

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica**

**“Estudio de prefactibilidad de análisis de costos y vida útil para automóviles tipo sedán de  
Combustión interna y eléctricos de uso particular”**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura**

**Luis Estivens Rojas Rojas**

**Cartago**

**Agosto, 2020**

# Carta de Entendimiento

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

SIBITEC

## CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 5 de agosto del 2020

Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Luis Estivens Rojas Rojas

carne No. 201130165  el autorizo  no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado de Licenciatura en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial presentado en la fecha 5/8/2020, con el título Estudio de prefactibilidad de análisis de costos y de vida útil para automóviles tipo sedán de combustión interna y eléctricos de uso particular

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:



Correo electrónico:

luisrojasr11@gmail.com

Cédula No.:

2 0714 0241

# Carta Aceptación de la Empresa

Gmail - Fwd: Proyecto de práctica profesional ASOMOVE-TEC

<https://mail.google.com/mail/u/0?ik=e5a0dcee3d&view=pt&search=all...>



Luis Estivens Rojas Rojas <luisrojasr11@gmail.com>

---

## Fwd: Proyecto de práctica profesional ASOMOVE-TEC

2 mensajes

---

**Sebastian Mata Ortega** <semata@itcr.ac.cr>  
Para: "luisrojasr11@gmail.com" <luisrojasr11@gmail.com>

20 de enero de 2020, 9:11

[Obtener Outlook para iOS](#)

---

**De:** Sebastian Mata Ortega <semata@itcr.ac.cr>  
**Enviado:** jueves, diciembre 19, 2019 07:45  
**Para:** eorlich@asomove.org  
**CC:** drivera@asomove.org; Sergio Arturo Morales Hernández; Carlos Piedra Santamaria  
**Asunto:** Proyecto de práctica profesional ASOMOVE-TEC

Buen día estimado Eric,

Mi nombre es Sebastian Mata, profesor de la Escuela de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El presente correo es para comentarle que, como parte del convenio que existe entre ASOMOVE y el TEC, y a través del Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE), tenemos un estudiante de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial que tiene una propuesta de proyecto muy interesante que como resultado va a otorgar información bastante valiosa para la sociedad civil.

Dicha propuesta la discutimos el pasado 17 de diciembre con Diana Rivera. En el archivo adjunto puede encontrar los detalles del proyecto propuesto.


De la manera más atenta y respetuosa le invitamos a leer dicho documento y le solicitamos tanto su colaboración como la de ASOMOVE para que nos permitan efectuar dicho proyecto, que es el trabajo final que le permitirá al estudiante graduarse como ingeniero en mantenimiento industrial.

Agradezco de antemano su colaboración y quedo atento a cualquier comentario o duda que nos plantee.

Saludos cordiales

[Obtener Outlook para iOS](#)

---

 **Carta Solicitud Practica Profesional TEC.pdf**  
122K

---

**Sebastian Mata Ortega** <semata@itcr.ac.cr>  
Para: "luisrojasr11@gmail.com" <luisrojasr11@gmail.com>

20 de enero de 2020, 9:11

[Obtener Outlook para iOS](#)

---

**De:** eorlich@asomove.org <eorlich@asomove.org>  
**Enviado:** martes, enero 7, 2020 14:02  
**Para:** Sebastian Mata Ortega; eorlich@asomove.org  
**CC:** drivera@asomove.org; Sergio Arturo Morales Hernández; Carlos Piedra Santamaria  
**Asunto:** Re: Proyecto de práctica profesional ASOMOVE-TEC

Estimado Sebastián,

Es un gusto saludarlo, disculpas por la demora.  
Nos alegrará en ASOMOVE colaborar en este proyecto que servirá para impulsar aún más la movilidad sostenible.  
Y si les agradeceremos brindarnos la información que produzca el estudio.  
Atentamente,

Eric Orlich

----- Original Message -----

**From:** "Sebastian Mata Ortega" <[semata@itcr.ac.cr](mailto:semata@itcr.ac.cr)>

**To:** "[eorlich@asomove.org](mailto:eorlich@asomove.org)" <[eorlich@asomove.org](mailto:eorlich@asomove.org)>

**Cc:** "[drivera@asomove.org](mailto:drivera@asomove.org)" <[drivera@asomove.org](mailto:drivera@asomove.org)>, "Sergio\_Arturo\_Morales\_Hernández" <[smorales@itcr.ac.cr](mailto:smorales@itcr.ac.cr)>, "Carlos Piedra Santamaria" <[cpiedra@itcr.ac.cr](mailto:cpiedra@itcr.ac.cr)>

**Sent:** Thu, 19 Dec 2019 13:45:51 +0000

**Subject:**

[El texto citado está oculto]

Cartago, 19 de diciembre del 2019

Sr. Eric Orlich.

Presidente.

Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica (ASOMOVE).

Estimado Señor.

Sirva la presente para saludarle y hacer de su conocimiento que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial de la **Escuela de Ingeniería Electromecánica del Tecnológico de Costa Rica**, requieren efectuar una Práctica Profesional como Trabajo Final de Graduación a nivel de **Licenciatura** (como último requisito para graduarse). Dicha Práctica Profesional consiste en la ejecución de un proyecto en el área de **Diseño de Ingeniería** o en el área de **Gestión del Mantenimiento Industrial**.

Aprovechando el convenio existente entre ASOMOVE y el TEC, y a través del Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE), el estudiante Luis Estivens Rojas propone efectuar un estudio basado en análisis de ciclo de vida útil e investigación de carácter técnico - ingenieril para determinar la factibilidad de adquirir un vehículo eléctrico tipo automóvil en comparación con uno de combustión interna. Esta propuesta fue discutida con Diana Rivera en reunión celebrada el martes 17 de diciembre donde participamos mi persona, el ingeniero Carlos Piedra Santamaría, profesor de la Escuela de Ingeniería Electromecánica, y el estudiante Luis Estivens Rojas. El objetivo del estudio consiste en desmitificar aspectos que provocan que hoy en día muchas personas prefieran vehículos de combustión interna en lugar de vehículos eléctricos, basándose para esto en datos reales y análisis ingenieril que sustenten los resultados.

El producto final es un informe de carácter profesional el cual va a ser compartido con ASOMOVE, LIVE y la sociedad civil con el fin de sentar un precedente que permita eliminar los mitos existentes que rodean la adquisición de un vehículo eléctrico, no sólo desde el punto de vista económico, sino también técnico. Asimismo, dentro de los entregables está una exposición magistral por parte del estudiante, dirigida a miembros de ASOMOVE y LIVE. Por lo tanto, de la manera más respetuosa y atenta **le solicito su colaboración** para que el estudiante pueda efectuar su proyecto y que ASOMOVE pueda apoyarlo en la recolección de datos a través de sus asociados, insumo que es clave para el proyecto por desarrollar y del cual depende el éxito de los resultados obtenidos.

El periodo de Práctica Profesional para el I semestre 2020 del Tecnológico, se inicia el próximo **03 de febrero** y finaliza el **29 de mayo**, durante este periodo el estudiante aceptado debe desarrollar el proyecto previamente aprobado entre ambas partes, dentro de la empresa o institución en una jornada con un mínimo de 36 horas semanales (5 días/semana). Le informo además que todos los estudiantes en práctica están cubiertos por la póliza **No. 01-03-EUN-1-07**, que la Institución mantiene con el INS, póliza que el TEC paga anualmente alrededor del mes de marzo.

Hago de su conocimiento que los programas de estudio de la **Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial** están acreditados por el **CEAB** "Canadian Engineering Accreditation Board" desde el año 2001, con una actual re acreditación hasta el año 2022.

Por lo anterior le solicito estudiar la posibilidad de aceptar el estudiante: **Luis Estivens Rojas Rojas**, carné 201130165, cédula 207140241, teléfono 87019915, email [luisrojasr11@gmail.com](mailto:luisrojasr11@gmail.com), quien al finalizar el presente semestre (II semestre 2019) cumple con los requisitos para realizar Práctica Profesional. De ser positiva su respuesta, **por favor extenderle al estudiante una carta de aceptación.**

Agradezco su atención y colaboración.

Atentamente,

Ing. Sebastián Mata Ortega

Profesor Escuela de Ingeniería Electromecánica, Tecnológico de Costa Rica.

**Profesor Guía**

Ing. Carlos Piedra Santamaría

**Asesor Industrial**

Sr. Eric Orlich Soley

**Tribunal examinador**

Ing. Jefferson Ilima Coto

Ing. Luis Gómez Gutiérrez

## Información del estudiante y la empresa

### Información del estudiante y la empresa

Nombre	Luis Estivens Rojas Rojas
Cédula	2 0714 0241
Carnet TEC	201130165
Edad (años)	27
Dirección de residencia en época lectiva	100 metros este y 200 metros sur de los Tribunales de Justicia, Grecia, Alajuela.
Dirección de residencia en época no lectiva	100 metros este y 200 metros sur de los Tribunales de Justicia, Grecia, Alajuela.
Teléfono	8701 9915
Correo Electrónico	<a href="mailto:luisrojasr11@gmail.com">luisrojasr11@gmail.com</a>

### Información del Proyecto

Nombre del proyecto	Estudio de prefactibilidad de análisis de costos y vida útil para automóviles tipo sedán de combustión interna y eléctricos de uso particular
Profesor	Carlos Piedra Santamaría
Asesor Industrial	Diego Orlich
Horario de trabajo del estudiante	

### Información de la empresa

Nombre	Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica ASOMOVE
Zona	San José
Dirección	Pavas, Rohrmoser, Nunciatura Flats.
Teléfono	
Fax	
Apartado Postal	
Actividad Principal	Impulso y apoyo al desarrollo y crecimiento de la Movilidad Eléctrica en Costa Rica.

