre el eléctrico.

Caracterización de la Flota Vehicular

En este apartado, se analizará la flota vehicular objeto de estudio de este trabajo, con sus características cualitativas y cuantitativas, perteneciente a una compañía energética.

Base de los Datos

Los datos utilizados para este estudio corresponden al reporte de seguimiento de los vehículos de la compañía. Cada vehículo posee un dispositivo electrónico de seguimiento satelital y de control de kilómetros recorridos; a su vez, se reportan otros datos, como la velocidad y la ubicación geográfica. Por otra parte, se poseen los datos de dominios (patente), marcas, modelos, años, asignaciones internas y uso de cada uno de ellos.

El periodo del reporte es mensual, y corresponde a datos históricos del año 2019. La población de estudio abarca un total de 2871 unidades.

²¹ Wakefield, Ernest H. (1994). "History of the Electric Automobile, Society of Automotive Engineers" PP 2-3.

²² Schoppert, Stephanie. (23/02/2017). "Thomas Parker Invented the First Electric Car".

<https://historycollection.com/thomas-parker-invented-first-electric-car-1884/>

²³ Sistema en la producción industrial en serie, establecido antes de la Primera Guerra Mundial.

Caracterización por Tipo de Vehículo

De acuerdo a la caracterización por tipo de vehículos, la flota liviana está compuesta por los siguientes grupos de vehículos:

1. Pick Up: son vehículos doble cabina y de doble tracción, con una caja trasera de carga descubierta con puerta, como se puede ver en la Figura 6. Se utilizan principalmente para el transporte de pasajeros, tareas de supervisión, recorridos de control, visitas a las operaciones. Sirven para realizar un uso moderado y también intensivo, dependiendo de la zona geográfica, el clima y el estado de los caminos. Los vehículos más utilizados poseen una motorización 2.2 litros diésel.

Figura 6

Vehículo Pick Up



Nota. Ford Argentina S.C.A.²⁴

2. Autos – Sedán del Segmento B y E: son vehículos de cuatro puertas, con baúl con tapa separado de la cabina, como se puede advertir en la Figura 7. Se usan específicamente para el transporte de pasajeros y para tareas comerciales. Poseen, por lo general, un uso moderado a mixto. Los más utilizados en la flota poseen una motorización de 1.6 litros a gasolina.

²⁴ <https://www.ford.com.ar/crossovers-suvs-4x4/nueva-ranger/models/nueva-ranger-xl-cabina-doble-4-4-diesel/>

Figura 7

Vehículo Auto Sedán



*Nota. Ford*²⁵

3. Sport Utility Vehicle (SUV): un vehículo que combina las características de una camioneta y de un auto sedán. Son vehículos monocasco; poseen un aspecto todo terreno, como se puede ver en la Figura 8, pero pueden adaptarse fácilmente al asfalto. Los más utilizados en la flota poseen motorización 1.6 litros a combustible gasolina.

Figura 8

Vehículo SUV



*Nota. Ford*²⁶

4. Pick Up Pequeña: vehículos de uso operativo. Poseen una cabina simple, con caja trasera que puede ser cubierta o no, como se puede advertir en la Figura 9. La altura al

²⁵ <https://www.ford.com.ar/content/dam/Ford/website-assets/latam/ar/posventa/mantenimientos/%20programados/Focus/far-posventa-mantenimiento-focus-propietario.pdf>

²⁶ <https://www.ar.ford.com/uploads/FichasTécnicas/ecosport.pdf>

piso es similar a la de un sedán. Poseen un uso moderado, y una motorización 1.6 litros a combustible gasolina.

Figura 9

Vehículo Pick Up Pequeña



Nota. Volkswagen Argentina S.A.²⁷

5. SUV 2: dentro de este grupo de menor tamaño, se encuentra una SUV de mayor tamaño y confort. También se encuentra en este grupo la furgoneta, que se utiliza en servicios técnicos y operativos. Estos vehículos poseen un uso moderado a mixto, y una motorización 2.0 diésel. Son vehículos unificados en un mismo grupo, por el bajo impacto en el total.

²⁷ https://www.volkswagen.com.ar/es/configurador.html/_app/saveiro.app?---=%7B%22filter-service%22%3A%22%2F%3FbodyType%3DPick-Up%22%7D&activeTrimIndex-app=1

Figura 10

Vehículo SUV 2 y Furgoneta

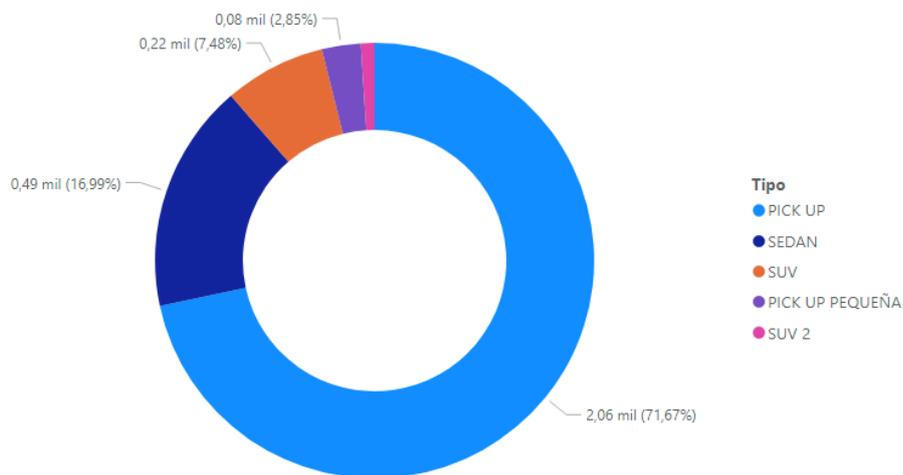


Nota. Cars Magazine y Mercedes Benz Argentina S.A.²⁸

A continuación, como se puede observar en la Figura 11, se muestra un gráfico sobre cantidades y porcentaje, por cada grupo de vehículos definidos:

Figura 11

Composición de flota por tipo de vehículo



Nota. El gráfico representa la composición vehicular y los dos grupos con más participación son la pick up, en celeste, con 71,67 %, y el auto sedán, en azul, con 16,99 %, ambos suman el 88 % de la flota.

²⁸ Cars: <http://www.cars.com.ar/noticia/2851/test-drive-toyota-sw4-30-tdi-srv-c-cuero> y Mercedes Benz Argentina S.A.: https://www.integralmercedes.com.ar/wp-content/uploads/2017/10/sprinter_furgon.pdf

Según la localización geográfica, la flota se encuentra prestando servicios en el territorio nacional de la República Argentina en 17 de las 24 provincias. Como se puede ver en la Figura 12, se puede observar el mapa con el detalle de las marcas donde la empresa posee lugares de producción, operación y servicio. A las bases de dichos puntos se los denominará Centro Físico Usuario (CFU).

Cada CFU posee una única ubicación, que está definida por la latitud y la longitud. Se considera que los vehículos, en su mayoría, poseen como base dichos centros. Asimismo, se pueden agrupar por provincias y por tipo de vehículo.

Tabla 1

Cantidad de vehículos por provincia por tipo

Provincia	PICK UP	PICK UP PEQUEÑA	SEDAN	SUV	SUV 2	Total
Neuquen	728	3	16	109	4	860
Buenos Aires	302	63	332	61	12	770
Santa Cruz	366		8	6		380
Mendoza	267	8	52	18	2	347
Chubut	224		12	16		252
Tierra del Fuego	64	2			7	73
Santa Fe	34	2	26	3	2	67
Cordoba	29	2	23	1	1	56
Salta	14		7		1	22
Corrientes	4		8	1		13
San Juan	10					10
Chaco	4	1	1			6
San Luis	5	1				6
Entre Rios	4					4
Tucuman	1		2			3
La Pampa			1			1
Rio Negro	1					1
Total	2057	82	488	215	29	2871

Nota. La tabla muestra tipos de vehículos por provincia y se observa que las pick ups se encuentran en las regiones de Cuyo y Patagonia, y los sedán en la zona pampeana.

Caracterización por Actividad Vigente

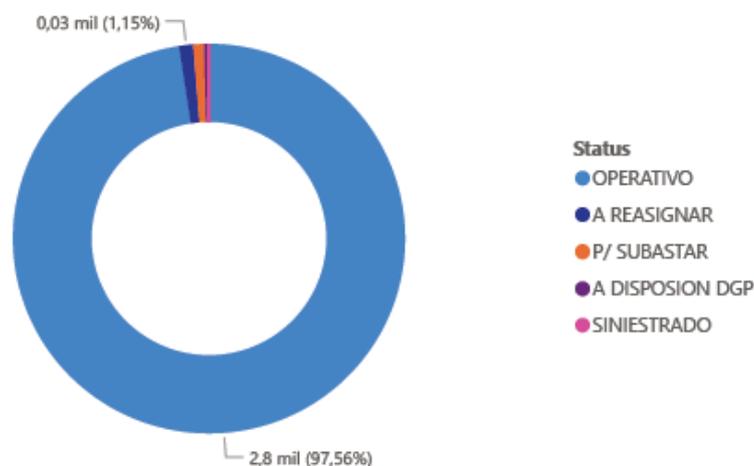
Según la actividad vigente, en el momento del relevamiento, se clasifican en:

- Operativos: son los vehículos de la población que están en servicio.
- A Disposición: son vehículos que están a disposición para dar de baja.

- A Reasignación: son los vehículos que se están reasignando de sector.
- A Subastar: son vehículos que serán vendidos, prontamente, por medio de subasta.
- Siniestrado: son los vehículos siniestrados.

Figura 13

Composición de la flota por estado



Nota. Se observa que más del 97 % de los vehículos se encuentran en estado *Operativo* o sea en servicio.

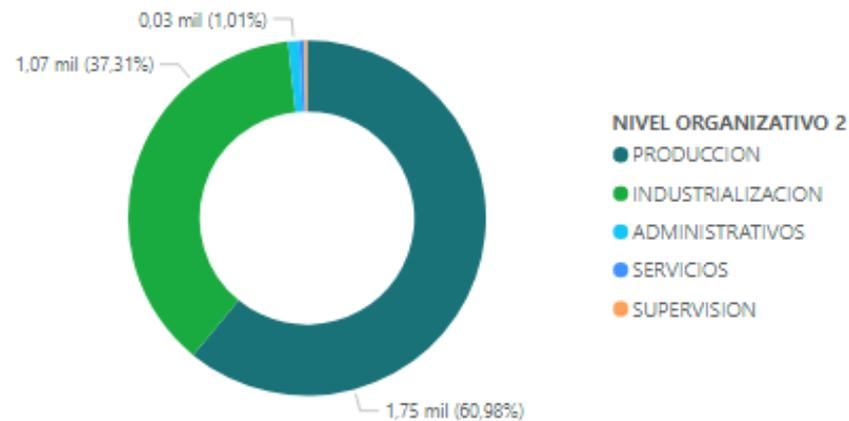
Caracterización por Unidad de Negocios

En este caso, puntualmente se puede sectorizar la pertenencia del vehículo según las unidades de negocios de la compañía:

- Producción: vehículos asociados a la producción de la compañía.
- Industrialización: vehículos utilizados en la producción industrial.
- Administrativos: vehículos asociados al comercio, marketing y asuntos jurídicos.
- Servicios: vehículos utilizados a operaciones diversas.
- Supervisión: vehículos asociados al área de supervisión.

Figura 14

Composición de la flota por actividad



Nota. Más del 90 % de los vehículos se utilizan en Producción e Industrialización.

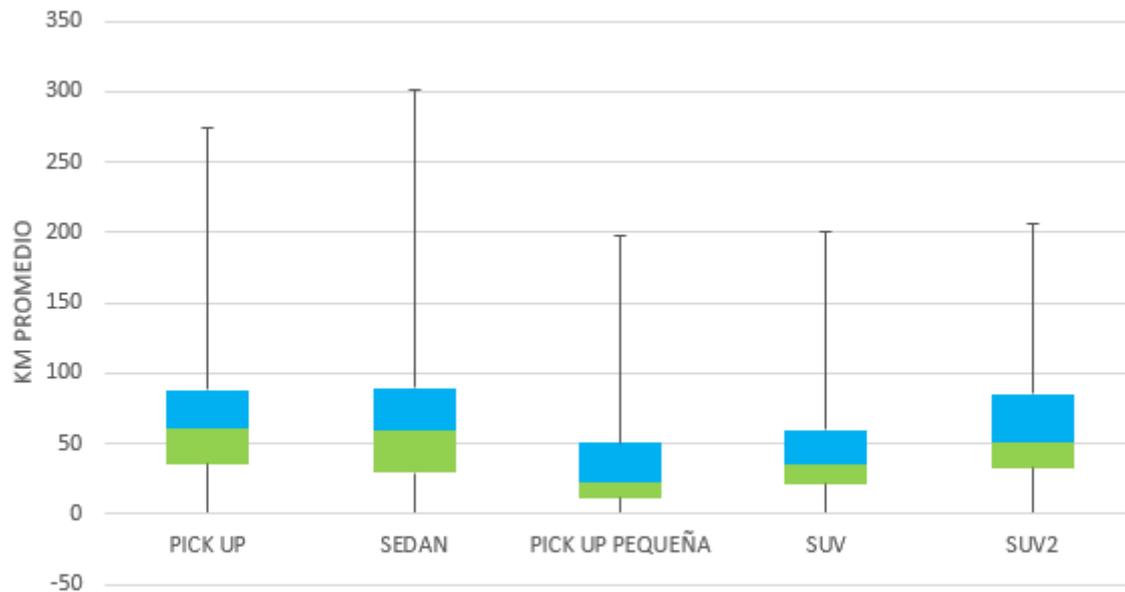
Caracterización por Distancia Recorrida

Se puede caracterizar según la distancia promedio recorrida, por cada tipo de vehículos. A tal efecto, se van a describir dos variables:

- Promedio Mes: es un dato derivado del reporte del sistema de seguimiento, que señala el recorrido mensual promedio mes por cada grupo de vehículos. La unidad de medida que se tomará en el recorrido es el kilómetro.
- Promedio Diario: se define tomando el dato del mes dividido en veinte días. La unidad de medida que se tomará en el recorrido es el kilómetro.