## **Dedicatoria**

*A mis padres, Walter y Marjorie, quienes me criaron para ser una persona de bien, y que siempre me han apoyado para lograr alcanzar la meta de ser un profesional.*

*A mis hermanos Estefanie y Daniel, demás familiares y allegados, porque gracias a ustedes he aprendido cómo ser una mejor persona y me han ayudado cuando lo he requerido.*

*A todos aquellos amigos forjados a lo largo de esta etapa de mi vida en el TEC, que de forma incondicional me han ayudado a continuar y superar momentos difíciles en este camino, en especial a Asdrúbal, María José y Sergio, siempre los llevaré en mis pensamientos.*



## **Agradecimientos**

*A mi familia por apoyarme en este camino de la vida, por el amor que siempre me han brindado.*

*Al Tecnológico de Costa Rica, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de estudiar una carrera que me apasiona, y por permitirme conocer personas diversas, tanto compañeros de clase como profesores que me han enseñado tanto en esta etapa de mi vida. A todos siempre les tendré mucho aprecio.*

*A mi profesor guía, Carlos Piedra, de la Escuela de Ingeniería Electromecánica, quien me enseñó a buscar oportunidades más allá de lo que yo visualizaba, y de siempre buscar temas innovadores.*

*A Diana Rivera y a la Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica (ASOMOVE), porque me brindaron la oportunidad de elaborar este proyecto, además de mostrarme una nueva forma de transporte limpio y con mucho potencial de crecimiento en Costa Rica como lo es la Movilidad Eléctrica y de cómo esta puede mejorar no solo el medio ambiente, sino nuestras vidas.*

# Tabla de contenidos

<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	22
<b>Introducción</b> .....	22
<b>Antecedentes</b> .....	22
<b>Reseña de la asociación</b> .....	25
<b>Planteamiento del Problema</b> .....	26
<b>Objetivo General</b> .....	28
<b>Objetivos Específicos</b> .....	28
<b>Preguntas de Investigación</b> .....	28
<b>Justificación</b> .....	29
<b>Viabilidad</b> .....	33
<b>Alcance</b> .....	34
<b>Limitaciones</b> .....	34
<b>Cronograma</b> .....	34
<b>Capítulo 2. Marco Metodológico</b> .....	35
<b>Capítulo 3. Marco Teórico</b> .....	37
<b>1. Plan de Descarbonización.</b> .....	37
<b>2. Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018 – 2030.</b> .....	37
<b>3. Acuerdo de París</b> .....	37
<b>4. Protocolo de Kioto</b> .....	37
<b>5. ONU Medio Ambiente</b> .....	38
<b>6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero</b> .....	38

<b>7. Cambio Climático.....</b>	<b>39</b>
<b>9. Batería para vehículo eléctrico .....</b>	<b>40</b>
<b>10. Procesos de reciclaje de baterías de vehículo eléctrico .....</b>	<b>40</b>
<b>3.10.1 Pirometalurgia .....</b>	<b>40</b>
<b>3.10.2 Hidrometalurgia .....</b>	<b>40</b>
<b>3.10.3. Reutilización (segunda vida) .....</b>	<b>40</b>
<b>11. Centros de recarga .....</b>	<b>40</b>
<b>12. Máquina Eléctrica .....</b>	<b>41</b>
<b>13. Incentivos Gubernamentales. ....</b>	<b>41</b>
<b>14. Ciclos de manejo .....</b>	<b>42</b>
<b>15. Análisis de Ciclo de vida útil.....</b>	<b>42</b>
<b>3.15.1. Costo total de posesión .....</b>	<b>42</b>
<b>3.15.2. Costos iniciales .....</b>	<b>43</b>
<b>3.15.3. Costos de operación y mantenimiento.....</b>	<b>43</b>
<b>3.15.4. Valor residual o disposición final. ....</b>	<b>43</b>
<b>16. Definiciones financieras .....</b>	<b>43</b>
<b>3.16.1. Proyecto de inversión privada .....</b>	<b>43</b>
<b>3.16.2. Depreciación.....</b>	<b>43</b>
<b>3.16.3. Flujos netos de efectivo.....</b>	<b>43</b>
<b>3.16.4. Valor del dinero en el tiempo .....</b>	<b>44</b>
<b>3.16.5. Valor Actual Neto (VAN) .....</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo 4. Análisis de Resultados .....</b>	<b>46</b>

<b>Objetivo 1. Determinar la estructura de costos involucrados para la operación y mantenimiento para una muestra de automóviles similares (sedán o hatchback) de dueños privados, miembros de ASOMOVE.....</b>	<b>46</b>
<b>Costos anuales de mantenimiento .....</b>	<b>46</b>
<b>Impuestos gubernamentales .....</b>	<b>57</b>
<b>Objetivo 2. Determinar los costos de operación por concepto de consumo energético (kWh/100 km, l/100 km, ¢/100 km) promedio de un automóvil en el país, con la muestra de vehículos seleccionada entre miembros de ASOMOVE y dueños de autos particulares. ....</b>	<b>66</b>
<b>4.3. Objetivo 3. Elaborar un análisis financiero basado en los conceptos de ciclo de vida útil y costo total de posesión, que ofrezca la opción más factible para la adquisición de automóviles a largo plazo para consumidores privados (uso particular) basado en el tipo de motor (eléctrico o combustión interna). ....</b>	<b>74</b>
<b>Objetivo 4. Investigar las normas, procesos y/o regulaciones vigentes a nivel nacional e internacional que permitan un segundo uso o reciclaje responsable con el medio ambiente de los componentes de un automóvil al final de su vida útil.....</b>	<b>80</b>
<b>Costa Rica .....</b>	<b>81</b>
<b>Estados Unidos.....</b>	<b>82</b>
<b>Unión Europea.....</b>	<b>82</b>
<b>China .....</b>	<b>85</b>
<b>Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>86</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>86</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>87</b>
<b>Capítulo 6. Referencias .....</b>	<b>88</b>
<b>Capítulo 7. Anexos .....</b>	<b>96</b>

<b>Anexo 1. Huella de carbono evitada por el uso de un automóvil eléctrico .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 2. Encuesta de Formularios de Google enviada a los asociados de ASOMOVE para recolectar datos relevantes para la investigación.....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 3 Tasa de variación interanual promedio del índice de precios al consumidor y tasa básica pasiva promedio durante el periodo 2010-2019 .....</b>	<b>108</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.1</b> Crecimiento acumulado anual en la flota de los vehículos eléctricos en las carreteras de Estados Unidos de enero del 2011 a marzo del 2019.....	<b>23</b>
<b>Figura 1.2</b> Crecimiento acumulado anual de medios de transporte eléctrico en Costa Rica .....	<b>24</b>
<b>Figura 1.3</b> Comité Ejecutivo ASOMOVE .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 1.4</b> Definición del Problema (Debiera vs Realidad) .....	<b>27</b>
<b>Figura 1.5</b> Contribución porcentual de emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) de vehículos en el 2010 .....	<b>29</b>
<b>Figura 1.6</b> Distribución del Consumo de Derivados del Petróleo por Sector para el 2017 .....	<b>30</b>
<b>Figura 1.7</b> Consumo Final de Energía en el Transporte Según Modo 2017.....	<b>30</b>
<b>Figura 1.8</b> Costa Rica: Evolución de los promedios anuales de partículas PM <sub>10</sub> en el periodo 2009-2013 .....	<b>31</b>
<b>Figura 1.9</b> Condiciones de Bono para Cambiar un Automóvil Mayor a 10 Años..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 1.10</b> Cronograma Estimado para la Realización del Proyecto .....	<b>34</b>
<b>Figura 2.1</b> Metodología Planteada para el Desarrollo del Proyecto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 4.1</b> Sistemas de un Vehículo de Combustión Interna .....	<b>47</b>
<b>Figura 4.2</b> Sistemas de un Vehículo Eléctrico .....	<b>48</b>
<b>Figura 4.3</b> Porcentaje de automóviles eléctricos por marca.....	<b>61</b>

<b>Figura 4.4</b> Frecuencia de asistencia a la Revisión Técnica Vehicular .....	62
<b>Figura 4.5</b> Mapa de la Gran Área Metropolitana .....	67
<b>Figura 4.6</b> Consumo eléctrico mensual promedio según estrato social.....	68
<b>Figura 4.7</b> Costo de Posesión por Kilómetro según Condición de Adquisición del Hyundai Ioniq y Toyota Corolla .....	77
<b>Figura 4.8</b> Costo de Posesión por Kilómetro según Condición de Adquisición del Nissan Leaf y Nissan Versa .....	78
<b>Figura 4.9</b> Costo de Posesión por Kilómetro según Condición de Adquisición del Hyundai Ioniq y Nissan Leaf .....	78

## Índice de tablas

<b>Tabla 3.1</b> Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Sector Industrial para el 2012.....	38
<b>Tabla 3.2</b> Gramos de Gases de Efecto Invernadero de los Gases más Importantes en el Sector Transporte Terrestre .....	39
<b>Tabla 3.3</b> Incentivos para la Adquisición de Vehículos Eléctricos .....	42
<b>Tabla 4.1</b> Marcas, año y cantidad de automóviles eléctricos analizados para costos de mantenimiento .....	49
<b>Tabla 4.2</b> Cantidad de servicios y costo medio por tipo de trabajo a automóviles eléctricos en el 2019 .....	50
<b>Tabla 4.3</b> Valores medios por marca de automóvil eléctrico y media ponderada de costos de mantenimiento durante el año 2019.....	50
<b>Tabla 4.4</b> Costos de Mantenimiento Anualizado para un Automóvil Eléctrico .....	51
<b>Tabla 4.5</b> Marcas, años y cantidad de automóviles de combustión interna analizados para los costos de Mantenimiento.....	53
<b>Tabla 4.6</b> Cantidad de servicios y costo medio por tipo de trabajo a automóviles de combustión en el 2019 .....	54
<b>Tabla 4.7</b> Valores medios por automóvil de combustión y media ponderada de costos de mantenimiento durante el año 2019.....	55
<b>Tabla 4.8</b> Costos de mantenimiento anualizado para automóviles de combustión interna .....	56
<b>Tabla 4.9</b> Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto del mantenimiento en el periodo 2021-2030 .....	57
<b>Tabla 4.10</b> Desglose de los rubros incluidos en el derecho de circulación de los automóviles .....	57
<b>Tabla 4.11</b> Cálculo del impuesto a la propiedad de vehículos .....	58
<b>Tabla 4.12</b> Registro histórico del valor del SOA en el periodo 2010 - 2020 para vehículos particulares .....	60
<b>Tabla 4.13</b> Dimensiones físicas de los automóviles modelo 2020 .....	61