Figura 15

Dispersión de recorrido promedio diario por grupo de vehículos



Nota. Cada grupo de vehículos posee sus cuartiles, puntos extremos. El promedio total es de 62,93 km, lo equivale a 15.120 km/año (63 km x 20 días x 12 meses).

Caracterización por Tipo de Caminos

Los vehículos se pueden caracterizar por tipos de camino recorrido, donde se pueden disociar en dos conjuntos:

- Caminos Urbanos: son caminos pavimentados de ciudades y rutas. Los autos sedán, pick ups pequeñas y SUV, son los vehículos que, en la mayoría de los casos, recorren estos caminos.
- Caminos Rurales: en este sentido, se describen caminos que no están pavimentados. Son caminos de ripio, caminos zonales, rutas provinciales y nacionales. Poseen un mantenimiento periódico realizado por entes públicos, como es la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), o las direcciones de vialidad de cada provincia, o entes privados, que generalmente, son empresas que utilizan estos caminos. Las pick ups son los vehículos que mayormente recorren estos caminos.

En referencia a los caminos rurales, es importante destacar que, según un informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Argentina posee solamente un 15 % de sus vías pavimentadas de un total de 509,090 km.²⁹

Si bien no se poseen datos certeros acerca de cuántos kilómetros recorre cada vehículo en caminos rurales o caminos urbanos, se estima que el 75 % de los kilómetros se realizan sobre caminos rurales; este dato corresponde a los kilómetros recorridos por el grupo de las pick ups.

Ámbito de Estudio

Si se realiza un estudio minucioso sobre las caracterizaciones de los puntos anteriores, así como también acerca del impacto de cada grupo, se puede focalizar el reemplazo en los grupos de pick ups y autos sedán. Esto se puede examinar de acuerdo a las siguientes razones:

- La camioneta pick up es el vehículo que más participación y uso posee del relevamiento, alcanzando un 71 %. La pick up es un vehículo robusto y se encuentra preparado para el tipo uso que se le da. Esto se debe a los climas que soporta y al terreno por el que transita en el campo operativo de trabajo, y también, es exclusiva para recorrer trayectos para llegar a los lugares más remotos del país.
- El auto tipo sedán es utilizado, sobre todo, en urbanizaciones, sobre caminos pavimentados y en áreas internas industriales.
- Ambos grupos, las pick ups y los autos sedán, representan el 90 % de la flota.
- Los grupos de pick up pequeña, SUV y SUV 2, se pueden sustituir utilizando la misma metodología de estudio; existen alternativas variadas de EV, enfocadas en dichos segmentos.

Energía Utilizada en el Transporte

Con la finalidad de calcular la energía utilizada en el transporte en estudio, previamente es fundamental mencionar algunos conceptos de manera precisa.

²⁹ Pérez. G. (2020). Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial. *Boletín FAL 377*, N.º 1, CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45781/1/S2000418_es.pdf

Combustibles de los ICE

Los vehículos de la flota analizada se alimentan de gasolina (también denominada nafta en algunos países de América Latina) y gasoil (también denominado diésel). Estas fuentes de energía son derivadas del petróleo y son del tipo energías secundarias:

- Gasolina

Es una combinación compleja de hidrocarburos, compuesta principalmente de hidrocarburos parafínicos y aromáticos. El proceso de elaboración se obtiene por medio de cuatro etapas: fraccionamiento, craqueo, reformado catalítico y depuración. Contiene aditivos específicos multipropósito, y el ciclo de combustión es el Otto. Todos los autos sedán se alimentan con gasolina, dado que puede ser utilizada para motores pequeños.

- Gasoil

Es una combinación compleja de hidrocarburos, producida por la destilación y la purificación del petróleo crudo, pero compuesta de hidrocarburos con un número de carbonos más extenso que la gasolina. Funciona con el ciclo diésel, puesto que utiliza compresión para la ignición. Debido a su mecánica, los motores diésel son más grandes y los usan las camionetas pick up.

Ambos combustibles son insolubles en agua. La empresa estatal argentina YPF, presenta una serie de fichas donde se pueden observar, de manera detallada, los aspectos técnicos de ambos combustibles.³⁰³¹

Etiqueta Vehicular

La etiqueta de Eficiencia Energética Vehicular (EEV), constituye un suministro de información relevante sobre el consumo específico de combustible de un vehículo y las emisiones de CO₂ generadas por dicho consumo. Esto puede advertirse claramente en la Figura 16.

³⁰ YPF S.A. Ficha Técnica N° 22. “Nafta Infinia”. <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/Nafta-infinia.pdf>

³¹ YPF S.A. Ficha Técnica N° 23. “Infinia Diesel”. <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/Infinia-Diesel.pdf>

Figura 16*Etiqueta de Eficiencia Energética Vehicular*

Nota. Etiqueta de eficiencia energética para vehículos motorizados livianos y medianos. Tomado de Ministerio de Energía de Chile.³²

Importancia internacional

Existen diversas organizaciones en el mundo que miden las emisiones de los vehículos, una de ellas es la International Council of Cleaning Transportation (ICCT). Esta entidad es independiente, sin fines de lucro, y se encarga de suministrar información de primer nivel, imparcial, técnica y científica, acerca del análisis para la correcta utilización de regulaciones ambientales. Esta organización tiene la misión de mejorar el desempeño ambiental y de la eficiencia energética del transporte marítimo, aéreo y por carreteras, con el objetivo de mejorar la salud pública y el cambio climático. Se encuentra presente en China, Europa, India, América Latina y EE. UU. Específicamente, la ICCT en América Latina está presente en Brasil y en Chile.³³

³² <http://www.consumovehicular.cl/etiqueta/su-contenido>

³³ International Council on Clean Transportation. (s.f.). Official fuel efficiency and CO₂ emission data sources. ICCT. <https://theicct.org/tools-fuel-efficiency-co2-data/>

Importancia en América Latina

En América Latina la etiqueta de eficiencia energética vehicular no se encuentra presente en demasiados países. En el caso de la Argentina, la etiqueta vehicular está legislada, desde el año 2017, por la Resolución N° 797-E 2017, del Ministerio de Desarrollo Sostenible. Según se indica en la página de dicho ministerio, entró en vigencia a partir del año 2019. Los datos informados en la etiqueta son medidos de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma IRAM/AITA 10274-1, y el formato de la etiqueta se circunscribe a la norma IRAM/AITA 10274-2. Si se consulta la base de datos del ministerio, esta se encuentra desactualizada, lo que evidencia una falta de compromiso con dicha resolución. Los datos obtenidos no provienen de las etiquetas oficiales, sino que se identifican a partir de una respuesta a una consulta con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Según esta consulta, las etiquetas solo tienen en consideración el CO₂, puesto que las normas IRAM/AITA 10274-1 se basan en el Reglamento N° 101 de las Naciones Unidas.³⁴

En Chile, por su parte, el Ministerio de Energía posee una base de datos y un comparador de emisiones de vehículos.

No fue posible incluir los datos de Brasil, dado que al momento de realizar el relevamiento no se disponía de información sobre el tema.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, para este trabajo se utilizan las etiquetas de Chile, donde se seleccionan los vehículos de similar modelo y motorización a los de Argentina. Se detalla la etiqueta de consumo vehicular como referencia, puesto que es la que se escoge como ensayo bajo las normas internacionales EURO 5 y TIER 2 B5.

³⁴ Este Reglamento, plantea una serie de disposiciones uniformes relativas a la homologación, por una parte, de vehículos de pasajeros impulsados únicamente por un motor de combustión interna o por una cadena de tracción eléctrica híbrida, respecto a la medición de la emisión de dióxido de carbono y el consumo de carburante o bien del consumo de energía eléctrica y la autonomía eléctrica y, por otra, de vehículos de las categorías M1 y N1 impulsados únicamente por una cadena de tracción eléctrica, respecto a la medición del consumo de energía eléctrica y la autonomía eléctrica (Diario Oficial de la Unión Europea. (2012). *Actos Adoptados por Órganos Creados Mediante Acuerdos Internacionales*. Unión Europea).

Tabla 2*Emisiones de CO₂ por ICE*

Marca	Modelo	Motor	Consumo mixto (lts/100 km)	Consumo mixto de combustible (km/l)	Emisiones NEDC (gr/km)
Ford	Ranger CD 4X4	4x4 2,2 Diesel	7,1	14,08	205
Ford	Focus 5 P Sedán	1,6 Sigma I-4 Nafta	6,55	15,27	152,55

Nota. La tabla muestra el consumo de combustibles y emisiones vehiculares por tipo de motor. Tomado de Ministerio de Energía de Chile. Los valores de emisiones son similares en ambos países, tanto Argentina y Chile, pero se consideran las Etiquetas Oficiales de Chile como referencia para los cálculos por pertenecer este país al ICCT lo que se supone hace que su información sea verificada por dicho organismo.

Cálculo del Consumo de los ICE

Teniendo a disposición los datos de los kilómetros promedio recorridos, así como las etiquetas de eficiencia energética para cada tipo de vehículo, se puede calcular el promedio de consumo anual en litros de combustible. Para lograr una eficacia en cuanto a los datos, se segmenta por tipo de vehículo, como se puede advertir en la Tabla 3.

Tabla 3*Energía utilizada en el transporte*

Tipo	Litros	Densidad (kg/Litro)	Factor a TEP	TEP
PICK UP	2,301,491.69	0.845	1.020	1,983.66
SEDAN	488,170.27	0.735	1.03 5	371.36
Año	2,789,661.96			2,355.02

Nota. La gasolina y gasoil poseen distinta densidad y factor de conversión a TEP según Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Los consumos estimados son un piso del consumo real, dado que, si se ajusta el consumo al parque en función de su antigüedad, el consumo podría ser mayor.

Calculo de las Emisiones de los ICE

Con la disposición de los datos de las mediciones de los kilómetros recorridos y de las etiquetas de eficiencia energética, se pueden calcular las emisiones de CO₂ anual en kg de los vehículos. De esta manera, las emisiones de CO₂ son de 7.780³⁵ t/año. En este sentido, se puede determinar que el mayor grupo de emisiones corresponde al de las pick ups.

Caracterización según Necesidad

Se debe mencionar, que existen muchas marcas y modelos de EV en el mundo; por otra parte, las automotrices están planificando una transformación en relación a la producción total de ICE a EV. Para el presente trabajo, se lleva a cabo un relevamiento de los principales EV, y se define con qué vehículos continuar.

Pick Up

Se establece un listado con las pick ups que EE. UU. planifica comercializar, puntualizando los lanzamientos programados en el período comprendido entre 2021 y 2025. Estas fechas han sido reprogramadas, y sus etapas pueden verse modificadas nuevamente por

³⁵ Siete mil setecientos ochenta toneladas por año. Calculo: ICE x km/Año x CO₂ Tn/km.

la pandemia del COVID-19. Es importante mencionar, que en América Latina no se fabrican pick ups.

De estos tipos de vehículos existe abundante información pública con respecto a las especificaciones técnicas, rangos de autonomía y valorizaciones de páginas especializadas para los vehículos eléctricos.

En la Tabla 4 puede observarse el detalle sobre las marcas, modelos, valores económicos en EE. UU., las autonomías de las páginas oficiales de los fabricantes y/o de las páginas especializadas en el tema.

Tabla 4

Pick Ups Eléctricas

Marca	Modelo	Valor USD FOB	Bat (KWh)	Mile	Km
Bollinger Motors	B2	125.000	120	200	322
Ford	F 150 E	80.000	SD	300	483
General Motors	Hummer	79.995	SD	350	563
Lordstown Motors	Endurance	52.500	70	200	322
Nikola Corporation	Badger	60.000	120	300	483
Rivian	R1T	67.500	135	314	505
Tesla	Cybertruck Tri Motor	69.900	300	500	805
Tesla	Cybertruck Dual Motor	49.900	200	300	483
Tesla	Cybertruck Single Motor	39.900	100	250	402
Atlis	XT Pick Up	45.000	125	300	483

Nota. SD sin datos exactos. Tomado de Erik Loveday. (2021). *Electric Trucks Every Upcoming Pick Up Truck for 2021-2022*.³⁶

³⁶ <https://insideevs.com/car-lists/electric-trucks/> y <https://www.tesla.com/cybertruck>

Criterios de Selección de Pick Up

Se definen los siguientes criterios de selección:

1. Rango: se define que supere en tres veces el rango promedio de kilómetros del relevamiento de la flota de pick up: 65 km/día.
2. Doble Tracción: se considerarán solo las camionetas que poseen doble tracción 4WD (*4 wheel drive*, es decir, tracción en las 4 ruedas).
3. Seguridad: se consideran las pick up que están en la base de la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA³⁷) de los EE. UU., aunque algunas todavía no poseen su homologación.
4. Valor Económico: se considerarán las de menor valor económico.
5. Antecedentes: se consideran los EV con antecedentes de uso probado.

Se considera que la pick up seleccionada para avanzar con el desarrollo del análisis de esta investigación, es la Rivian R1T. El prototipo superó exitosamente las pruebas en Argentina, Chile, Perú y Bolivia, en condiciones de climas y superficies de extrema adversidad.

Figura 17

Rivian R1T



Nota. Rivian R1T. <https://rivian.com/r1t>

³⁷ Sigla en inglés de *National Highway Traffic Safety Administration*.

Auto Sedán

En la Tabla 5 se puede advertir la serie de autos comercializados en los EE. UU. y en la Argentina.

Tabla 5*Autos Eléctricos*

Marca	Modelo	Valor USD FOB	Bat (kWh)	EPA (Wh/Mi)	Mile	Km
Chevrolet	Bolt EV	31.000	65	281	259	417
Hyundai	Ioniq E	33.245	38	253	170	274
Hyundai	Kona E	37.390	64	281	258	415
Kia	E Niro	39.090	64	301	239	385
Nissan	Leaf S	31.670	40	304	149	240
Nissan	Leaf e +	38.270	62	312	226	364
Tesla	Model 3 Range Plus	39.990	60	225	263	423
Volkswagen	ID 4 Pro	39.995	82	347	250	402
Sero Electric	Sedán	20.000	SD	NA	31	50
Volt Motors	E1	20.000	SD	NA	93	150
Coradig	Tito	10.000	SD	NA	62	100

Nota. Información tomada de Mark Kane. (2021). *Compare Electric Cars: EV Range, Specs, Pricing & More*. Los valores son de vehículos en EE. UU., a excepción de los fabricados en Argentina.³⁸

Es importante describir en detalle las reseñas en base al análisis de la información relevada de distintas fuentes:

- Importados

Chevrolet Bolt EV: en la búsqueda de la base de NHTSA está calificado. Su precio base es de USD 31.000 en EE. UU.