<b>Tabla 4.14</b>	Costos estimados de marchamos en el periodo 2020-2030 para el Hyundai Ioniq.....	63
<b>Tabla 4.15</b>	Costos Estimados de Marchamos en el Periodo 2020-2030 para el Nissan Leaf .....	63
<b>Tabla 4.16</b>	Costos estimados de marchamos en el periodo 2020-2030 para el Toyota Corolla .....	64
<b>Tabla 4.17</b>	Costos estimados de marchamos en el periodo 2020-2030 para el Nissan Versa.....	64
<b>Tabla 4.18</b>	Costos estimados por Revisión Técnica en el periodo 2020-2030 .....	64
<b>Tabla 4.19</b>	Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto de derecho de circulación en el periodo 2021-2030 .....	65
<b>Tabla 4.20</b>	Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto de revisión técnica en el periodo 2021-2030.....	65
<b>Tabla 4.21</b>	Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto de operación en el periodo 2021-2030. ....	65
<b>Tabla 4.22</b>	Lugares de carga del automóvil eléctrico y cantidad de usuarios que los utilizan.....	66
<b>Tabla 4.23</b>	Zonas de circulación de los encuestados por zona .....	67
<b>Tabla 4.24</b>	Tarifas residenciales en el primer semestre 2020.....	69
<b>Tabla 4.25</b>	Poder calórico, densidad y precio de la gasolina Súper .....	69
<b>Tabla 4.26</b>	Rendimiento energético y monetario de un automóvil de combustión interna en el 2020	70
<b>Tabla 4.27</b>	Rendimiento energético y monetario de la muestra analizada de automóviles eléctricos en el 2020.....	71
<b>Tabla 4.28</b>	Costo eléctrico anualizado del Hyundai Ioniq .....	71
<b>Tabla 4.29</b>	Costo Eléctrico Anualizado del Nissan Leaf.....	72
<b>Tabla 4.30</b>	Costo de combustible anualizado.....	72
<b>Tabla 4.31</b>	Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por consumo energético 2021-2030 .....	73
<b>Tabla 4.32</b>	Precios de venta de los automóviles listados en la tabla 4.13 .....	75
<b>Tabla 4.33</b>	Valores Presentes de los Costos Operacionales, Mantenimiento y Valor de Reventa de los Diferentes Modelos a lo Largo de la Vida Útil.....	76



<b>Tabla 4.34</b> Resumen de Indicadores Financieros de Ciclo de Vida Útil (Automóvil Comprado de Contado).....	76
<b>Tabla 4.35</b> Resumen de indicadores financieros del ciclo de vida útil (automóvil adquirido por préstamo a 4 Años).....	77
<b>Tabla 4.36</b> Resumen de indicadores financieros del ciclo de vida útil (automóvil adquirido por préstamo a 8 Años).....	77
<b>Tabla 4.37</b> Composición de materiales de un automóvil .....	80
<b>Tabla 7.1</b> Factores de Emisión de GEI .....	96
<b>Tabla 7.2</b> Masa de GEI no enviada a la atmósfera de un automóvil eléctrico.....	97
<b>Tabla 7.3</b> Cantidad de emisiones de GEI no enviadas a la atmósfera por la muestra de 50 automóviles eléctricos .....	97
<b>Tabla 7.4</b> Variación interanual promedio del índice de precios al consumidor del 2010 al 2019 .....	109
<b>Tabla 7.5</b> Variación interanual promedio de la tasa básica pasiva del 2010 al 2019.....	109

## Resumen

Para el presente proyecto se desarrolla un estudio de prefactibilidad para la adquisición de un automóvil eléctrico versus uno de combustión interna basado en el ciclo de vida útil, desde el momento de la compra hasta el final de su vida útil, con base en una muestra de automóviles particulares de asociados de ASOMOVE.

Primero se procede a calcular los costos en que se incurre en cada tipo de automóvil por concepto del mantenimiento durante el periodo 2019-2020, con base en los datos brindados por sus dueños, para luego proceder a anualizarlos durante periodo de vida útil, para luego calcular los gastos incurridos en los impuestos gubernamentales (el derecho de circulación o marchamo y la revisión técnica) durante el periodo de posesión, para luego tomar los gastos mencionados y mostrarlos como el valor que se destinaría para cubrir los gastos operacionales traídos al valor presente.

Luego, se calcula el rendimiento energético por cada 100 km de las variantes eléctricas y de combustión interna, basado en los gastos por electricidad y combustible, distancias recorridas mensualmente y tarifas energéticas, para tomar estos datos y calcular el consumo energético anual, a lo largo de la vida útil del automóvil, mostrando el valor que traído a valor presente se estaría gastando por consumo de electricidad/combustible.

Seguidamente se calcula los costos totales que se incurre durante el periodo de posesión de un automóvil, ya sea eléctrico o de combustión interna, por lo cual se lleva a cabo un análisis financiero dividido en tres escenarios de adquisición, con el fin de señalar una tendencia en los costos totales anuales y por kilómetro en que se incurre en cada tipo de automóvil durante su vida útil.

Finalmente se señalan las condiciones las acciones y las regulaciones en el ámbito nacional e internacional para la reutilización y reciclaje responsable de las partes de un automóvil, de forma que se busque el menor impacto ambiental al momento de la disposición final del vehículo.

**Palabras clave:** estudio de prefactibilidad, ciclo de vida útil, costo total de posesión, transporte sostenible, movilidad eléctrica.

## Abstract

For the present project, a prefeasibility study is developed for the acquisition of an electric automobile versus an internal combustion one based on the useful life cycle, from the moment of purchase to the end of its useful life, based on a sample of private cars of ASOMOVE associates.

First, we proceed to calculate costs incurred by each type of car for maintenance during the 2019-2020 period, based on data provided by their owners, and then proceed to annualize them during the useful life period, and then calculate the expenses incurred in government taxes (Right of movement or technical revision) during the period of possession, to then take the mentioned expenses and show them as the value that will be used to cover operational expenses at current money value.

Then, calculate the energy performance per 100 km of electrical and internal combustion variants, based on electricity and fuel costs, monthly recorded distances, and energy rates, to take these data and calculate annual energy consumption over the course of the useful life of the car, showing the value that a current money is spending for electricity / fuel consumption.

Next, the total costs incurred during the period of possession of a car, whether electric or internal combustion, are calculated, so a financial analysis is carried out divided into three acquisition situations, this in order to indicate a trend in the total annual costs and per kilometer that are incurred in each type of car during its useful life.

Finally, the conditions, actions and regulations at national and international level for the responsible reuse and / or recycling of the parts of a car were pointed out, so that the least environmental impact is sought at the time of final disposal of the car.

**Key words:** prefeasibility study, useful life cycle, total cost of ownership, sustainable transport, electric mobility

## **Acrónimos y Siglas**

**ASOMOVE:** Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica

**AVERE:** *European Association for Electromobility*

**BCCR:** Banco Central de Costa Rica

**BEUC:** *European Consumer Organisation*

**CCSS:** Caja Costarricense del Seguro Social

**CNFL:** Compañía Nacional de Fuerza y Luz

**COSEVI:** Consejo de Seguridad Vial

**EPA:** *Environmental Protection Agency*

**ESPH:** Empresa de Servicios Públicos de Heredia

**FNE:** Flujos Netos de Efectivo

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero

**ICE:** Instituto Costarricense de Electricidad

**IFAM:** Instituto para el Fomento y Apoyo Municipal

**IMN:** Instituto Meteorológico Nacional

**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos

**IPC:** Índice de Precios al Consumidor

**IVA:** Impuesto al Valor Agregado

**JASEC:** Junta Administradora del Servicio Eléctrico de Cartago

**MINAE:** Ministerio de Ambiente y Energía

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas

**RECOPE:** Refinadora Costarricense de Petróleo

**RITEVE:** Revisión Técnica Vehicular

**TCO:** *Total Cost of Ownership*

**VAN:** Valor Actual Neto

**VPF:** Valor Presente de los Flujos



# Capítulo 1. Introducción

## Introducción

Actualmente, la humanidad pasa por una revolución en muchos aspectos de la vida, donde uno de ellos es independizarnos del uso de combustibles fósiles para transportarnos, esto en aras de reducir nuestro impacto en el medio ambiente, mejorar la salud pública y bienestar general.

Para este proyecto se pretende realizar un estudio de prefactibilidad, con el objetivo de analizar la viabilidad de posesión de un automóvil eléctrico para uso particular. De tal forma que se puedan establecer desde los criterios ambientales, económicos y de consumo energético la rentabilidad de un automóvil eléctrico versus uno de combustión interna.

El desarrollo del proyecto analiza la factibilidad de la implementación de automóviles eléctricos en el sector privado, en los trayectos operados en las zonas demográficas mediante el análisis de artículos de revistas relevantes en temas de movilidad eléctrica, y el contraste de la legislación vigente con las condiciones nacionales e internacionales

El desarrollo del proyecto analiza la factibilidad de la implementación de automóviles eléctricos en el sector privado, en los trayectos operados en las zonas demográficas mediante el análisis de artículos de revistas relevantes en temas de movilidad eléctrica, y el contraste de la legislación vigente con las condiciones nacionales e internacionales.

## Antecedentes

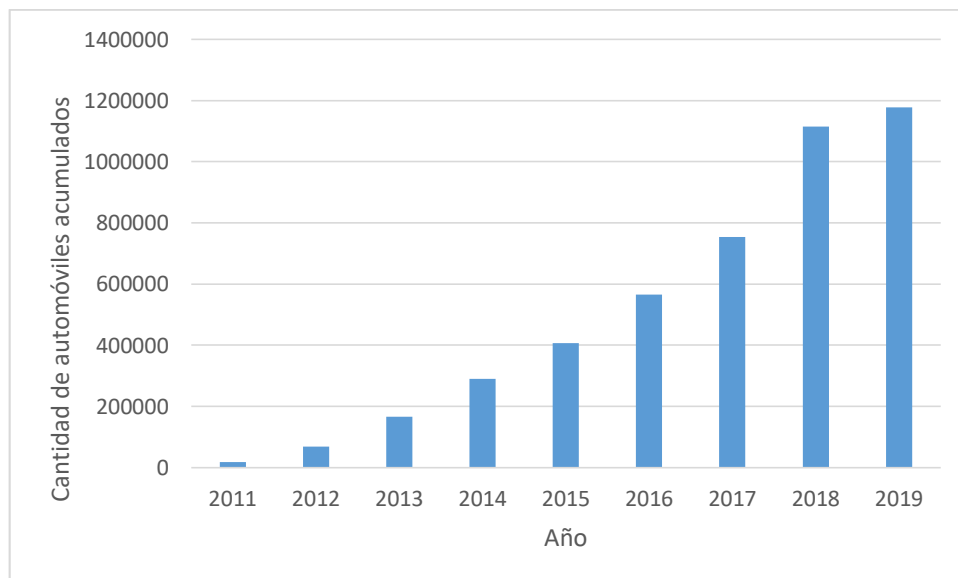
En Costa Rica, el Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030 propone impulsar la adquisición de vehículos con cero emisiones de CO<sub>2</sub> para uso particular; por medio de incentivos y campañas de información (MINAE, 2019). De manera tal que el Estado mediante el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y otras dependencias gubernamentales estimulen a los usuarios la compra de vehículos que consuman energía producida de manera limpia y renovable, donde además se establezca la infraestructura requerida para el uso de manera generalizada entre la población. Además, se busca, a mediano plazo, un manejo responsable de los residuos a la hora de reciclar el automóvil, sin dejar de lado la reducción gradual de los desechos provenientes del funcionamiento normal de los vehículos con motores de combustión interna (gases de efecto invernadero). También, el plan nacional de descarbonización, en el eje 2, propone el aumento de la flota de los vehículos ligeros cero emisiones, en las carreteras nacionales, proyectando que para el 2035, el 25% de la flota vehicular sea eléctrica; acompañado del

desarrollo de una extensa red de recarga eléctrica en el ámbito nacional e infraestructura adicional requerida para abastecer de fuentes de energía a otras tecnologías cero emisiones (MINAE, 2018). Estas acciones tienen como fin el de independizar al país del uso de combustibles fósiles en el sector transporte, para así reducir de esta manera la huella de carbono y al mismo tiempo, sacar provecho de las formas de producción eléctrica del país.

Mundialmente, el mercado de venta de automóviles eléctricos ha experimentado un aumento desde principios de la década del 2010, donde Choi & Rhee (2020) afirman:

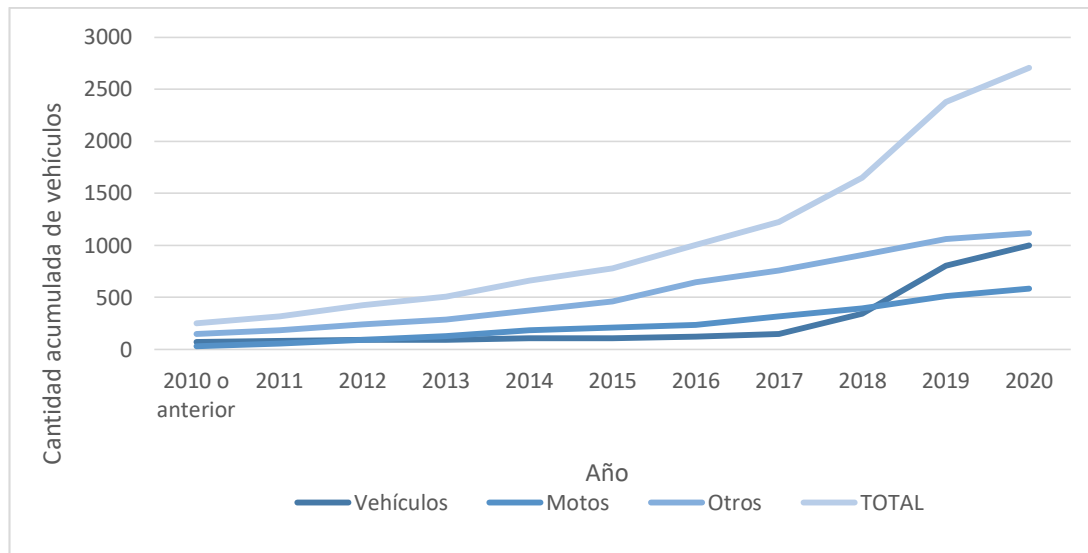
El número de vehículos eléctricos registrados en el mundo aumentó bruscamente de 3 millones en el 2017 a 5,1 millones en el 2018 (...) Más de la mitad de las ventas mundiales de vehículos eléctricos se realizaron en China que es el mercado de vehículos eléctricos más grande del mundo, seguido de Europa y Estados Unidos (p.1).

Lo que muestra un creciente interés de los compradores en alternativas eléctricas para sus medios de transporte en diversas partes del mundo. Dicho crecimiento se ve reflejado en las figuras 1.1 y 1.2, donde se muestra el crecimiento anual de vehículos eléctricos en Estados Unidos y Costa Rica desde principios de la década del 2010.



**Figura 1.1** Crecimiento acumulado anual en la flota de los vehículos eléctricos en las carreteras de Estados Unidos de enero del 2011 a marzo del 2019

**Fuente:** Elaboración propia con información de (*Edison Electric Institute*, 2018) (Excel 2013).



**Figura 1.2** Crecimiento acumulado anual de medios de transporte eléctrico en Costa Rica

**Fuente:** Elaboración propia con información de (Ministerio de Ambiente y Energía. 2020)

El crecimiento de la cantidad de automóviles eléctricos vendidos mundialmente se puede atribuir a una mayor conciencia ambiental y ahorro de dinero debido a los gastos en que se incurre al tener un vehículo de combustión interna (insumos energéticos como gasolina o electricidad, mantenimientos, entre otros) (Palmer et al., 2017) (Abotalebi et al., 2019); y Costa Rica no ha sido ajena a este comportamiento, dado que ha experimentado un crecimiento en las ventas de dichos vehículos, como se muestra en la figura 1.2. De modo que para aprovechar la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y reducir la huella de carbono generada por el sector transporte, toma importancia la adquisición de automóviles cero emisiones siguiendo las tendencias de crecimiento de compra de este tipo de vehículos por países como China, Estados Unidos, Noruega o Suecia (Abotalebi et al., 2019).

En países como Italia o Canadá, por ejemplo, se han realizado estudios que contemplan el costo a lo largo de la vida útil de un automóvil según tamaño, planta motriz, etc.; con el fin de determinar la opción más económica durante la vida del bien analizado. Lo anterior por medio de la metodología del Costo Total de Posesión (TCO por sus siglas en inglés), el cual contempla los aspectos de depreciación, el consumo energético, los costos de mantenimiento, entre otros (De Clerk et al, 2018) (Scorrano et al. 2019) (Danielis et al., 2018) (Tanco et al., 2019). En el caso de la región latinoamericana, se menciona por parte de (ONU Medio Ambiente, 2018), la importancia de utilizar instrumentos financieros y mecanismos de atracción que sean útiles para promover la movilidad eléctrica en la región, ya que en Europa, tanto la Organización del Consumidor Europea (BEUC, *The European Consumer Organization*) y la



Asociación Europea para la Electromovilidad (AVERE, por sus siglas en inglés, *The European Association for Electromobility*) señalan la importancia de la accesibilidad de adquisición de un vehículo eléctrico por medio del TCO, como herramienta importante para el fortalecimiento de la movilidad eléctrica como medida financiera para comparar los costos en un determinado periodo de cada tipo de vehículo con las respectivas contrapartes de combustión interna. En el ámbito nacional, los estudios existentes relativos a la movilidad eléctrica abarcan sobre el impacto en la red de distribución eléctrica nacional con el crecimiento de la flota de vehículos eléctricos en el país (Araya, 2018); y los factores que inciden en las preferencias de demanda de vehículos eléctricos (Rivera 2019).

Por otro lado, el Plan Nacional de Energía 2015-2030 propone la incentivación de programas de descarte de los vehículos que sobrepasen su vida útil para renovar la flotilla de transportes por opciones que generen menos contaminantes al medio ambiente. Para el caso de reciclaje de los automóviles eléctricos en el extranjero, se busca la mayor recuperación de materiales valiosos (especialmente de las baterías), como el cobre, el níquel, cobalto y litio, dado que son materiales de difícil acceso y necesarios para la construcción de dichos automóviles (Burket, 2018). Se busca reutilizar los materiales mencionados en la producción de las baterías para reducir la extracción minera y los perjuicios que provoca en diversas partes del mundo.