³⁸ <https://insideevs.com/reviews/344001/compare-evs/>

Hyundai Ioniq: si bien es el vehículo más económico en su base price, a USD 33.245, en la búsqueda de la base de NHTSA no está calificado. En Argentina se comercializa el Ioniq Hybrid, pero los HEV no se encuentran en el alcance de esta tesis.

KIA Niro: no se comercializa en Argentina.

Nissan Leaf: se importa y se comercializa en Argentina. Su precio base en EE. UU. es de USD 31.670. En Argentina el valor, en 2021, según ACARA³⁹, fue de USD 52.940.

MINI Cooper SE: en la búsqueda de la base de NHTSA no está calificado. En Argentina no se comercializa su versión eléctrica.

Tesla Model 3: en la búsqueda de la base de NHTSA está calificado. Es el EV pionero en su tipo; posee antecedentes, y es el más vendido en el mundo.

Volkswagen ID 4 Pro S: en la búsqueda de la base de NHTSA no está calificado.

Sero Electric. Volt Motors. Coradig: en el momento del relevamiento, no se encuentran desarrollos del tipo sedán con cuatro puertas. Poseen menor autonomía, velocidad final y confort que los EV importados. Son útiles para manejos de corta distancia en ciudades y dentro de plantas industriales.

Criterios de Selección del Auto Sedán

Para el sedán se definen los siguientes criterios de selección:

1. Rango: se define que supere en tres veces el rango promedio de kilómetros del relevamiento de la flota de sedán (63 km/día).
2. Seguridad: se estipula que cumplan los sistemas de seguridad para tránsito vehicular en la vía pública urbana e interurbana. En el caso de EE. UU., las normas son las NHTSA; mientras que en el caso de Argentina, que esté homologado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
3. Valor Económico: se define que posean los menores valores económicos.
4. Antecedentes: se define un vehículo que posea antecedentes de uso en rutas.

El auto sedán seleccionado en este proyecto es el Tesla Model 3. Posee antecedentes de uso desde el año 2016, y es el más vendido y aceptado en el mundo. Asimismo, es el que posee mayor equipamiento, potencia, autonomía y tecnología.

³⁹ Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina.

Figura 18*Vehículo 100 % Eléctrico*

Nota. Tesla Model 3⁴⁰

Con respecto a los vehículos importados, se colocará en la evaluación económica el valor estimado puesto en Argentina, es decir, se considerarán los aranceles de importación correspondientes. Para la tracción, es suficiente que sea FWD o RWD, y no se requiere doble tracción.

Fuentes de Carga de los EV

Es importante señalar, que los vehículos de la flota se alimentan de electricidad. Se aspira a llevar a cabo las cargas en los puntos donde haya potencia disponible; de este modo, no sería necesario el pago de un costo adicional por el uso de la misma, es decir, en plantas industriales, en centros operativos, entre otros lugares.

Cargadores de EV

Los cargadores de los autos eléctricos son dispositivos eléctricos y electrónicos necesarios para entregar energía desde una fuente al vehículo, para que este pueda funcionar. En este apartado, se dará una breve explicación acerca de los tipos de cargadores disponibles,

⁴⁰ <https://www.tesla.com/model3>

con sus respectivas particularidades; además, se detallará qué sistema de carga se va a seleccionar para abastecer la flota de los EV del caso de estudio.

Se debe aclarar, que existen diferentes clases de cargadores, que pueden ser ordenados según sus características técnicas y de funcionalidad; los EV ya tienen incorporado un cargador de fábrica, que puede ser utilizado de manera inmediata, es decir, una vez adquirida la unidad.

Clasificación según Diseño

Wall Box (caja de pared): son cargadores que van colgados sobre una pared; poseen un cable alargador con un *plug in* (conexión) para conectar al vehículo. Se utilizan para realizar cargas en hogares o departamentos de vivienda particular.

Post: son postes cargadores, como se puede advertir en la Figura 19. Poseen más funcionalidades para el operador y para el usuario. El dispositivo puede controlar variables del despacho de carga en varios vehículos; asimismo, tiene incorporada una pantalla de control de fácil acceso. También, cuenta con comunicación adicional ethernet, 3G/GPRS. Se utilizan, mayormente, en shoppings, parkings, empresas, hoteles y aeropuertos.

Figura 19

Poste Cargador



Nota. Carlos D. K. (2019).⁴¹

⁴¹ DK, C. (2019). Los cables y adaptadores para coches eléctricos más vendidos del 2020. *MovilidadCero*. <https://movilidadcero.com/los-cables-y-adaptadores-para-coches-electricos-mas-vendidos/>

Quick Charge (QC, carga rápida): son puntos de carga que poseen alta potencia, de 25 a 50 kW. Se utilizan para realizar una carga rápida, dado que el vehículo se carga en media hora aproximadamente. Poseen funcionalidades para operador y para usuarios. Se usan en flotas de vehículos, estaciones y centros comerciales.

Se debe aclarar, que las Wall Box son para uso hogareño, mientras que las QC son para electrolinerías (estación de carga eléctrica). El Poste Smart, en base a sus características de funcionalidad, es la fuente de carga seleccionada para el presente proyecto sobre flotas de empresa.

Clasificación según Modo Operativo

Modo 1 (AC): corresponde a una carga lenta, ya sea en una casa o en un departamento. No presenta una comunicación entre EV y cargador. Se utiliza, preferentemente, para realizar cargas por la noche. Se usa para e-bikes, monopatines y vehículos eléctricos pequeños. Utiliza tensión de red monofásica de 220 V. La potencia que puede entregar el punto es de aproximadamente 3,7 kW.

Modo 2 (AC): es similar al anterior. Lo que incorpora, es un sistema de protección y de control; esto permite controlar micro cortes del vehículo con la red. La intensidad es de 16 A y puede llegar hasta 32 A. Generalmente, usa un adaptador entre la red y el EV.

Modo 3 (AC): es de carga semi-rápida, y se realiza con un cable de carga conectado de forma fija en el punto de carga y un conector para vehículos. Es exclusivo para EV cars, puesto que monitoriza la carga y detecta la conexión al vehículo. La corriente es de 32 A a 63 A. La potencia es de 8 a 14 kW. En sistema trifásico es de 63 A y de 22 a 43 kW de potencia. Normalmente, utiliza tecnologías de redes inteligentes para su correcto control.

Modo 4 (DC): este modo se usa, por lo general, en estaciones de servicio. El punto de carga posee un transformador AC/DC con un cable de conexión. Poseen sistemas de seguridad y control del punto de carga y comunicación con el EV. Se enchufa al EV y en treinta minutos se logra obtener el 80 % de la carga de la batería, dependiendo de la tecnología de uso. La tensión es de hasta 600 V, y la corriente hasta 400 A. Las potencias son de 125 a 240 kW. Generalmente, se deben realizar adaptaciones eléctricas; esta situación genera que la infraestructura sea costosa.

Cabe indicar, que los Modos 1 y 2 son convenientes para las funcionalidades hogareñas, bicicletas, monopatines y motos eléctricas. Debido a sus características y funcionalidades, los sistemas que cumplen con el proyecto son los Modos 3 y 4. Dentro de

esta clasificación, se elegirán los cargadores de menor costo, es decir, los de AC; por consiguiente, se elige el Modo 3.⁴²

Clasificación de Conectores

Los conectores son necesarios para el ciclo de carga de las baterías de manera segura. Existen diversos tipos y modelos de conectores, y estos son seleccionados por los fabricantes de los autos. Cabe indicar, que hay estructuras de uso en cada región. Asimismo, hay una alta competencia por la estandarización de los conectores y, también, por el dominio del mercado mundial. Esta situación parece indicar que la tendencia futura estriba en una unificación de los mismos en los puntos de carga. A continuación se detallarán los más utilizados:

SAE J1772. Tipo 1: es uno de los más usados. Está diseñado para fase simple de 120 a 240 V, es utilizado en EE. UU. y en Japón. Cuenta con 5 bornes: 2 de corriente, 2 de comunicación y 1 a tierra. Algunos vehículos que utilizan estos conectores son: Nissan Leaf, Chevrolet Bolt Eléctrico, Chevrolet Volt Híbrido, Fisker Karma, Coda Automotive Sedán, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Mitsubishi i-MiEV, Honda Fit EV (concept), Ford Focus Electric, Smart electric drive, Tesla Roadster, Tesla Model S, Renault Kangoo Z.E o Renault Fluence Z.E. Corriente: 16-80 A. Tensión: 120-240 V. Potencia: 1,2 -19 kW. Nivel: 1-2.

IEC 62196 Tipo 2 (Mennekes, por la fábrica alemana): es para carga trifásica. Cuenta con 7 bornes: 3 fases (neutro, descarga y comunicación con vehículo). Se utiliza en la Unión Europea. Algunos vehículos que utilizan estos conectores son: Tesla, Mercedes Benz y Nissan 2018. Corriente: 63 A. Tensión: 250-400 V. Potencia: 22 kW. Nivel: 1 y 2.

SAE J1772 DC CCS Combo 1 Connector Type 1 (conector único combinado): es usado para corriente continua y alterna AC/DC, en EE. UU. y en Japón. Posee dos PIN línea 1 y 2, tierra, detección, piloto, energía continua. Corriente: 200 A. Tensión: 200-600 V DC. Potencia: 125 kW. Nivel: 3.

EU DC CCS Combo 2 Connector Type 2 (conector único combinado): es utilizado para corriente continua y alterna AC/DC; se usa en todo el mundo, especialmente en la Unión Europea. Posee 5 PIN: dos PIN línea 1 y 2, tierra, detección, piloto, energía continua. Corriente: 65-200 A. Tensión: 200-850 V DC. Potencia: 13-175 kW. Nivel: 2-4

⁴² De Aragón, E. (2018). Modos y tipo de carga de un vehículo eléctrico. *Movilidad Eléctrica*. <https://movilidadelctrica.com/modos-y-tipos-de-carga-de-un-vehiculo-electrico/>

Chademo Yazaki Connector: es un conector para carga rápida DC. Posee 10 pines: cuatro de señal analógica, dos de señal digital, uno de tierra para las señales de control entre el EV y el cargador. Se usa en Japón y en EE. UU.; en la Unión Europea se utiliza en modelos como Nissan y Mitsubishi. Corriente: 120 A. Tensión: 500 V DC. Potencia: 60 kW. Nivel: 4.

Tesla Charging Connector: es un conector de 1 a 3 fases. Posee 5 PIN, dos PIN línea 1 y 2, neutro, proximidad, control, piloto y confirmación. Corriente: 12 -80 -100 A. (1-3 fases). Tensión: 110-250-480 VDC. (1-3 fases). Potencia: 1,32-19,26-48 kW. Nivel: 1-3. Modo: 1-4.⁴³

El conector que se va a utilizar en este proyecto es el EU DC CCS Combo 2 Connector Type 2. Si bien es utilizado inicialmente en la Unión Europea, una de las razones por la que se lo seleccionó, es porque Tesla, como muchas otras marcas, en los súper cargadores comenzó a implementarlo en el año 2019.

Figura 20

Conector CC2 Combo Type 2



Nota. Mark Kane (2018).⁴⁴

⁴³ EV. Institutec. "Plug in around the world".

http://www.ev-institute.com/images/media/Plug_World_map_v4.pdf.

⁴⁴ European CCS (Type 2 / Combo 2) conquers World – CCS Combo 1 Exclusive to North America.

<https://insideevs.com/news/333637/european-ccs-type-2-combo-2-conquers-world-ccs-combo-1-exclusive-to-north-america/>

Energía del Transporte en EV

Se calcula el consumo energético utilizando EV:

Tabla 6

Energía de Transporte en EV

Tipo	Consumo kWh/100 km	kWh	MWh	TEP
PICK UP	30	486.075,05	486,08	41,79
SEDAN	14,7	54.789,55	54,79	4,71
Mensual		540.864,59	540,86	46,51
Año		10.817.291,82	10.817,29	930,12

Nota. Factor de conversión MWh a TEP es 0,086.

Se observa que, según lo presentado en la Tabla 3, los ICE utilizan 2.355,02 TEP, cuando los EV usan 930,12 TEP. Por lo tanto, se debe concluir, que los EV usan 1,53 veces menos de energía que los ICE.

Emisiones del Transporte en EV

Los vehículos eléctricos no generan emisiones de gases. No obstante, la generación de electricidad sí produce emisiones, pero no ocasiona el mismo impacto. Existen diferentes estudios y publicaciones que analizan este tema, pero que excede el objeto de este trabajo, el cálculo de las emisiones de CO₂ por generación, transporte y distribución de energía eléctrica. De todos modos, se encuentran valores oficiales de las emisiones de CO₂ de la matriz energética de Argentina, el cual es del 0,30 TN CO₂/MWh.⁴⁵ De esta manera, se puede calcular la emisión de CO₂, tal como se advierte en la Tabla 7.

⁴⁵ Compañía Administradora del Mercado Eléctrico S.A. (2020) *Informe Anual* <https://cammesaweb.cammesa.com/informe-anual/> y Factor de Emisión Promedio 1990-2019 SADI.

Tabla 7*Emisiones de Transporte en EV*

Tipo	Km	Consumo		
		kWh/100 km	kWh	MWh
PICK UP	1.620.250	30	486.075	486,08
SEDAN	372.718	14,7	54.789	54,79
Mensual	1.992.968		540.864	540,86
Año	39.859.3630		10.817.2912	10.817
Tn Co2/MWh				0,30
Tn CO2				3245

Se puede advertir, que los ICE generan 7780 Tn de CO₂ (Tabla 7), mientras que los EV generan 3245 Tn de CO₂. Por tratarse de una empresa de energía, en los centros de generación 100 % renovables, las emisiones producidas equivalen a cero.

Estrategia de Carga

Es necesario, en el marco de este trabajo, analizar varios elementos particulares de la demanda, para definir la forma de carga de los vehículos. A continuación, se pueden observar estas características específicas:

1. Recorrido: este factor corresponde a la distancia que se necesita recorrer con el EV.
2. Ventana de carga operativa: es el tiempo que se dispone para la recarga del EV.
3. Tasa de carga del EV: es la potencia de carga sobre la capacidad de la batería, viene dado por varios factores: el EV, el tipo de cargador, el conector y la carga remanente de la batería. La unidad de medida es (C).
4. Tamaño de la batería: es la capacidad eléctrica de almacenamiento que posee el EV. Depende de cada vehículo, y se mide en kWh.
5. Consumo: es el consumo del EV por distancia. Se mide su promedio en zona urbana, ruta o combinada; la unidad de medida es Wh/km o Wh/mi.

Teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente y considerando la información de la flota, es preciso estimar los siguientes puntos:

Punto 1 – Recorrido: el recorrido requerido es tres veces el recorrido promedio de cada grupo, es decir, 198 km para la pick up y 192 km para el auto sedán. Los modelos seleccionados cumplen con este punto.

Punto 2 – Ventana de carga: por ser de uso de trabajo diurno, se debe indicar que los vehículos no tienen actividad nocturna desde las 22 h a las 6 h. La ventana de carga disponible es de 8 h. En casos excepcionales, se puede planificar una carga diurna. De esta manera, se programa la carga fuera de los picos diurnos de consumo de la red eléctrica, donde, se posee la posibilidad de acceder, en un futuro, a tarifas diferenciadas nocturnas.

Punto 3 – Tasa de carga: esto implica una restricción en el caso de realizar viajes largos, donde se debe efectuar una interrupción de la marcha para cargar electricidad y poder continuar el viaje. Es adecuado para realizarlo con cargadores estándar de media potencia de 11 a 43 kW. No se requiere un súper cargador de 250 a 300 kW.

Punto 4 –Tamaño de la batería: el tamaño de batería de los vehículos seleccionados es suficiente para el recorrido promedio que realizan los vehículos.

Punto 5 – Consumo: el consumo de los EV es mayor cuanto mayor es la aceleración. Para el caso del presente estudio, se toman los consumos normales que se determinan en las páginas especializadas. Se considera que los EV de la flota, por pertenecer a la empresa, se manejan en los límites de velocidad permitidos, con una conducción prudente.

Tabla 8*Cálculo de Autonomía*

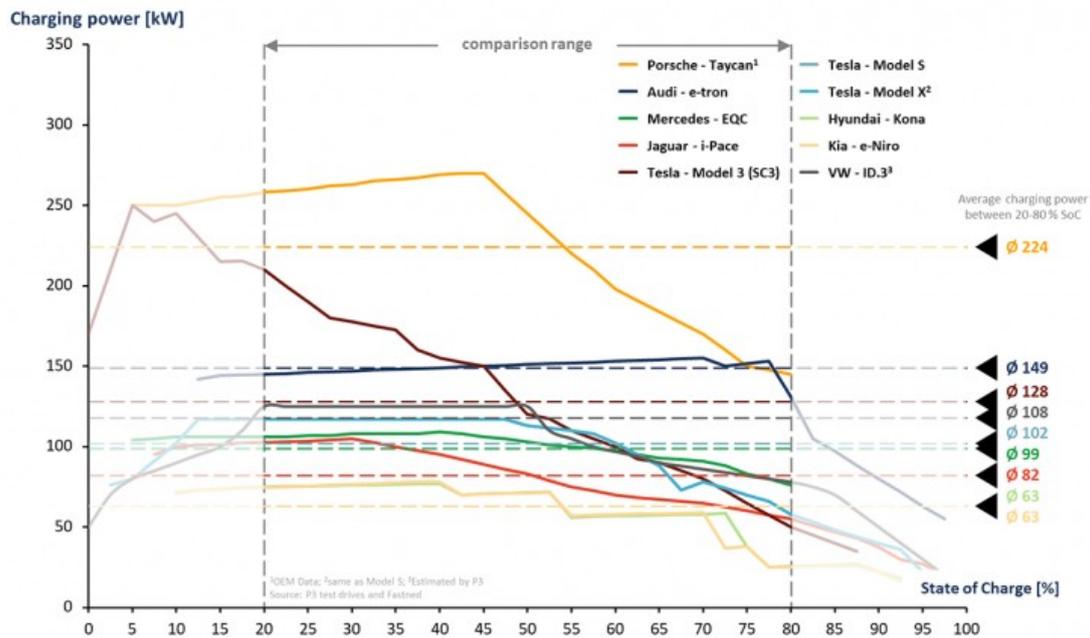
Detalle	Uni	Pick Up Rivian R1T	Auto Sedán Tesla Model 3 Range Plus
Recorrido Promedio	km	66	64
Ventana	H	10	10
Tasa de Carga	C	1 a 3	1 a 3
Bateria	kWh	135	60
Autonomia	km	505	423
Días de uso con una carga	Día	7,66	6,61

Nota. En un uso promedio ideal los EV poseen una autonomía de 6 a 7 días.

Límites de Carga

Con la finalidad de alcanzar la máxima vida útil de las baterías, es decir, de 8 a 10 años, la estrategia que se implementa es la carga lenta, programada durante la noche, a baja potencia. Para ello se establecen los siguientes límites:

- Límite inferior: se define un límite mínimo de carga; por este motivo, se recomienda cargar el vehículo, como se señala en la Figura 21. Se establece el 20 % de la carga.
- Límite superior: es límite máximo recomendado de la carga de las baterías. Se establece el 80 % de la carga.

Figura 21*Límites de carga de una batería*

Nota. Se observa un cuadro con límites de carga de 10 EV.⁴⁶

La tabla anterior, indica que el promedio de carga de 10 EV es de 63 Kw a 149 Kw. Asimismo, se observa que la potencia de carga aceptada por la batería, se encuentra entre los límites y es constante. Esto se lleva a cabo de esa manera, para disminuir el estrés que puede generarse en las baterías.

Estos límites serán denominados como límites de carga normal, y se pueden lograr con una correcta planificación operativa. Considerando lo informado anteriormente, para los vehículos que se definen en el proyecto se tendrán en cuenta los siguientes datos:

⁴⁶ Schaal, S. (2019). P3 Charging Index: Porsche Taycan derzeit bestes Langstrecken-Elektroauto. *Electrive*. <https://www.electrive.net/2019/12/13/p3-charging-index-porsche-taycan-derzeit-bestes-langstrecken-elektroauto/>.

Tabla 9*Autonomía Neta*

Detalle	Uni	Pick Up Rivian R1T	Auto Sedán Tesla Model 3 Range Plus
Límite Mínimo 20 %	km	101,07	84,65
Límite Máximo 80 %	km	404,27	338,61
Días de uso con 1 carga	Día	4,59	3,97
Límite Mínimo 20 % de Bat	kWh	27	12
Límite Máximo 80 % de Bat	kWh	108	48
Consumo Diario	kWh	18	9

Nota. El consumo diario es la potencia para un día.

Cabe mencionar, que solamente durante los viajes largos se utilizará la carga al 100 % al principio, y se podría usar un cargador más potente como los ubicados en las electrolinerías.

Cálculo de puntos de carga

Análisis de características de los puntos de carga:

- Considerando los días de uso con una sola carga, se puede advertir que los vehículos requieren una carga cada seis o siete días. A fin de calcular la estructura, se toma como un periodo conservador de seguridad de cinco días. En definitiva, del 100 % de la flota se debería tener una infraestructura para poder cargar el 20 %. Sin embargo, por funcionalidad operativa, se dispondrá del 100 % de la infraestructura de carga.
- El cargador que se utilizará será el poste, debido a las ventajas que posee, y que se detallaron en el capítulo que analizó cada tipo de cargador. Esto se debe a que la potencia es variable desde 3,7 kW a 43 kW.
- La corriente utilizada será corriente alterna AC, puesto que el costo de la infraestructura es más económico que la de DC.
- El modo es el Modo 3.
- El conector que se usará es el CCS2 Combo, debido a que la carga en las baterías se realiza de una manera más suave, con el objetivo de prolongar su vida útil.

Para una flota de 50 EV con una carga de 10 kW, se utilizarán 500 kW; esta potencia es la requerida en los puntos de carga. Por tratarse de áreas industriales, producción o centros de trabajo, se tiene conocimiento de que la mayoría de dichas áreas de negocio de la compañía energética posee más de 1 MW de potencia de consumo habitual; por este motivo, la potencia disponible en la menor demanda del horario nocturno será suficiente para abastecer a las flotas de EV, sin necesidad de una nueva infraestructura.

El consumo promedio diario esperado es 473 kW (60 km x 26,1 kW/100 km x 30 uni). Por lo tanto, cada 30 unidades se consumirían 0,5 MW. En los puntos de mayor concentración de vehículos, no se espera más de 2 MW, que a su vez corresponden a los sitios de mayor disponibilidad de energía

Ubicación de Puntos de Carga

Se establece que los puntos de carga deben estar situados en los Centros Físico Usuario (CFU), que es donde se encuentran los vehículos estacionados; estos se cargarían, generalmente, durante el horario nocturno.

Para sitios de escasa cantidad de EV (de 2 a 6 unidades), es suficiente que los puntos sean de carga simple, sin mayores complejidades con respecto a la gestión de la carga. Esto se debe a que la conexión de varios vehículos no afecta la red de manera significativa.

Para flotas numerosas (de 10 a 20 unidades), deben ser puntos de carga de energía y de despacho, y también, puntos de gestión inteligente de la energía, que posibilite la gestión de la demanda, programando las cargas según necesidad o mantenimientos, y protegiendo la red.

Es necesario definir los puntos de carga, según la flota de EV; a continuación, se presenta la estimación de la cantidad que debe tener cada punto:

- Opción 1: 5 cargadores, 10 puntos de carga.
- Opción 2: 15 cargadores, 30 puntos de carga.
- Opción 3: 30 cargadores, 60 puntos de carga.

Cada cargador dispone de 2 puntos de carga.

Se implementará un sistema que analice la potencia utilizada en el edificio, con diferentes opciones:

- Opción 1: 63 A

- Opción 2: 125 A
- Opción 3: 250 A

Para la carga de los EV, se requiere un acceso a la electricidad y a la infraestructura. Los EV incluyen un cargador incorporado, para enchufar en cualquier toma mediante adaptadores. La potencia va limitar el tiempo de carga, es decir: a más potencia, menor es el tiempo. En la flota de vehículos, la ventana es amplia; por tal motivo, no será necesario una alta potencia de carga.

Los puntos de carga se encontrarán ubicados en los CFU; la ventaja que presenta este hecho, es que se encuentran atomizados en más de 90 ubicaciones independientes. Se considera que no presentarán un alto impacto en la red eléctrica.

Gestión de Carga Dinámica (DLM)

A pesar de que la potencia es suficiente, la carga de varios vehículos en simultáneo podría producir en la práctica ciertas fallas, concretamente:

- Sobrecargas en la red
- Altos costos de infraestructura invertida
- Indisposición de vehículos cargados

La Gestión de Carga Dinámica (DLM⁴⁷) es un software que se puede utilizar en el caso de flotas de vehículos que deben ser suministrados con energía desde un mismo nodo. Este sistema está compuesto por un programa que permite administrar, de manera inteligente, el despacho de energía a varios vehículos, priorizando, optimizando y salvaguardando las fuentes de energía, y satisfaciendo las cargas requeridas de los mismos. Este tipo de sistemas poseen los siguientes beneficios:

- OCPP Ready: se pueden controlar los cargadores desde de una sala de control.
- EV Status: se controlan los EV y su carga.
- User Authentication: certifica a los usuarios con RFID.
- Offline Operations: en caso de problemas de comunicación sigue funcionando.
- Building Energy Monitoring: ajusta las cargas según la energía del edificio.
- EV charges priority: prioriza las cargas.
- Power Graphic: realiza informes estadísticos, de consumo y de funcionalidades.
- Cloud: se puede controlar toda la información desde la nube.

⁴⁷ Sigla en inglés de *Dynamic Load Management*.

Asimismo, las flotas usarán un sistema de DLM integrado para su carga dinámica.

Mapa de Cargadores de EV

Es importante señalar que existen varios mapas de redes de carga en el mundo; los mismos, se pueden ver en diferentes países con distintos tipos de *plug in* (conectores). El mapa notifica qué tipo de conector posee, dónde se encuentra la estación, y una serie de detalles de la misma. Estas páginas cumplen las siguientes funcionalidades:

- Detallan los puntos de carga
- Activan los puntos de carga
- Añaden información conveniente
- Gestionan los pagos (si aplica)
- Planifican las rutas

Si bien el objetivo no son las largas distancias, la expansión de la red de cargadores de público acceso, genera que dicha información sea provechosa para el futuro funcionamiento de los EV. Asimismo, los puntos de carga se darán de alta en este portal como empresa privada en el proyecto.

Figura 22

Mapa de cargadores en Argentina



Nota. La integración de los puntos de carga hace que la versatilidad del uso de EV sea mayor.⁴⁸

⁴⁸ El mapa ha sido generado a través de la aplicación *Electromaps*, que exhibe los mapas de estaciones de carga y puntos de recarga. (<https://www.electromaps.com/>).

Norma IEC 61851

Existen normas eléctricas que se aplican a los EV, y que son estándar para la gestión de su energía. La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)⁴⁹, es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Esta institución establece estándares internacionales para la gestión de energía y potencia de procesos industriales, médicos, de transporte y distribución, de manera segura y estableciendo un bajo impacto ambiental. La CEI está compuesto por personas que trabajan en ámbitos privados, públicos, gubernamentales e instituciones educativas. La institución publicó la Norma 61851 de carga de vehículos eléctricos en autos y camiones. Las partes de la norma comprenden:

- Las características y condiciones de funcionamiento del equipo de suministro de vehículos eléctricos.
- La especificación de la conexión entre el equipo de suministro de EV y el EV.
- Los requisitos de seguridad eléctrica para el equipo de suministro de vehículos eléctricos.

Dicha norma incluye los EV y los PHEV, y toman el total o parte de su carga. Las tensiones utilizadas son de alimentación hasta 1000 V CA y 1500 V CC, y con una salida nominal de 1000 V CA o 500 V CC.