### **Reseña de la asociación**

La Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica (ASOMOVE) se fundó en noviembre del 2017 por un grupo de ciudadanos que son usuarios o están interesados en los temas relativos a la movilidad eléctrica en Costa Rica, tienen como objetivo el impulso y el apoyo de la transición a una sociedad menos dependiente de los combustibles fósiles, y el crecimiento de los medios físicos (como infraestructura de recarga) e incentivos para que la movilidad eléctrica tome más valor entre los costarricenses.

Comité Ejecutivo ASOMOVE	
Presidente	Eric Orlich
Vicepresidente	Mónica Araya
Secretaria	Arlina Gómez
Tesorero	Carlos Walker
Vocal	Julieta Pérez
Fiscal	Rodolfo Echeverría
Directora	Diana Rivera
Asesor	Bernardo Van Der Laet
Vocal	María José Ventura

**Figura 1.3** Comité Ejecutivo ASOMOVE

**Fuente:** Elaboración propia con información de ASOMOVE (2020).

Actualmente, esta asociación cuenta con 240 miembros, tiene un comité ejecutivo, el cual se muestra en la figura 1.3 se encarga de manejar la administración y representación de la ASOMOVE. Para ingresar se requiere una afiliación anual, con un costo de ₡ 12 000, para sufragar los gastos de los empleados, ayudas hacia los asociados y la realización de diversas actividades.

Además, cada año, la ASOMOVE efectúa el Festival Ciudadano de Movilidad Eléctrica, el cual realiza desde el 2018, donde se imparten charlas, facilitan espacios o estands de exposición a las agencias que vendan automóviles eléctricos nuevos y usados, a talleres de reparación, e instituciones públicas y privadas que promueven iniciativas relevantes a la movilidad sostenible; además de ofrecer productos y servicios pertinentes a las necesidades presentes en la movilidad eléctrica en el país.

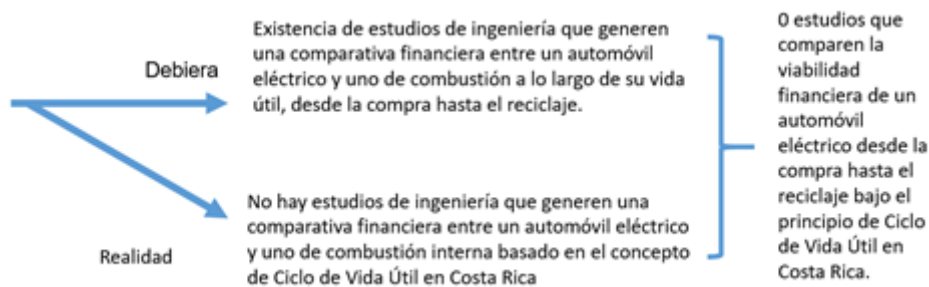
## Planteamiento del Problema

Para el 2019 en Costa Rica, no había estudios técnicos e ingenieriles que abarquen, desde una perspectiva financiera, el ciclo de vida útil (compra, operación, mantenimiento y

disposición final), y que, a su vez, sea una fuente de criterio de escogencia para el consumidor privado entre un automóvil eléctrico de baterías y de combustión interna que no solo compare el costo inicial.

Siendo este tipo de análisis un punto de interés para el crecimiento y promoción del mercado de la movilidad eléctrica sostenible, (tal como lo señala la Organización de Naciones Unidas, Medio Ambiente y AVERE, por medio de BEUC), que utiliza la herramienta del TCO como un instrumento importante en generar datos relevantes desde la perspectiva de gastos a lo largo de la vida útil de un automóvil.

Con lo cual permite comparar entre la versión más viable de automóvil según el segmento o tamaño (automóvil sedán/*hatchback* para efectos del presente estudio) y la planta motriz que posee, ya sea eléctrico o de combustión interna.



**Figura 1.4** Definición del Problema (Debería vs Realidad)

**Fuente:** Elaboración propia (Power Point 2013).

El problema planteado en la figura 1.4, muestra una oportunidad de obtención de los datos para que el consumidor particular pueda escoger un carro adaptado a sus necesidades personales y que a su vez contribuya para alcanzarlas las metas de descarbonización del transporte nacional, y obtener un posible ahorro económico a largo plazo. El cual, Skeete et al. (2020) afirma. “la mayoría de los lugares de investigación sitúan la vida calendario de baterías de iones de litio (...) en 10 años” (p.3).

El cambio a unidades cero emisiones pretenden apoyar acuerdos como los de Kioto y París para reducir impacto en el cambio climático. En el caso de Costa Rica, es capaz de descarbonizar el transporte a partir de la matriz eléctrica, la cual a lo largo del año genera un 90% de energía renovable o superior (MINAE, 2015.).

Además, el uso de vehículos eléctricos contribuye a la reducción de los niveles de contaminación en las ciudades del país, que en varios sectores del país superan el límite de exposición son mayores a los establecidos por la Organización Mundial de la Salud, como se puede observar en la figura 1.8 (OMS) (MINAE, 2015).

### **Objetivo General**

- I. Determinar por medio de análisis financieros e ingenieriles, basados en el ciclo de vida útil y condiciones de operación reales, si es viable la adquisición, a largo plazo, de automóviles eléctricos para consumidores privados, como alternativa al motor de combustión interna.

### **Objetivos Específicos**

- I. Determinar la estructura de costos involucrados para la operación y mantenimiento para una muestra de automóviles similares (sedán o *hatchback*) de dueños privados, miembros de ASOMOVE.
- II. Determinar los costos de operación por concepto de consumo energético (kWh/100 km, l/100 km, ¢/100 km) promedio de un automóvil en el país, con la muestra de vehículos seleccionada entre miembros de ASOMOVE y dueños de autos particulares.
- III. Elaborar un análisis financiero, sustentado en los conceptos de ciclo de vida útil y costo total de posesión, que ofrezca la opción más factible para la adquisición de automóviles a largo plazo, para consumidores privados (uso particular) basado en el tipo de motor.
- IV. Investigar las normas, procesos y regulaciones vigentes en el ámbito nacional e internacional que permitan un segundo uso o el reciclaje responsable con el medio ambiente de los componentes de un automóvil al final de su vida útil.

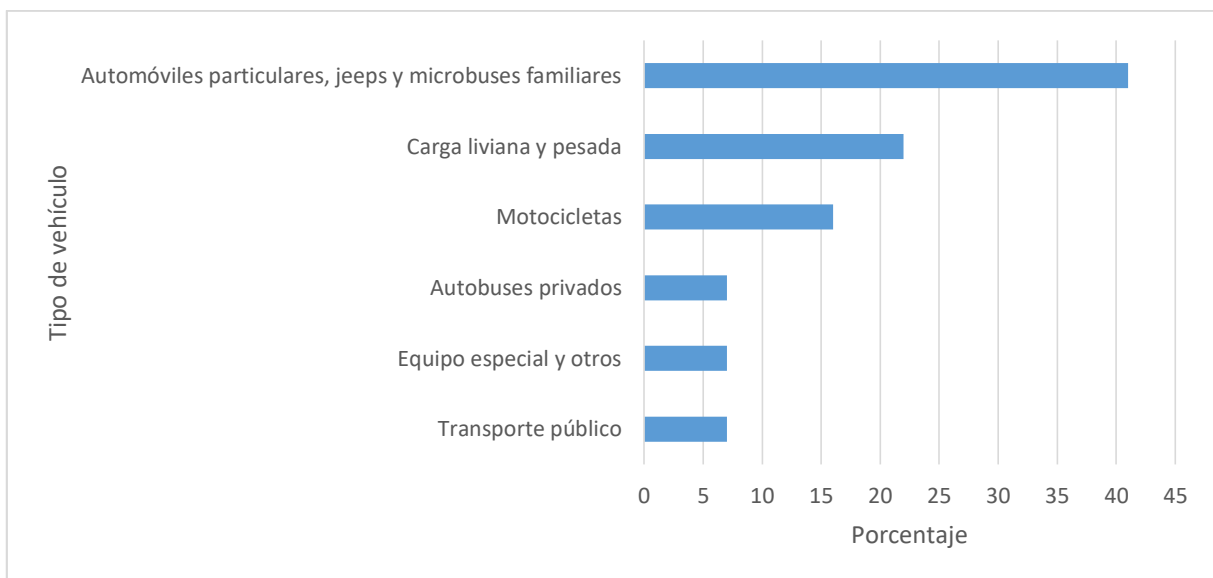
### **Preguntas de Investigación**

¿Es económicamente viable migrar de usar automóviles de combustión interna a eléctricos?

¿Qué acciones se requieren para desechar responsablemente un automóvil eléctrico?