La Norma 61851 posee ciertas variantes: requisitos generales, estaciones de carga AC, estaciones de carga DC, comunicación entre EV y estación de carga. A pesar de que estas especificaciones no afectan el análisis del presente caso de estudio, para una posible implementación futura, se recomiendan los protocolos OCPP 1.6 y 2.0. Open Charge Point Control, que ya se encuentran reconocidos a nivel mundial.⁵⁰

Necesidad 2025 - 2050

Con el objetivo de estimar la proyección de recambio a futuro de los vehículos, en principio se analizará la antigüedad de la flota y los criterios de cambio. La antigüedad de la flota se puede observar en la Tabla 10; la misma indica cuándo fueron adquiridos los vehículos. Este dato es necesario para establecer y proyectar la adquisición de los EV en reemplazo de los ICE.

⁴⁹ Conocida también con el nombre de Internacional Electrotechnical Commission (IEC).

⁵⁰ <https://webstore.iec.ch/publication/33644>.

Tabla 10*Antigüedad de la flota*

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PICKUP	67	18	63	80	395	46	370	499	324	45	71
SEDAN	29	6	22	30	61	45	49	99	51	17	54
Total	96	24	85	110	456	91	419	598	375	62	125

Nota. Los años 2012, 2014-2016 fueron los que registraron mayores adquisiciones, sumando un 71 %. No se detalla la discriminación de años anteriores al 2008.

Teniendo en consideración estos datos, se puede establecer cuál sería el factor de recambio probable de los vehículos. En este recambio, se proyecta el cambio por EV en lugar de nuevos ICE. Para los EV se definen los siguientes criterios para recambio:

- Sedán: 10 años o 200.000 km. (Se cumple lo primero.)
- Pick up: 8-10 años o 200.000 km. (Se cumple lo primero.)

Se presume que no habrá un crecimiento considerable de la flota, sino que solo se efectuarán recambios; además, no se ampliarán zonas productivas o industriales, sumado a que algunas actividades operativas se transformaron a modalidad remota debido a la pandemia de COVID-19 en los años 2020 y 2021.

La proyección de período comprendido por los años 2025 y 2050 se advierten tres cambios en el parque automotor, uno cada 10 años.

Tabla 11*Proyección de ICE por EV*

Año	2022	2023	2024	2025	2026
PICK UP	395	46	370	499	324
SEDAN	61	45	49	99	51
Total	456	91	419	598	375

Nota. Esta misma tabla se repite cada 10 años: 2032-36 y 2042-46.

Si bien se puede percibir que el 100 % de los vehículos no se utilizan de una manera constante durante todo el año, se podría analizar una optimización de su uso logístico vehicular, sin embargo, se debe mencionar, que esto no es el objetivo del presente trabajo.

Filosofía del Mantenimiento

Con la finalidad de conocer y establecer políticas de mantenimiento, se definirán en este apartado, el desarrollo de la vida útil de los vehículos, tomando como referencia la curva de la bañera.

Según estudios relevantes sobre este tema, en aeronaves de uso comercial en EE. UU., con vuelos en el año 1960, acerca de la confiabilidad y el mantenimiento, esta curva, detalla la tasa de fallas de un equipo durante su vida útil. La curva está compuesta por tres partes:

1. Zona de arranque: en esta etapa se presenta un número elevado de fallas; es necesario seguir la recomendación de los fabricantes.
2. Zona normal o estable: abarca la mayor parte de vida del equipo. Las fallas pueden suceder por un uso fuera de las especificaciones de diseño, por cortes de energías, y por impactos; también, puede haber fallas por falta de lubricación o mantenimiento.
3. Zona de desgaste: es el final de la vida útil de los equipos o materiales. Las fallas comunes son por desgaste mecánico, fatiga, corrosión, termofluencia, erosión y daños

por hidrógeno. En esta etapa posee una importancia significativa el costo de la reparación.

Las tendencias de las curvas de fallas dependen, en la mayoría de los casos, de la tipología de los diseños de los componentes y de los equipos. Estas curvas, materia de estudio de la aeronáutica y de la mecánica, pueden extrapolarse a otras áreas, a saber: automotores de carreteras.

Los ICE poseen muchos componentes mecánicos, termo mecánicos y fluido-dinámicos, entre otros. Esto genera que la tasa de fallas sea mayor al inicio, luego presenta una baja en la zona estable constante, y se incrementa al final de la vida útil, debido al desgaste de los materiales y de los componentes mecánicos. Si se considera lo mencionado anteriormente, se puede suponer que la curva de mantenimiento para los ICE posee el comportamiento de la Figura 23:

Figura 23

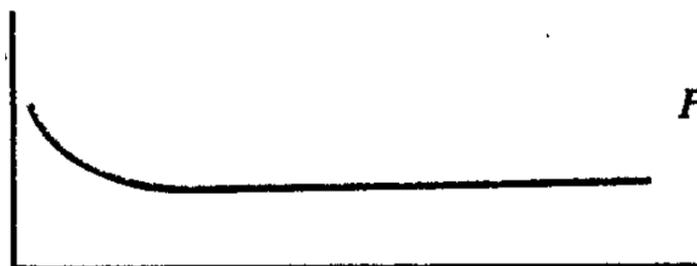
Mantenimiento de los ICE



Nota. Tasa de fallas de componentes mecánicos.⁵¹

Los EV, a diferencia de los ICE, poseen menos componentes mecánicos o fluido-dinámicos, y más componentes eléctricos y electrónicos. La curva de tasa de fallas será determinada por los componentes electromecánicos y electrónicos. Es importante señalar, que se presentará una curva que exponga una alta tasa al inicio, una baja tasa constante de fallas en su vida útil, incluso al final de la misma. Es fundamental indicar, que se debe realizar un eficiente mantenimiento preventivo en este caso. Considerando lo mencionado anteriormente, se supone que la curva para los EV posee el comportamiento de la Figura 24.

⁵¹ Nowlan, F. S. et al. (1978). *Reliability Centered Maintenance*. U.S. Department of Commerce, p. 46. <https://es.scribd.com/document/238522404/Reliability-Centered-Maintenance-by-Nowlan-and-Heap-pdf>

Figura 24*Mantenimiento de los EV*

Nota. Tasa de fallas de componentes eléctricos y electrónicos.

Cabe señalar, que no se explican los demás modelos de tasas de fallas, puesto que no aplican a las especificidades de este trabajo.

Mantenimiento de los ICE

Los ICE requieren diversos mantenimientos asociados a su funcionamiento:

- Costo del Combustible

Es el costo asociado al consumo de gasolina o de gasoil. Se compone del pago de los valores de la estación de servicio del combustible contabilizados todos los meses. La unidad de medida en Argentina es USD/l.

- Costo del Mantenimiento

Es el costo periódico que implica el mantenimiento del vehículo; se realiza cada 10.000 km o un año. Vinculados a este costo están las siguientes tareas, cada una con su periodicidad específica:

- Cambios de aceite de motor
- Cambios de filtro de aceite
- Cambios de filtros de aire
- Revisión de frenos
- Revisión de las correas
- Filtro de partículas diésel (solo para motores diésel)
- Revisión de caja de velocidades, diferencial trasero y delantero
- Árbol de transmisión

- Cableados, tubos flexibles, tuberías de alimentación de aceite, combustible y de escape
- Revisión de bomba de vacío y de gasolina
- Revisión de líquido refrigerante y circuito

Es significativo indicar, que debido a su variabilidad, se unificará el criterio de cálculo de este costo en el tiempo.

- Costo del Seguro

Corresponde al costo mensual del seguro del vehículo.

- Costo de las Patentes

Corresponde a los costos de la patente; se divide en un costo de patente inicial, y un costo periódico. Este costo es variable según la provincia argentina donde se lleve a cabo y el año del vehículo.

- Impuestos Nacionales
- Impuestos Provinciales

Mantenimiento de los EV

Los EV poseen diversos costos asociados a su funcionamiento:

- Costo del Combustible

Este costo es el asociado al consumo de electricidad. Se compone del pago de los valores de la estación de empresa distribuidora de este servicio. La unidad de medida en Argentina es USD/kW.

- Costo del Mantenimiento

Es el costo periódico de mantenimiento del vehículo implica:

- Cambios de filtros de aire
- Revisión de líquido refrigerante
- Revisión de frenos

- Costo del Seguro

Corresponde al costo mensual del seguro del vehículo.

- Costo de las Patentes

Corresponde a los costos de patente. Se divide en un costo inicial y en un costo periódico. Este costo es variable según la provincia argentina donde se lleve a cabo y el año del vehículo.

- Impuestos Nacionales
- Impuestos Provinciales

Cabe señalar, que la automotriz Peugeot indicó que el mantenimiento de un EV es hasta un 30 % menor que un ICE. La comparación se llevó a cabo a partir de un Peugeot e-208 frente a un Peugeot 208 Pure Tech S&S EAT8.

Por su parte, la automotriz Volkswagen indicó que el mantenimiento de un EV es hasta 35 % menor que un ICE. La comparación se llevó a cabo entre un Volkswagen ID 3 frente a un Volkswagen Golf 1.5 TSI.

Mientras que la Automotriz Tesla, para el Model 3 no requiere mantenimiento, dado que solo poseen recomendaciones, específicamente, cambios de filtros de aire o rotación de neumáticos, o cambios de líquido de frenos.⁵²

Análisis Económico

Con el objetivo de realizar un análisis económico sobre esta cuestión, se compara la sustitución de las tecnologías. Para ambos equipamientos, se analizarán los costos de inversión y los gastos necesarios para su operación; los valores son en USD. Se tendrá en consideración un Valor Actual Neto (VAN) y se utilizará una tasa interna de retorno.

Dentro de esta familia de criterios de decisión, es importante mencionar que se utilizará el criterio de evaluación del Valor Actual de Costos (VAC). Este criterio permite evaluar entre dos alternativas que poseen beneficios difíciles de medir, pero son semejantes en alternativas idénticas durante el mismo periodo de tiempo. Asimismo, se toma como criterio de decisión la alternativa del mínimo costo para el proyecto.

Flujo de Fondos

- Inversión Inicial: este ítem corresponde a la adquisición del vehículo puesto en la calle, sumado a la infraestructura de carga privada.
- Costos:
 1. Combustible: corresponde al costo anual del combustible utilizado.
 2. Mantenimiento: corresponde al costo del mantenimiento del vehículo.

⁵² <https://www.tesla.com/support/car-maintenance?redirect=no>

3. Seguros: corresponde al seguro del vehículo.

- Impuestos: corresponde a las patentes iniciales y periódicas.
- Valor Residual: es el valor final del vehículo.

Los puntos mencionados anteriormente se calculan tanto para el ICE como para el EV.

- Inversión

Para los vehículos importados, se tomará el valor considerando el costo de importación y de las tasas arancelarias correspondientes. Se considera el valor FOB (valor de la mercancía puesta a bordo de un transporte marítimo), y los honorarios del despachante. Por su parte, los derechos de importación van desde 0 % a 35 %, según las características de capacidad de carga. Se considera 2 % por ser menor a 1,5 t de carga. La tasa estadística es del 3 %. Mientras que Licencia No Automática (LNA) no tiene costo, y la Licencia de Configuración de Modelo (LCM) está gestionada por la fábrica para Argentina.

Debido a que el Ford Focus ya no se fabrica en 2021, se lo reemplaza por el Chevrolet Cruze. En el grupo pick up, la Ford Ranger se continúa fabricando en la misma versión.

Los cargadores Post son parte de la inversión inicial, como así también el software de gestión inteligente de carga de electricidad. El presente estudio considera que se cargarán, sistemáticamente, en la base de los EV. Se utilizará la potencia instalada en los puntos de carga, según se encuentra detallado en el apartado “Cálculo de Puntos de Carga”, puesto que se considera con capacidad suficiente. Adicionalmente, cada vehículo contiene su cargador portátil (incluido en el costo del vehículo), en caso de ser necesario.

- Combustibles

La relación exacta de los precios de la gasolina y de la electricidad, depende del lugar donde se resida, es decir, depende de la localidad y de la provincia.

En el caso de la gasolina y el diésel, se toma como valor de referencia el de Precios en Surtidor, del Ministerio de Energía y Minería de Argentina.⁵³

En el caso de la electricidad, se tomará el valor del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) y CAMMESA. Para este análisis, no se tomará el costo fijo, ya que se cuenta con una determinada potencia instalada en las operaciones; únicamente se tomará el costo variable del consumo. Además, se tomarán las tarifas de las grandes demandas.⁵⁴

⁵³ <https://www.minem.gob.ar/www/706/26165/precios-en-surtidor>

⁵⁴ https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios

El consumo por distancia de los vehículos, se toma de las etiquetas de eficiencia energética para los ICE y de la página InsideEVs para los EV. Además, se consideran los valores constantes para todo el proyecto.

- **Mantenimiento**

Para los ICE se toman los valores referenciales de las páginas de los vehículos.

El mantenimiento de un EV va a obedecer a la curva que se observa en la Figura 24, en el apartado “Filosofía del Mantenimiento”. Se supone un 70 % del costo de mantenimiento de un ICE, que es equivalente a la combustión del primer año, que baja a un 50 % del costo de mantenimiento de un ICE el segundo año. Posteriormente, disminuye hasta generar una meseta de un 30 % del costo de mantenimiento de un ICE hasta los 8-10 años.

A pesar de que el mantenimiento de un EV es menor al de un ICE, hay fabricantes de EV que señalan, de manera oficial, que no poseen mantenimiento; sin embargo, es recomendable realizar un chequeo básico general cada dos años.

No se incluye entre los costos la batería de recambio, dado que se considera que estas podrían durar de 8 a 10 años, mientras que el periodo de análisis de flujo se extiende por 10 años.

No se consideran los costos por el reemplazo de los neumáticos, y tampoco los costos de lavado, ni de estacionamiento, debido a que es independiente del tipo de vehículo, y no afecta la comparación entre ICE y EV.

- **Seguros**

Según ciertas fuentes consultadas para la realización de este estudio, los seguros para los EV son más costosos que los seguros para los ICE. Eso se debe a la reparación y a la tecnología que implican los EV, como así también, la mano de obra especializada que se requiere. Se estima que los costos son, en promedio, hasta un 23 % más costosos.⁵⁵

- **Patentes**

Las patentes que pagan los vehículos dependen de varios factores, a saber: el año de fabricación y de su valuación fiscal⁵⁶. Para estimar el valor de la patente, se busca en la Dirección Nacional de Registro del Automotor de Argentina (DRNPA) el valor del vehículo, y se aplican las alícuotas correspondientes. En el caso de los vehículos con un costo mayor a USD 1.190.000, deberán pagar una alícuota anual del 5 % del valor del vehículo, en 6 cuotas

⁵⁵ <https://www.valuepenguin.com/how-having-electric-car-affects-your-auto-insurance-rates>

⁵⁶ <https://www.dnrpa.gov.ar/valuacion/informacion/06-04-2021.pdf>

bimestrales. Por lo general, el valor de DRNPA es menor que el valor de las automotrices y del mercado, aproximadamente en un 20 %. Asimismo, se considera que la valuación fiscal disminuye con los años en un 10 % por año para los vehículos. El valor elaborado para la realización del presente estudio, tomó como base los datos de agosto de 2021, para Ford Ranger con datos de DRNPA. En el caso de los 0 km importados, se tomó la valuación fiscal cuando sale de la aduana.

Se debe señalar que en algunas localidades, las patentes de los EV poseen bonificaciones, sin embargo, en Argentina no hay una política que integre a todos los casos.

- Valor Residual

La tasa de depreciación de un EV es menor que la de un ICE; por este motivo, su valor de recupero será mayor. Este valor toma en consideración los datos de mercado de reposición de un auto nuevo. La fiabilidad del vehículo, así como los consumos, la edad, entre otros factores, afectan el valor del mismo⁵⁷. Según ciertas páginas especializadas sobre este tema, cada vehículo posee diferentes tasas de depreciación. En algunos casos, como el caso del Tesla Model 3, posee una tasa del 10 % en tres años; esta cifra se encuentra muy por debajo del promedio, que es del 52 % para EE. UU.⁵⁸ Para el modelo del presente estudio, se tomará el valor residual al final del periodo de evaluación, que en los EV es del 60 %, mientras que en los ICE es del 40 %.

- Incentivos del Gobierno

En varios países, como en España y EE. UU., existen incentivos a la adquisición de EV, con el objetivo del cuidado del medio ambiente. En el caso de EE. UU., se otorga hasta USD 7,500 por compras de EV, y se planificó incrementarlo a USD 10,000 en 2021 y 2022. Estos incentivos pertenecen al ámbito federal, pero también son realizados por ciertos estados, como es el caso de California.⁵⁹ En España se implementó el Plan MOVES III⁶⁰ desde abril de 2021; este programa incluye un plan de inversión para infraestructura de carga de EV y beneficios a la compra de los EV de hasta EUR 7,000, tomando el auto usado para generar chatarra, y EUR 4,500 sin entrega del auto usado.

- Tasa

La tasa definida a tomar será del 12 %.

- Periodo

⁵⁷ <https://medium.com/@Tesloop/tesla-and-the-electrifying-economics-of-depreciation-89689cc84230>

⁵⁸ https://www.iseecars.com/used_cars-t5989-used-bmw-i3-for-sale#section=studies&study=off-lease-car-deals

⁵⁹ <https://cleanvehiclerebate.org/es/sobre-cvvp>

⁶⁰ <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/Paginas/enlaces/130421-enlace-moves.aspx>

Se toma como periodo de evaluación los 10 años.⁶¹

- Valor Actual de Costos

Se calcula el VAC para los grupos de pick ups y autos sedán:

Tabla 12

VAC del Proyecto

Detalle	Valor	Diferencia
Ford Ranger 2.2 4x4	(60.480,70)	
Rivian R1T	(92.667,29)	
EV-ECI	(32.186,59)	53 %
Chevrolet Cruze LTZ	(45.366,59)	
Tesla Model 3	(56.401,18)	
EV-ECI	(11.034,59)	24 %

Nota. Los valores calculados indican que es más conveniente los vehículos ICE antes que los EV. Se reemplaza Ford Focus discontinuado por Chevrolet Cruze se considera el sustituto equivalente. Se amplía la información del cálculo del VAN en Apéndice Tablas.

Costos Operativos

Con el objetivo de analizar un punto de vista diferente en lo económico, se realiza una comparación de los costos promedios operativos anuales:

⁶¹ Se considera los ciclos de carga de las baterías para 10 años. Se contempla la infraestructura de carga en la inversión inicial, si se retira del análisis, mejora de 2 % al 4 % en VAC. No se considera la mano de obra de instalación de los cargadores, que equivaldría al valor de los materiales.

Tabla 13*Costos Operativos Pick Up*

OPEX Pick Up	ICE	EV	%
Combustible	\$ 1.336,42	\$ 323,46	76 %
Mantenimiento	\$ 350,63	\$ 129,93	63 %
Seguro	\$ 1.643,03	\$ 2.020,93	-23 %
Impuestos	\$ 871,18	\$ 1.751,22	-101 %
Total	\$ 4.201,26	\$ 4.225,54	-1 %

En la Tabla 14 se observa que el OPEX Pick Up ICE es menor que el OPEX Pick Up EV en un 1 %; si no existiera la componente de impuestos para los EV, el OPEX Pick Up EV sería menor que el OPEX Pick Up ICE en hasta un 41 %.⁶²

Tabla 14*Costos Operativos Pick Up sin Impuestos en EV*

OPEX Pick Up	ICE	EV	%
Combustible	\$ 1.336,42	\$ 323,46	76 %
Mantenimiento	\$ 350,63	\$ 129,93	63 %
Seguro	\$ 1.643,03	\$ 2.020,93	-23 %
Impuestos	\$ 871,18	\$ -	100 %
Total	\$4.201,26	\$2.474,32	41 %

Nota. No considerar impuestos en EV corresponde al no pago de patente.

⁶² Un OPEX (*Operational expenditures*), es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema; puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.

Tabla 15*Costos Operativos Auto*

OPEX Auto	ICE	EV	%
Combustible	\$ 884,65	\$ 176,66	80 %
Mantenimiento	\$ 186,29	\$ 67,99	64 %
Seguro	\$ 704,16	\$ 866,11	-23 %
Impuestos	\$ 1.462,54	\$	24 %
		1.115,74	
Total	\$ 3.237,63	\$ 2.226,50	31 %

Tabla 16*Costos Operativos Auto sin Impuestos*

OPEX Auto	ICE	EV	%
Combustible	\$ 884,65	\$ 176,66	80%
Mantenimiento	\$ 186,29	\$ 67,99	64%
Seguro	\$ 704,16	\$ 866,11	-23%
Impuestos	\$ 1.462,54	\$ -	100%
Total	\$ 3.237,63	\$ 1.110,76	66%

Nota. No considerar impuestos en EV corresponde al no pago de patente.

Con respecto al auto sedán, se puede advertir, a partir de los supuestos considerados, que el OPEX Auto ICE es mayor que el OPEX Auto EV en un 31 %, según se observar en la Tabla 13, y sin impuestos en un 66 %, como se observa en la Tabla 14.

En el caso de retirar los impuestos para ambos grupos (ICE y EV), continúa siendo menor el OPEX de los EV que los ICE en un 26% en la pick up, y en un 37% en el auto sedán.

Análisis de Sensibilidad

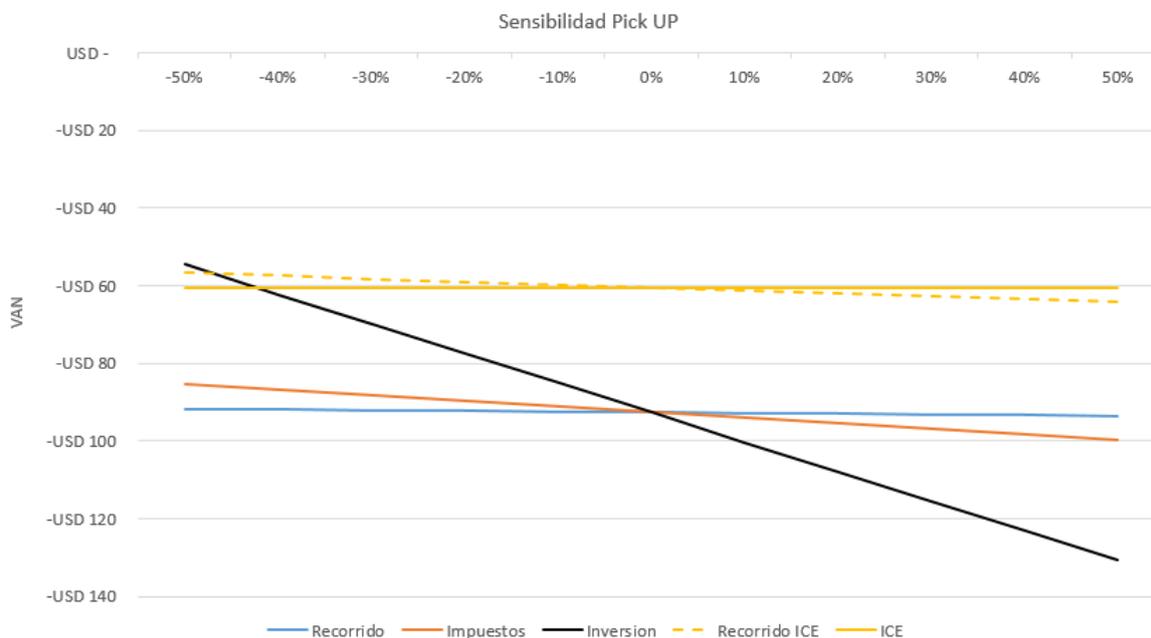
Se seleccionan las variables a las que se les realizará un análisis de sensibilidad⁶³ en los EV:

- Valor de la Electricidad
- Distancia Recorrida Anual
- Valor de Impuestos
- Inversión Inicial

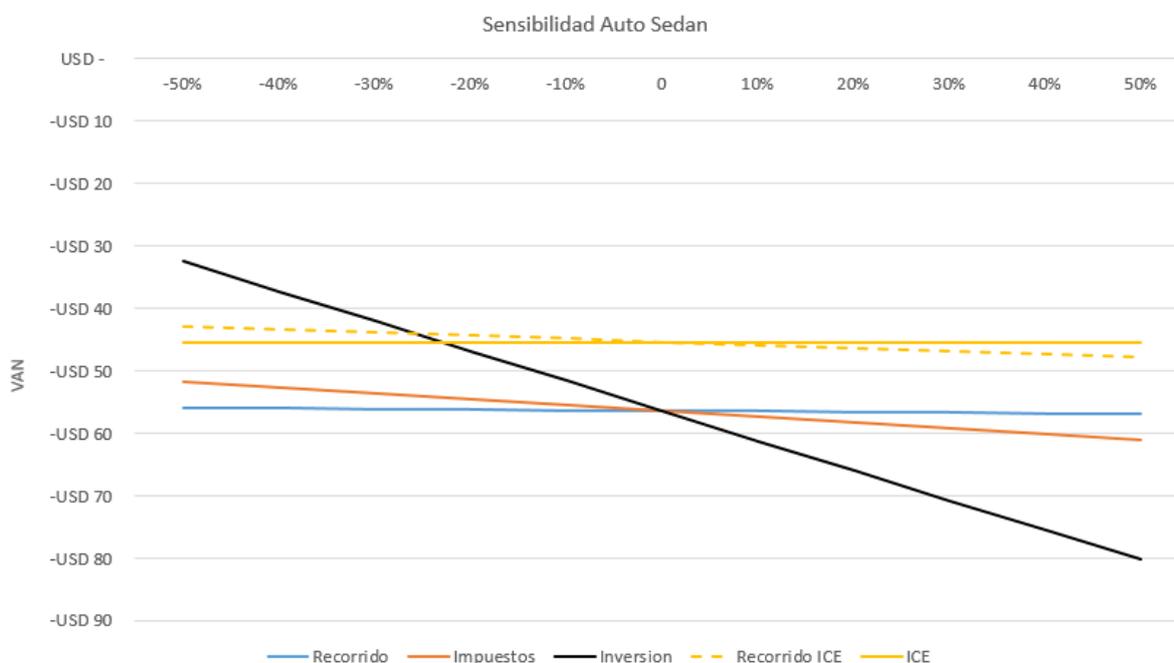
Para medir la sensibilidad, se modifica una variable en un porcentaje, mientras las demás se mantienen constantes. De este modo, se propone modificar las variables con límites en aproximadamente un 50 % en rangos de 10 %. Posteriormente, se grafica el VAC en función de las variaciones de cada variable, y se grafica. Cada variable posee su propio impacto en el proyecto que modifica el VAC, como se puede advertir en las Figuras 25 y 26.

Figura 25

Sensibilidad de la Pick Up



⁶³ Es un término utilizado en las empresas, que se usa para calcular los nuevos flujos de caja y el VAN (en un proyecto, en un negocio), al cambiar una variable (la inversión inicial, la duración, los ingresos, la tasa de crecimiento de los ingresos, los costes).

Figura 26*Sensibilidad del Auto Sedán*

Nota. Se grafica en aproximadamente un 50 %. La variable electricidad no se grafica, dado que posee la misma sensibilidad que la variable recorrido. Los valores son en miles de USD.

En los gráficos se puede observar que el VAC es negativo; esto se debe a que los valores son planteados como erogación de dinero, a excepción del valor de recupero. Es importante señalar, a pesar de parecer algo redundante, que el vehículo más conveniente es el que gasta menos y posee un VAC negativo más cercano al 0.

En ambos EV analizados, el impacto en inversión es el más sensible a variaciones, y posee su punto de equilibrio entre un 25 % y un 45 % según cada vehículo. Esto significa que deberían disponer de un incentivo que cubra ese porcentaje de inversión, para que el proyecto sea viable económicamente, considerando solamente dicha variable.

A su vez, se advierte que la mejor forma de lograr la rentabilidad del cambio, es la reducción de la inversión. Esto se encuentra en concordancia con lo observado en otros países, según se pudo comprobar cuando se indicaron los incentivos de los gobiernos, en el apartado “Análisis Económico”.