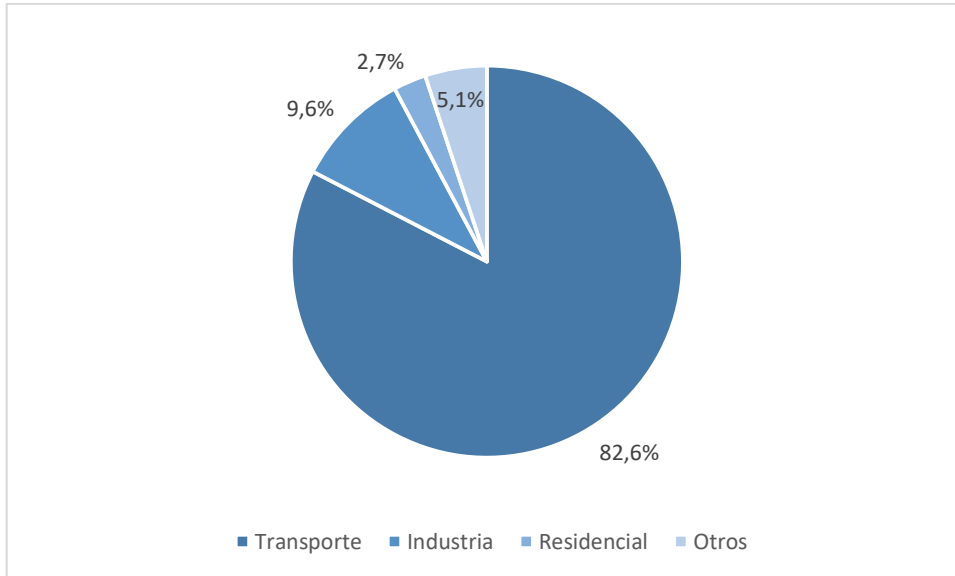
## Justificación

De acuerdo con el VII Plan Nacional de Energía, el sector transporte consume el 66% de los hidrocarburos y produce el 54% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (MINAE, 2015), donde los automóviles particulares son responsables por el 41% de dichas emisiones, aproximadamente, tal como se muestra en la figura 1.5. Además, por concepto de consumo de derivados del petróleo, el país utilizó más del 80% de ese insumo en transporte para el 2017, y el transporte privado a su vez adquirió alrededor del 50 % de derivados del petróleo (ver figuras 1.6 y 1.7) (MINAE, 2019).



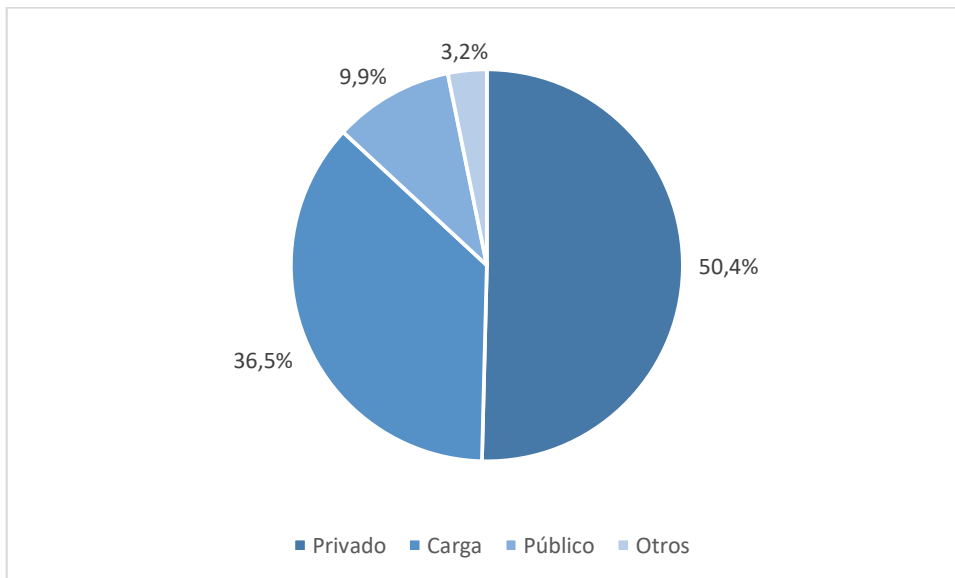
**Figura 1.5** Contribución porcentual de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de vehículos en el 2010

**Fuente:** Elaboración propia con información de (MINAE, 2015)



**Figura 1.6** Distribución del Consumo de Derivados del Petróleo por Sector para el 2017

**Fuente:** Elaboración propia con información de (MINAE, 2019)

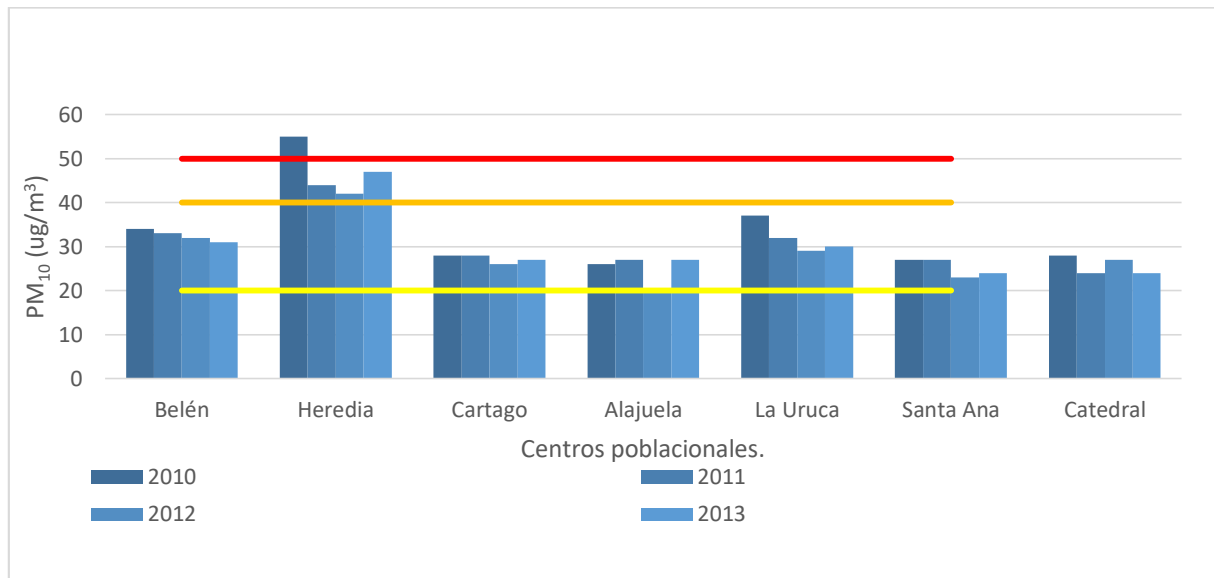


**Figura 1.7** Consumo Final de Energía en el Transporte Según Modo 2017

**Fuente:** Elaboración propia con información de (Ministerio de Ambiente y Energía, 2019)

El Plan Nacional de Descarbonización, en su segundo eje, propone como meta que el 25% de la flota privada sea cero emisiones para el año 2035, con el enfoque de reducir emisiones de gases de efecto invernadero en el país y la dependencia de combustibles fósiles (MINAE, 2018). En el país, los vehículos de combustión interna generan, además de emisiones de

CO<sub>2</sub>, partículas contaminantes PM 10 y PM 2.5 en el aire, las cuales pueden provocar accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón, neumopatías y asma (MINAE, 2018).



**Figura 1.8** Costa Rica: Evolución de los promedios anuales de partículas PM10 en el periodo 2009-2013

**Fuente:** Elaboración propia con información de (Ministerio de Ambiente y Energía, 2015)

La Ley N.º 9518 promueve la adquisición de automóviles eléctricos para uso privado, mediante la aplicación de incentivos y exoneraciones económicas, para atraer a más personas a la adquisición y uso de automóviles eléctricos; dentro de estos beneficios se pueden mencionar: exoneración del IVA, no están sujetos a la restricción vehicular que aplica en el casco central de San José en días hábiles, exoneración de parquímetros y beneficios en el sistema bancario nacional.

El uso de un automóvil eléctrico permite la reducción de costos por mantenimiento, dado que no requieren de mantenimientos periódicos que necesita un auto de combustión (ej. Cambio de aceite), y el costo energético por kilómetro es menor en un automóvil eléctrico, sin embargo, el factor del costo inicial mayor de un auto eléctrico comparado con uno similar de combustión interna es un aspecto que muchas personas consideran como principal sin analizar el panorama a futuro (Abotalebi et al., 2019).

Para el consumidor, los aspectos principales que entran en cuenta al considerar comprar un automóvil eléctrico son: protección del medio ambiente, ahorro de combustible, exoneración de impuestos, no tener restricción vehicular y la disminución del marchamo. Sin embargo, existen preocupaciones como lo son la vida útil de las baterías, el precio inicial y la poca cantidad de talleres especializados en automóviles eléctricos (Rivera, 2019).

El VII Plan Nacional de Energía (MINAE, 2015), propone la creación de un programa de reciclaje de vehículos, para cumplir con el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPS), donde el gobierno para el 2016, por medio del Banco de Costa Rica ofrecen bonos con las condiciones mostradas en la figura 1.9, para cambiar de un vehículo de más de 10 años por una versión más nueva y amigable con el medio ambiente (Prendas, 2016).

El crédito que ofrece el BCR le ofrece ventajas favorables para que usted compre un vehículo más eficiente.

**Monto mínimo**  
 c.5 millones / \$9 mil

**Interés**  
 8,5% en colones /  
 6,25% en dólares

**Plazo** 84 meses

**Garantía** Prendaria

**Financiamiento**  
 100% con bono de reciclaje,  
 90% sin bono

**Figura 1.9** Condiciones de Bono para Cambiar un Automóvil Mayor a 10 Años

**Fuente:** (Prendas, 2016, en línea)

Sin embargo, en la Ley N.º 9518 contempla los aspectos relevantes al estímulo del transporte eléctrico en el país, la organización administrativa y competencias institucionales en los aspectos económicos y no económicos; que en el caso de la disposición final (Artículo 23, ley N.º 9518) queda bajo las disposiciones de la ley N.º 8839 y los decretos ejecutivos N.º 38272-S, N.º 41525-S y N.º 33745-S.