Escenarios

Se plantean cuatro escenarios posibles, que se detallarán a continuación:

1. Escenario Pesimista

En este escenario se aumentan un 10 % los impuestos a los EV. Ningún EV es viable económicamente.

2. Escenario Esperado

Este escenario es el normal, y es el calculado al inicio del proyecto. El resultado es que ningún EV es viable.

3. Escenario Optimista

En este escenario se anula el impuesto de patentes a los EV, y se agrega un beneficio del 10 % a la compra de los mismos, que impacta, de manera considerable, en la inversión. La reducción de la inversión en el auto sedán es de USD 4.833 (USD 48.332 – USD 43.499), y de la pick up USD 7.722 (USD 77.217 – USD 69.496). En este caso, la EV pick up es inviable; sin embargo, el EV auto sedán es viable económicamente, como se observa en las Tablas 17 y 18.

4. Escenario Optimista (opción 2)

Este escenario es similar al Escenario Optimista, pero la EV pick up elegida es la Tesla Cybertruck Dual Motor. Se había elegido la Rivian R1T, debido a que fue el único prototipo que se probó en Argentina.⁶⁴ La segunda en selección sería la Tesla Cybertruck Dual Motor. La EV pick up es viable económicamente, como se puede observar en la Tabla 17.

⁶⁴ Esto puede observarse detalladamente en el apartado “Vehículos Eléctricos”.

Tabla 17*Escenarios Pick Up*

Escenarios	Pesimista	Esperado	Optimista	Optimista 2
Ford Ranger 2.2 4x4	(60.480,70)	(60.480,70)	(60.480,70)	(60.480,70)
Rivian R1T	(94.105,73)	(92.667,29)	(72.052,83)	(58.633,87)
	- 33.625,03	- 32.186,59	- 11.572,13	1.846,83

Tabla 18*Escenarios Auto*

Escenarios	Pesimista	Esperado	Optimista
Chevrolet Cruze LTZ	(45.366,59)	(45.366,59)	(45.366,59)
Tesla Model 3	(57.317,64)	(56.401,18)	(43.337,07)
	- 11.951,05	- 11.034,59	2.029,52

A continuación, se podrán observar las Figuras 27 y 28, que corresponden al VAC del Escenario Optimista 2.

Figura 27
Escenarios Pick Up Optimista 2

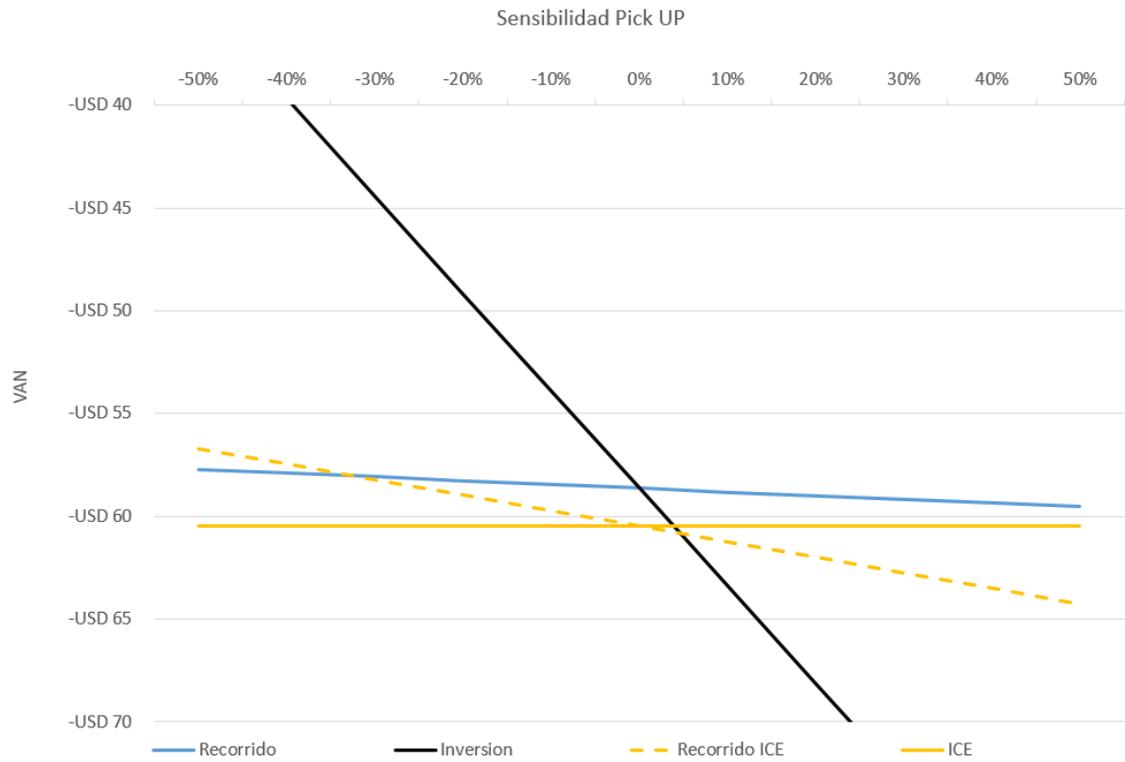
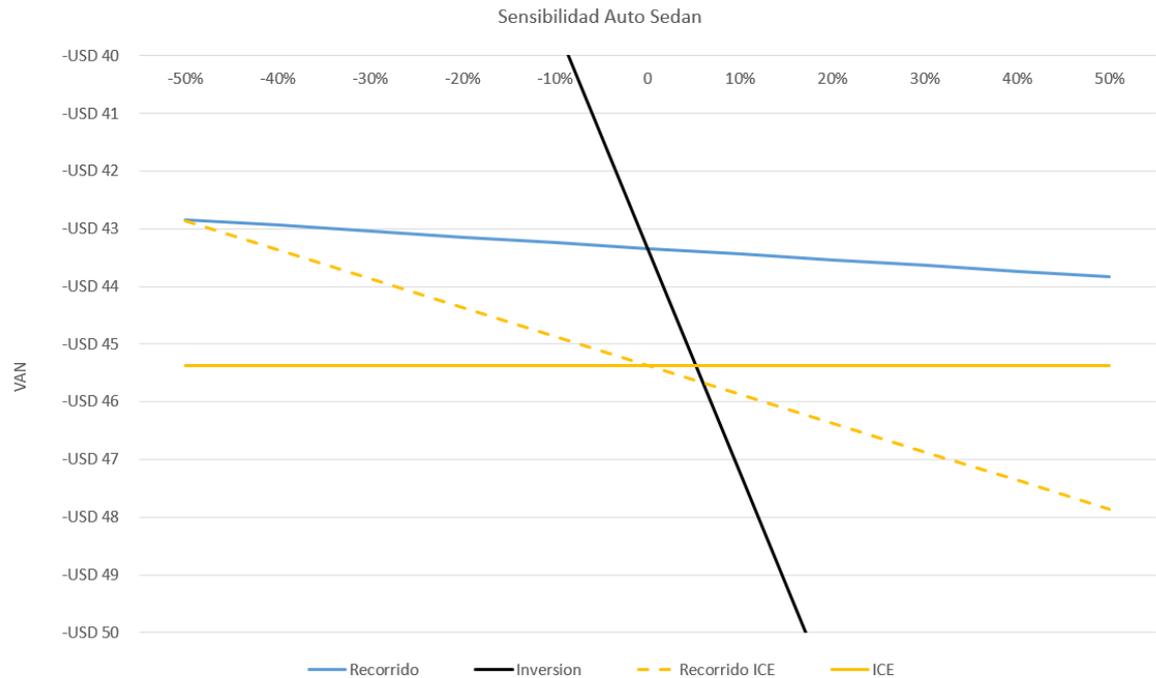


Figura 28*Escenarios Auto Sedán Optimista*

Al analizar la sensibilidad, bajo las condiciones del Escenario Optimista 2, se evidencia una mayor viabilidad del EV sobre el ICE. De esta manera, también se podría aumentar el recorrido y las tarifas de la electricidad en un 50 %, y aun de ese modo, continúa siendo conveniente el EV.

A pesar de que la pick up seleccionada no fue la elegida al inicio del trabajo, es una opción válida, como lo son muchos EV que pueden ser implementados en futuras evaluaciones de esta clase de proyectos. Este último escenario, nos indica que si el Estado implementase una serie de políticas con beneficios impositivos e incentivos a la movilidad eléctrica, lograría una posible incorporación de los EV al parque automotor de la compañía energética estudiada en este trabajo.

Conclusiones

A partir del análisis de los datos utilizados en este trabajo, se logra caracterizar el proceso de transporte, identificando recorridos, zonas operativas y vehículos utilizados por una compañía energética de gran magnitud. Asimismo, se los pudo agrupar según sus características y cualidades. De este modo, se concluye en una flota de 3000 vehículos, compuestos principalmente por un 72 % de pick ups y un 17% de autos sedán, distribuidos en todo el país, principalmente en Neuquén, Buenos Aires, Mendoza, Chubut y Santa Cruz, asociados a centros de producción o industrialización.

Sobre la caracterización del proceso de transporte, también se pudieron identificar las principales fuentes de energía de la flota, y se logró cuantificar la energía utilizada en el proceso, cambiando de 2355 TEP a 930 TEP utilizando vehículos eléctricos, en suma, un 60 % menos de energía para satisfacer la misma necesidad.

Con respecto a los EV necesarios para reemplazar a los actuales vehículos a combustión interna, se investigaron las alternativas del mercado y las tecnologías de reemplazo. Sobre este punto, resultó fundamental discriminar las opciones de EV con distintos criterios, según se detalla en el estudio. De esta forma, la selección final para el análisis indica a la Rivian R1T como alternativa para la pick up, y al Tesla Model 3 como opción para el auto sedán.

Una vez inmersos en el funcionamiento de los EV, se logró definir la infraestructura y los puntos de carga necesarios para abastecer la demanda de la nueva flota eléctrica. Concluyendo en cargadores simples, para los centros de baja demanda, es decir, con menos de 10 vehículos, y de postes con sistemas de administración para grandes centros. Asimismo, se incluyó un análisis de cargas y de consumo eléctrico, y se cuantificó el abastecimiento eléctrico requerido para cada caso.

Igualmente, teniendo en cuenta el análisis descripto, se indica que para el grupo de estudio los vehículos a combustión emiten 7.780 TnCO₂/año, en contraste con los vehículos eléctricos, para los cuáles se emiten 3.245 TnCO₂/año, por la electricidad necesaria para abastecerlos (considerando el abastecimiento por el sistema eléctrico de Argentina). Por tal motivo, es posible concluir que la conversión completa de autos y pick up de la flota traería aparejado una descarbonización de 4,535 TnCO₂/año, es decir, una notoria reducción del 58 % del CO₂ que se emite en la actualidad.

Desde el punto de vista económico, se identificaron como aspectos positivos para la elección de los EV, el costo operativo, el mantenimiento, la estabilidad del valor de la electricidad y el valor de recupero. En contraste con el costo de adquisición y los impuestos, no favorecen la opción de sustitución de la flota.

Posteriormente, el análisis de sensibilidad de variables, permitió advertir que el proyecto es más sensible a la inversión inicial que a otras variables. Complementando este análisis con el de escenarios, se señala, que con escenarios optimistas se podría alcanzar un significativo avance en la implementación de la electromovilidad.

Por su parte, se concluye que los importes de los beneficios necesarios para que una empresa considere invertir en EV, son aproximadamente el 10 % de la compra del vehículo. En este proyecto, dicho monto equivale en el auto sedán a USD 4.833, y en el caso de la pick up a USD 7.722. Sin embargo, se pudo estimar que, para una segunda etapa, en la que ya no se requiera una inversión en el sistema de carga, no sería necesario este beneficio del 10 % para el auto, y de esa manera, el proyecto sería viable en un 100 %, dado que VAC Auto ICE (-) 45.366,59, en comparación con VAC Auto EV (-) 45.313,52. Por el contrario, para la pick up EV sí es necesario el beneficio inicial en la inversión, debido a que se considera que no se pagan patentes, como ya se encuentra vigente en varios lugares de Argentina; asimismo, el impuesto de importación equivale al 2 %.⁶⁵

A pesar de que en el presente estudio se exceptuó la optimización del uso y la cantidad de los vehículos e infraestructura, porque excedía el alcance del informe, es importante aclarar, que junto con la migración, se llevará a cabo una optimización operativa que favorecería la migración de los EV, dado que se requerirían menos vehículos, optimizando la logística de la flota, y reduciendo costos e impactos.

Es necesario indicar, que el reemplazo de vehículos ICE por vehículos EV, reduciría el consumo de naftas y gasoil, y, además, los libera de ser importados en momentos de alta demanda.

En el marco de este proyecto, debido a que se trata de la flota de una sola empresa, el impacto sería pequeño, de 2355 a 930 TEP anuales; pero si se tiene en cuenta al Estado en su conjunto, los impactos son diferentes. El parque automotor de Argentina es de 14 millones de vehículos, distribuidos en 83,2 % autos, 13 % livianos y 3,8 % pesados.

Avanzando en el desarrollo del proyecto, si se reemplazase el 10 % del parque automotor de Argentina, es decir, 1.375.660 de vehículos, se ahorrarían unos 780.000

⁶⁵ Este punto se explicó de manera detallada en el apartado “Análisis Económico”.

TEP/año, cifra equivalente a 900 millones de litros de combustible, concretamente, USD 990 millones. Esto equivale al 30 % de la importación de naftas, diésel y gasoil, según los datos suministrados por el Balance Energético Nacional (BEN). Dicho ahorro energético, se podría destinar a incentivos de EV.

Como punto adicional, se debe señalar que el presente proyecto mejoraría considerablemente el actual problema de las refinerías, que deben importar un materia prima a valores internacionales, de USD 1100 por cada metro cúbico en el exterior y vender a USD 600 en el mercado interno. Si se implementaras estas mejoras, se favorecería al stock y se reduciría, en consecuencia, los desabastecimientos de diésel y gasolina.