Por otro lado, se está dejando por fuera la parte concerniente a la disposición y tratamientos de los acumuladores o baterías que utilizan los vehículos eléctricos al pasar su vida útil, la responsabilidad del fabricante o vendedor para su correcta gestión ambiental; aplicando el concepto de que Segura (2018) afirma que los

*Modelos para la responsabilidad extendida del productor, (...) pretenden disminuir el ambiental, extendiendo la responsabilidad al fabricante en las diversas etapas de su vida útil (...) especialmente en las etapas de recuperación, reciclaje y disposición final (...)*



contemplando 3 enfoques a saber: prevención de la contaminación, pensamiento sobre el ciclo de vida útil y del que contamina, paga (p.56).

Donde además debe ser una herramienta en el ámbito gubernamental para normar la responsabilidad extendida del productor, la cual obliga al productor de asumir responsabilidad del bien fabricado aún después de pasada su vida útil.

Algunas autoridades estiman que Costa Rica aspira a tener una flotilla de 37 000 automotores para el 2022. De cumplirse estas expectativas en un plazo de 5 a 8 años, estaríamos ya empezando a enfrentarnos con un tema de pendiente de disposición y gestión ambiental de no menos de 37 000 baterías de litio (...) que, si llegaran a terminar en vertedero, generarían un gran daño ambiental (Segura, 2018, p.58).

## **Viabilidad**

Para determinar la viabilidad de cualquier proyecto es necesario tomar los siguientes aspectos para validar el proyecto.

- Disponibilidad de recursos financieros: se cuentan con incentivos por parte del gobierno para llevar a cabo la adquisición de vehículos cero emisiones para consumidores particulares.
- Disponibilidad de recurso humano: ASOMOVE cuenta con personal que se encarga de promover, asesorar y obtener datos sobre el uso de automóviles eléctricos en Costa Rica, para descarbonizar el transporte a nivel nacional.
- Disponibilidad de acceso a la información: se cuentan con accesibilidad a brindar los datos relevantes a la operación (consumo energético, mantenimiento), según (Scorrano, M. et.al, 2019) de un automóvil eléctrico por parte del Laboratorio de Vehículos Eléctricos de la Escuela de Ingeniería Electrónica del Tecnológico de Costa Rica, además de ASOMOVE y de ECATRÓNICA.
- Disponibilidad tecnológica: como en el Tecnológico de Costa Rica actualmente se realizan investigaciones en la descarbonización del transporte, los datos de operación se pueden obtener mediante reuniones con los encargados del laboratorio. Por otro lado, es necesario el uso de herramientas de *office* para el cálculo, redacción y desarrollo de la información obtenida.

## Alcance

El alcance de este estudio es de tipo exploratorio, debido a que se plantea un estudio de cuáles serían las condiciones para entrar en la adquisición de un automóvil eléctrico, uso particular por medio de la información proporcionada por dueños de autos eléctricos afiliados a ASOMOVE, y los aspectos que afrontan en la conducción de sus autos, tomando en cuenta la carga de baterías, la topografía de las rutas usuales, la velocidad promedio del viaje, entre otros, de modo que sean datos útiles para analizar ciclos de manejo.

## Limitaciones

Dentro de las limitantes que se pueden encontrar, se encuentra que la electrificación del transporte es un tema que se trata experimentalmente para incursionar en diversas áreas, donde la oferta nacional de carros cero emisiones es reducida comparando con ventas de carros de combustión interna.

Al ser la oferta de vehículos eléctricos limitada comparada con la de combustión interna presenta un reto para el desarrollo del proyecto, debido a que los vehículos cero emisiones al ser una tecnología relativamente nueva, generalmente presentan un precio de venta superior al modelo equivalente de combustión.

## Cronograma

Tarea	Semana		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17																	
	Duración (días)	Comienzo	Final	Febrero		Marzo			Abril		Mayo		Junio							
Elaboración Informe Escrito	87	4/2/2020	3/6/2020	3	10	17	24	2	9	16	23	30	13	20	27	4	11	18	25	1
<b>Objetivo General</b>	0			[Barra verde continua]																
Conocimiento de viajes frecuentes.	10	3/2/2020	14/2/2020	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Contactar posibles vendedores de vehículos eléctricos en el país.	5	17/2/2020	21/2/2020	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2
<b>Objetivo Específico 1</b>																				
Gastos de operación y mantenimiento	25	3/2/2020	6/3/2020	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Objetivo Específico 2</b>																				
Determinar consumos energéticos de los automóviles seleccionados	15	9/3/2020	27/3/2020	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>Objetivo Específico 3</b>																				
Análisis de ciclo de vida útil de autos de combustión y electricos	20	30/3/2020	24/4/2020	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Objetivo Específico 4</b>																				
Estudio normas pertinentes para el desecho responsable de autos eléctricos	15	27/4/2020	15/5/2020	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Figura 1.10 Cronograma Estimado para la Realización del Proyecto

Fuente: Elaboración propia (Excel 2013).

## Capítulo 2. Marco Metodológico

En esta sección se desglosan las etapas planteadas para el desarrollo del proyecto, tomando en cuenta los objetivos y las actividades pertinentes para lograr las metas planteadas.

Objetivo Planteado	Instrumento de medición	Fuente de información	Forma de Recolección	Forma de Análisis de Datos
Determinar la estructura de costos involucrados para la operación y mantenimiento para una muestra de automóviles similares (sedán o <i>hatchback</i> ) de dueños privados, miembros de ASOMOVE.	Las entrevistas abiertas por medio de los formularios de <i>Google</i> .	De acuerdo con información de gastos suministrada por asociados ASOMOVE y dueños de automóviles durante el mes de febrero y marzo del 2020, se pretende analizar los costos tomando en cuenta la vida útil de los autos.	Se solicitará información a ASOMOVE y a dueños de autos mediante la encuesta del anexo 2; sobre año de los vehículos, y gastos totales anuales que presenta cada automóvil durante el periodo 2019-2020.	Los cálculos de costos fijos y variables como gastos por mantenimiento anual, energía, entre otros.
Determinar los costos de operación por concepto de consumo energético (kWh/100 km, l/100 km, ¢/100 km) promedio de un automóvil en el país, con la muestra de vehículos seleccionada entre miembros de ASOMOVE y dueños de autos particulares.	Entrevistas abiertas por medio de formularios de <i>Google</i> .	Los dueños de vehículos y ASOMOVE por medio de las distancias recorridas y el consumo de combustible y electricidad necesario para recorrer las distancias requeridas por sus dueños.	Se solicitan datos de viajes por parte de los dueños de los automóviles, junto con los datos de ASOMOVE y ECATRÓNICA.	El cálculo de consumo energético de un automóvil de combustión y de uno eléctrico, comparado con precios vigentes en electricidad y combustible fósil.

<b>Figura 2.1. Continuación</b>				
<b>Objetivo Planteado</b>	<b>Instrumento de medición</b>	<b>Fuente de información</b>	<b>Forma de Recolección</b>	<b>Forma de Análisis de Datos</b>
Elaborar un análisis financiero basado en los conceptos de ciclo de vida útil y costo total de posesión, que ofrezca la opción más factible para la adquisición de automóviles a largo plazo para consumidores privados (uso particular) basado en el tipo de motor (eléctrico o combustión interna).	Los cálculos y estimaciones basados en herramientas financieras	Los libros de finanzas para análisis económico de vida útil, además de agencias de vehículos que vendan vehículos eléctricos.	Cotizaciones en agencias que ofrezcan autos eléctricos para analizar precios, y bancos que ofrezcan condiciones de adquisición favorables para compradores particulares.	Los cálculos de valor actual neto y vida útil de los vehículos nuevos, costos proyectados de operación y mantenimiento.
Investigar las normas, procesos y regulaciones vigentes a nivel nacional e internacional que permitan un segundo uso o reciclaje responsable con el medio ambiente de los componentes de un automóvil al final de su vida útil.	Observación	Normas internacionales referentes a reciclaje de automóviles y de baterías.	Obtención, análisis y utilización de normas internacionales relacionadas con el reciclaje de automóviles.	Con base en los criterios de las normas correspondientes, definir los aspectos de reciclaje responsable de automóviles eléctricos.

**Figura 2.1** Metodología Planteada para el Desarrollo del Proyecto

**Fuente:** Elaboración propia (Word 2013).

## Capítulo 3. Marco Teórico

En esta sección, se explican aquellos conceptos pertinentes para determinar la viabilidad económica para el uso de automóviles eléctricos por consumidores privados.

### 1. Plan de Descarbonización.

El plan muestra una serie 10 ejes de acciones para la descarbonización de diversas actividades productivas nacionales, en busca de dinamizar la economía bajo un crecimiento sostenible. En su eje 2 propone se mencionan metas de que un 25% de los vehículos nuevos sean cero emisiones para el 2035 y que para el 2050 el 100% de las ventas de vehículos ligeros sean cero emisiones (MINAE, 2018). Siendo este un aspecto importante el estudio financiero para que el consumidor particular pueda comparar de manera más informada si considera adquirir un automóvil cero emisiones.

### 2. Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018 – 2030.

Dicho plan fue publicado en febrero del 2018, como una ruta de acción para la descarbonización del transporte, promoción de energías renovables limpias en la matriz energética nacional, de forma que mejore la calidad del aire en zonas urbanas, en busca de reducir el impacto generado por gases de efecto invernadero, cumpliendo con políticas de descarbonización nacionales y mejorar la salud humana (MINAE, 2019). Este plan tiene como fin la promoción de la electromovilidad en Costa Rica.

### 3. Acuerdo de París

En este acuerdo se propuso como objetivo mantener la temperatura de la tierra por debajo a los 2 °C respecto a niveles preindustriales, e impulsar esfuerzos para limitar el aumento de temperatura a 1,5 °C. Por otro lado, busca enfrentar las consecuencias del cambio climático (MINAE, 2018).