También, desde un punto de vista macroeconómico, se calcularon los precios relativos entre la electricidad y el gasoil, y entre la electricidad y la nafta. Teniendo en cuenta el costo de las energías expresadas en USD/TEP para EE. UU., España y Argentina. De este modo, se puede observar una paridad entre los precios relativos de la nafta y el gasoil con la electricidad para EE. UU., mientras que España está dentro de los valores 0,56 y 0,70. En el caso de Argentina, los precios relativos son los menores de la comparativa, como se puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19*Precios Relativos de la Energía*

Pais	Energia	USD/Litro	USD/kWH	USD/TEP	Relación
USA	Nafta	1,32	-	USD 1.856	0,65
	Gasoil	1,54	-	USD 1.853	0,65
	Electricidad	-	0,1042	USD 1.212	1,00
España	Nafta	2,2785	-	USD 3.209	0,56
	Gasoil	2,1315	-	USD 2.573	0,70
	Electricidad	-	0,153867	USD 1.789	1,00
Argentina	Nafta	1,045	-	USD 1.624	0,56
	Gasoil	0,997	-	USD 1.654	0,5
	Electricidad	-	0,078	USD 907	1,00

Nota. Elaboración de junio de 2022.

Los datos de esta tabla, indican que en Argentina la electricidad tiene un valor de casi la mitad de lo que cuesta en EE. UU. y en España, en relación a la nafta y el gasoil. Este es un punto positivo a tener en cuenta en el presente proyecto de electrificación del transporte, debido a que a la hora de evaluar los costos operativos, el impacto del combustible es de suma importancia.

Si bien existen factores que, desde el punto de vista económico, no posibilitan una certera afirmación acerca de que la elección de los EV sea lo más conveniente en la actualidad, se infiere que si se modificasen ciertas condiciones impositivas y, principalmente, si se generaran una serie de beneficios dirigidos a reducir el costo de adquisición en la compra, en concordancia con la planificación y las acciones de los países desarrollados y/o la disminución de los precios del mercado, los costos finales de los EV serían competitivos con los costos de los ICE. De este modo, devendría una sólida mejora y un alto impacto positivo en la salud y en la calidad de vida de la sociedad y el medio ambiente.

De manera complementaria, y en la búsqueda de la transición a sociedades con menos emisiones de GEI, es sustancial indicar, que el cambio a la movilidad eléctrica debe estar acompañado un proceso de políticas energéticas que permitan un cambio de la Matriz de Generación de Energía Eléctrica hacia las Energías Renovables.

Apéndice

Legales	Proyecto de Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable	
Tabla I	VAC Información.	
Tabla II	VAC Auto ICE y Auto EV.	Escenario Esperado.
Tabla III	VAC Pick Up ICE y Pick Up EV.	Escenario Esperado.
Tabla IV	VAC Auto EV y Pick Up EV.	Escenario Optimista 2.
Tabla V	Costos de Cargadores.	
Tabla VI	Precios Relativos.	

Legales

Proyecto de Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable

Al momento de finalizar este trabajo existe un Proyecto de Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable, enviado en octubre de 2021 al Congreso de la Nación Argentina por el Ministerio de Desarrollo Productivo.

Se aclara que no es el objeto de este trabajo realizar un análisis detallado del proyecto de Ley; no obstante, se comentan algunos puntos en común.

Este trabajo va en línea con el proyecto de ley, considerando que la implementación de EV genera eficiencia energética, una integración de energías de distintas fuentes, y también reduce considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin entrar en detalles, el proyecto de ley promociona la producción nacional y exportación de EV con beneficios a automotrices locales y consumidores de producción nacional.

La fabricación de EV en Argentina bajo la mencionadas Ley, propondrá, a futuro, alternativas de compra y sustitución de las importaciones, como así también, generará un contexto industrial y legal a las automotrices y a otras empresas anexas a desarrollarse en el mundo de los EV.

Sin embargo, este trabajo define finalmente la implementación de EV importados, debido a que actualmente los EV seleccionados no se fabrican en el país.

Siendo la primera acción política importante con la promoción de EV en Argentina, independientemente de dónde ocurra la fabricación de los EV, a largo plazo beneficiará el uso y desarrollo de esta tecnología de movilidad 100 % sustentable.

Cabe señalar, que al momento de la presentación de esta tesis, este proyecto aun no avanzó en convertirse en Ley.

Tabla I*VAC Información*

TC BNA USD AGO 21	102,25	TC BNA EU AGO 21	119,00	
Costo de adquisicion	Valor ARS	Valor USD	Fecha	Fuentes
Ford Ranger 2.2 4x4	\$ 4.049.000	USD 39.599	14/08/2021	Ford Motor Company
Rivian R1T	\$ 7.895.480	USD 77.217	14/08/2021	Elaboracion Propia / Rivian
Chevrolet Cruze LTZ	\$ 2.990.900	USD 29.251	14/08/2021	General Motors
Tesla Model 3	\$ 4.941.937	USD 48.332	14/08/2021	Elaboracion Propia / Tesla
Costo de Cargador	Valor ARS	Valor USD	Fecha	Fuentes
Cargador Poste 11 - 43 kW (x EV) + DLM		USD 2.383	14/08/2021	Elaboracion Propia / Circontrol / ENEL X
Costo de Combustible	Valor ARS	Valor USD	Fecha	Fuentes
Electricidad	8,00	USD 0,078	14/08/2021	Elaboracion Propia / EDENOR
Diesel Infinia	102,70	USD 1,004	14/08/2021	Precios Surtidor NQN ACA

Nafta Infinia	90,60	USD 0,886	14/08/2021	Precios Surtidor NQN ACA
---------------	-------	--------------	------------	--------------------------

Costo de Seguro Anual		Valor USD	Fecha	Fuentes
Ford Ranger 2.2 4x4	168.000	USD 1.643,03	14/08/2021	www.123seguro.com.ar 3ro C
Chevrolet Cruze LTZ	72.000	USD 704,16	14/08/2021	www.123seguro.com.ar 3ro C

Recorrido Anual	Valor km		Fecha	Fuentes
Pick Up	15840		2019	Elaboracion Propia
Auto Sedán	15360		2019	Elaboracion Propia

(Imp/Patente) (-)		2.028,62	1.825,75	1.622,89	1.420,03	1.217,17	1.014,31	811,45	608,58	405,72	202,86
Flujo de fondos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial	-	50.715,40									
Costos de combustible, mant. & seguro		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1.182,63	1.145,56	1.106,03	1.097,96	1.093,73	1.106,76	1.093,73	1.093,73	1.093,73	1.093,73
Impuestos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.057,23	1.825,75	1.622,89	1.420,03	1.217,17	1.014,31	811,45	608,58	405,72	202,86
Valor de Recupero											30.429,24
Flujo total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50.715,40	5.239,87	2.971,31	2.728,92	2.517,99	2.310,90	2.121,07	1.905,18	1.702,32	1.499,46	29.132,64
Valor presente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50.715,40	4.678,45	2.368,71	1.942,39	1.600,23	1.311,27	1.074,60	861,81	687,54	540,72	9.379,93
NPV	-	56.401,18									

Nota. () incluye el cargador.*

Tabla III*VAC Pick Up*

Compra de Pick Up											
(ICE)											
39.599,02											
Ford Ranger 2.2 4x4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1) Kilometros por Año		15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00
(2) Precio por Litro		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
(3) Costo de Combustible (-)		1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42	1.336,42
(4) Costo de Mantenimiento (-)		486,65	263,86	212,13	461,32	212,13	461,32	424,25	249,19	486,26	249,19
(5) Costo de Seguro (-)		1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03	1.643,03
(6) Imp Nacional (Imp/Patente) (-)		1.583,96									
(7) Imp Provincial (Imp/Patente) (-)		1.583,96	1.425,56	1.267,17	1.108,77	950,38	791,98	633,58	475,19	316,79	158,40
Flujo de fondos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial	-	39.599,02									
Costos de combustible, mant. & seguro		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3.466,10	3.243,31	3.191,57	3.440,77	3.191,57	3.440,77	3.403,70	3.228,64	3.465,71	3.228,64

Impuestos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.167,92	1.425,56	1.267,17	1.108,77	950,38	791,98	633,58	475,19	316,79	158,40	
Valor de Recupero											15.839,61
Flujo Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	39.599,02	6.634,02	4.668,88	4.458,74	4.549,54	4.141,95	4.232,75	4.037,29	3.703,83	3.782,50	12.452,57
Valor Presente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	39.599,02	5.923,23	3.722,00	3.173,65	2.891,32	2.350,25	2.144,44	1.826,26	1.495,91	1.364,01	4.009,39
NPV	-										
	60.480,70										
Compra de Pick Up (EV) (*)		79.600,90									
Rivian RIT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kilometros por Año		15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00
Precio por KWh		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Costo de Combustible (-)		323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46
Costo de Mantenimiento (-)		340,66	131,93	63,64	138,40	63,64	138,40	127,28	74,76	145,88	74,76
Costo de Seguro (-)		2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93
Imp Nacional (Imp/Patente) (-)		3.184,04	-	-	-	-					

Imp Provincial											
(Imp/Patente) (-)		3.184,04	2.865,63	2.547,23	2.228,83	1.910,42	1.592,02	1.273,61	955,21	636,81	318,40
Flujo de fondos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial	- 79.600,90										
Costos de combustible, mant. & seguro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2.685,05	2.476,32	2.408,03	2.482,79	2.408,03	2.482,79	2.471,67	2.419,15	2.490,27	2.419,15
Impuestos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		6.368,07	2.865,63	2.547,23	2.228,83	1.910,42	1.592,02	1.273,61	955,21	636,81	318,40
Valor de Recupero											47.760,54
Flujo total	- 79.600,90	- 9.053,12	- 5.341,95	- 4.955,26	- 4.711,61	- 4.318,45	- 4.074,80	- 3.745,28	- 3.374,36	- 3.127,08	- 45.022,99
Valor presente	- 79.600,90	- 8.083,14	- 4.258,57	- 3.527,05	- 2.994,31	- 2.450,40	- 2.064,42	- 1.694,17	- 1.362,85	- 1.127,65	- 14.496,20
NPV	- 92.667,29										

Notas. () incluye el cargador.*

Tabla IV*VAC Auto EV Pick Up EV. Optimista 2*

Compra de Pick Up (EV)											
		55.247,15									
Cybertruck Dual Motor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kilometros por Año		15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00	15.840,00
Precio por KWh		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Costo de Combustible (-)		323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46	323,46
Costo de Mantenimiento (-)		340,66	131,93	63,64	138,40	63,64	138,40	127,28	74,76	145,88	74,76
Costo de Seguro (-)		2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93	2.020,93
Imp Nacional (Imp/Patente) (-)		2.209,89	-	-	-	-					
Imp Provincial (Imp/Patente) (-)		2.209,89	1.988,90	1.767,91	1.546,92	1.325,93	1.104,94	883,95	662,97	441,98	220,99
Flujo de fondos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial	-	55.247,15									
Costos de combustible, mant. & seguro		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2.685,05	2.476,32	2.408,03	2.482,79	2.408,03	2.482,79	2.471,67	2.419,15	2.490,27	2.419,15

Tabla V*Costos de Cargadores*

Detalle Cargador	Valor USD
Poste cargador	2226,38
DLM 5 a 10 Puntos	157,11
Total	2383,49

Notas. El cargador por EV se compone de un poste cargador, cada uno con sockets para 2 EV, más un software de gestión dinámica (paquete mínimo por 10 EV). Sumando estos dos conceptos y promediando por EV, nos arroja un valor de USD 2.383,49.

No se considera la instalación de los cargadores. Sin embargo, la instalación podría estimarse en un 100 % de los costos de los materiales como única vez. El Impacto de la en VAC 2 al 4 % del costo de los cargadores. Aplicaría solo para el primer periodo de la proyección, de 0 a 10 años.

El estudio considera que se cargaran siempre en la base de los EV. Adicionalmente, cada vehículo contiene su cargador portátil (incluido en el costo del vehículo) en caso de necesidad. Se usará la Potencia instalada en los Puntos de Carga según lo detallado en Fuentes de Carga de los EV en Cálculo de Puntos de Carga, y se considera con capacidad suficiente.

Tabla VI*Precios Relativos*

ESPAÑA													
Energía	Monto EUR	Conversion	Monto USD	Medida	Densidad	Medida	Monto	Medida	TN/TEP	Medida	Monto	Medida	Relación
		1,05											
Nafta	2,17	EUR/LT	2,2785	USD/LT	0,735	kg/lt	3100	USD/TN	1,035	TN/TEP	3209	USD/TEP	0,56
Gasoil	2,03	EUR/LT	2,1315	USD/LT	0,845	kg/lt	2522	USD/TN	1,020	TN/TEP	2573	USD/TEP	0,70
Electricidad	146,54	EUR/MWH	153,867	USD/MW	0,086	MW/TEP					1789	USD/TEP	
https://www.epdata.es/													
USA													
Energía	Monto USD	Conversion	Monto USD	Medida	Densidad	Medida	Monto	Medida	TN/TEP	Medida	Monto	Medida	Relación
	2022	GAL/LT											
Nafta	4,989	gal	3,78541	USD/LT	0,735	kg/lt	1793	USD/TN	1,035	TN/TEP	1856	USD/TEP	0,653

Gasoil	5,811	gal	3,78541	1,54	USD/LT	0,845	kg/lt	1817	USD/ TN	1,020	TN/ TEP	1853	USD/ TEP	0,654
Electricidad	0,1042	USD/ kwh		104,2	USD/ MW	0,086	MW/ TEP					1212	USD/ TEP	

<https://www.energybot.com/electricity-rates-by-state.html>

<https://gasprices.aaa.com/>

ARGENTINA

Energia	Monto ARP	Conversion	Monto USD	Medida	Densidad	Medida	Monto	Medida	TN/ TEP	Medida	Monto	Medida	Relacion
		TC 18.06. 22											
Nafta	147,3		1,153	USD/LT	0,735	kg/lt	1569	USD/ TN	1,035	TN/ TEP	1624	USD/ TEP	0,559
Gasoil	175		1,370	USD/LT	0,845	kg/lt	1621	USD/ TN	1,020	TN/ TEP	1654	USD/ TEP	0,548
Electricidad	9,965	ARP/ kwh	78,000	USD/ MW	0,086	MW/ TEP					907	USD/ TEP	

[https://www.argentina.gob.ar/enre/
cuadros_tarifarios](https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios)

[https://surtidores.com.ar/
precios/](https://surtidores.com.ar/precios/)