Este plan además propone en el artículo 2, el situar los flujos financieros, de forma tal que se conduzca a un desarrollo resiliente al clima y a bajar las emisiones de efecto invernadero a niveles preindustriales. (ONU, 2015)

### 4. Protocolo de Kioto

Este acuerdo establece un compromiso internacional que compromete a algunas naciones industrializadas para reducir las emisiones de seis gases del efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbono y sulfuro hexafluoruro) hasta lograr una reducción media de 5,2% en el periodo 2008-2012, respecto de los niveles de

1990 (MINAE, 2018). En el artículo 2 se busca fomentar la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional; además de buscar reducir incentivos fiscales, exoneraciones y subvenciones a actividades emisoras de GEI (ONU, 1998)

## 5. ONU Medio Ambiente

Analiza avances y retos de la movilidad eléctrica en la región, los esfuerzos de diversas asociaciones de Movilidad eléctrica en América Latina. Como recomendación propone la necesidad de instrumentos financieros y modelos que promuevan la movilidad eléctrica y la atracción de consumidores a decantarse por esta alternativa de medio de transporte (ONU Medio Ambiente, 2018).

Este artículo resulta de importancia debido a que señala la necesidad de indicadores financieros que señalen la viabilidad durante la vida útil de un automóvil eléctrico comparado con la alternativa de combustión interna.

## 6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

En la tabla 3.1 se muestran las emisiones de los gases del efecto invernadero por el sector industrial para el 2012.

**Tabla 3.1** Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Sector Industrial para el 2012

Subsector Industria	Gas Emitido (Gg)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Tipo de gas			
Energía	590,44	0,07	0,01
Manufactura y Construcción	1 090,32	0,56	0,08
Transporte	4 827,51	1,26	0,33
Otros	386,93	2,41	0,03
Emisiones fugitivas	89,57		
<b>TOTAL</b>	<b>6 984,77</b>	<b>4,3</b>	<b>0,45</b>

**Fuente:** (Ministerio de Ambiente y Energía, 2012)

En el caso de transportes, al ser emisores de gases de efecto invernadero, debido a los tipos de fuentes de energía que utilizan, son sometidos a cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas por unidad, en la tabla 3.2 se muestran los factores de emisión para gasolina y diésel en transporte.

**Tabla 3.2** Gramos de Gases de Efecto Invernadero de los Gases más Importantes en el Sector Transporte Terrestre

Tipo combustible / filtro hu- mos	Factor de emisión		
	kg CO <sub>2</sub> /L	g CH <sub>4</sub> /L	g N <sub>2</sub> O/L
Diésel sin catalizador	2,613	0,149	0,154
Gasolina sin catalizador	2,231	1,176	0,116
Gasolina con catalizador	2,231	0,907	0,283

**Fuente:** elaboración propia con información del Instituto Meteorológico Nacional, (2019).

## 7. Cambio Climático.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2020) define el cambio climático de la siguiente manera. “Es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”

Mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) especifica respecto al cambio climático lo siguiente:

Durante los últimos 50 años, la actividad humana, en particular el uso de combustibles fósiles ha liberado cantidades de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero suficientes para retener más calor en las capas inferiores de la atmósfera y alterar el clima mundial (párr.6).

## 8. Automóvil Eléctrico

“Un vehículo automotor impulsado con energía cien por ciento eléctrica y no contiene motor de combustión” (MINAE, 2018, p.14).

La Ley N.º 9518 lo define como:

Todo bien mueble impulsado con energía cien por ciento eléctrica o con tecnología de cero emisiones y que no contenga motor de combustión, nuevo, en su versión de automóviles, motocicletas, bicicletas, microbuses, trenes y cualquier otro definido en el reglamento de esta ley.

## **9. Batería para vehículo eléctrico**

“Corresponde a la celda o conjunto de celdas que conforman el paquete acumulador de energía eléctrica, según los requerimientos técnicos del fabricante del vehículo eléctrico” (MINAE, 2018, p.14).

## **10. Procesos de reciclaje de baterías de vehículo eléctrico**

### **3.10.1 Pirometalurgia**

Este método de reciclaje de baterías consta del uso de altas temperaturas (fundición) para recuperar materiales como níquel, cobalto, cobre y hierro de OLIB, tiene como consecuencia que otros elementos como el manganeso, aluminio y litio y contenido en la escoria no pueden ser recuperados, por lo que se pierden y tienen que desecharse y se considera como un desecho peligroso. En este proceso, por medio de la quema de los plásticos de las OLIBS, se ayuda a mantener las altas temperaturas requeridas en el horno, reduciendo el consumo energético del proceso de fundición (Skeete, et al. 2020).

### **3.10.2 Hidrometalurgia**

También conocida como filtración ácida más precipitación química, involucra un tratamiento mecánico previo y el uso de químicos para separar y recuperar metales, por este proceso es posible el uso de litio. Este método puede recuperar más metales que la pirometalurgia (Skeete, et al. 2020).

### **3.10.3. Reutilización (segunda vida)**

Este concepto se centra en las investigaciones que mencionan que una batería retiene su capacidad de carga entre el 70 % y el 80 % respecto a sus niveles iniciales, con lo que estiman se puede dar un uso por unos 10 años más para llegar al final absoluto de vida. Este concepto prevé el uso en diferentes aplicaciones de menor demanda energética, lo cual puede proveer beneficios ambientales y económicos al reducir la cantidad de paquetes nuevos de baterías (Skeete, et al. 2020).

## **11. Centros de recarga**

MINAE (2018) lo define de la siguiente manera:

Estación de suministro o comercialización de energía eléctrica para la recarga de las baterías de los vehículos eléctricos. Comprende el lugar donde los usuarios pueden cargar sus vehículos y al menos un dispensador de energía eléctrica que puede



ser de tipo estación, en poste, empotrado o parche y se clasifican en centros de recarga lento, semi rápido y rápido, cuyo funcionamiento se regirán por los estándares internacionales de acuerdo con las normas técnicas: INTE/IEC 61851-1 “Requisitos generales”, INTE/IEC 61851-22 “Estación de carga en corriente alterna para vehículos eléctricos”, e INTE/IEC 61851-23 “Estación de carga en corriente continua para vehículos eléctricos” respectivamente (p.14).

## **12. Máquina Eléctrica**

Chapman (2012), afirma:

Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica se le denomina generador, y cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama motor; mediante campos magnéticos. (p.1)

Dado que se tienen medios de controlar, transmitir y utilizar la electricidad, el uso de motores eléctricos se puede utilizar en muy variadas aplicaciones, además como fuente de trabajo, un motor eléctrico es más eficiente comparado con un motor de combustión, ya que un motor eléctrico al poseer pocas piezas, la probabilidad de que se dañe por desgaste es baja, además que el aprovechamiento de potencia es bastante alto.

## **13. Incentivos Gubernamentales.**

La Ley N.º 9518 establece en su capítulo 9 los siguientes incentivos para la adquisición de vehículos eléctricos, mostrados en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3** Incentivos para la Adquisición de Vehículos Eléctricos

Monto exonerado del valor CIF del vehículo eléctrico.	Exoneración del impuesto general sobre las ventas.	Exoneración del impuesto selectivo de consumo.	Exoneración del impuesto sobre el valor aduanero.
Los primeros \$ 30 000 del valor del CIF del vehículo eléctrico.	100% de exoneración	100% de exoneración	100% de exoneración
De \$ 30 001 hasta \$45 000 del valor del CIF del vehículo eléctrico.	50% de exoneración	75% de exoneración	100% de exoneración
De \$ 45 001 hasta \$60 000 del valor del CIF del vehículo eléctrico.	0% de exoneración	50% de exoneración	100% de exoneración
De \$ 60 001 en adelante	0% de exoneración	0% de exoneración	0% de exoneración

**Fuente:** Ley N.º 9518. Incentivos y promoción para el transporte eléctrico (2018).

Además, en el capítulo III artículo 13, desglosa los porcentajes de exoneración para el impuesto a la propiedad de automóviles durante los cinco primeros pagos de este, el varía de la siguiente manera: año 1 (100%), año 2 (80%), año 3 (60%), año 4 (40%), año 5 (20%). También, menciona en los artículos 14, 15 y 16 la exoneración de impuestos como el valor agregado, el selectivo de consumo, el valor aduanero; así como de bienes como repuestos, baterías y parquímetros.

#### **14. Ciclos de manejo**

Los ciclos de manejo representan las condiciones de manejo en un área establecida, tomando en cuenta el consumo energético, la densidad del tráfico, la topografía de las carreteras, etc. (Azman, M et al, 2018).

#### **15. Análisis de Ciclo de vida útil**

Es un método para evaluar el costo total de posesión, este análisis toma en cuenta los costos de adquisición, propiedad y disposición final. Es especialmente útil para comparar alternativas que cumplan con la misma necesidad, pero difieren en costos iniciales y de operación, para seleccionar la que represente mayor ahorro (Fueller, 2010). Este tipo de estudios constan de las secciones citadas a continuación.

##### **3.15.1. Costo total de posesión**

El costo total de posesión abarca todos los gastos económicos de un bien (automóvil) durante su ciclo de vida útil, sean regulares o de un solo pago (Scorrano, et al, 2019). En la

literatura, este término se considera como un sinónimo de los términos de coste del ciclo de vida, costo a lo largo de la vida y costo total de vida (Kianian, et.al, 2019). Este análisis es necesario para una comparación objetiva del costo de un automóvil al final de su vida útil.

### **3.15.2. Costos iniciales**

También conocidos como costos de adquisición, son los gastos en los que incurre el cliente en función de los requerimientos definidos para la compra de un bien (Ellis, 2007).

### **3.15.3. Costos de operación y mantenimiento**

Son aquellos costos en los que se puede incurrir durante el uso del bien por concepto de uso y de mantenimiento, en esta sección es donde se vuelve importante el minimizar la reducción de costos durante este periodo. Para determinar estos costos se utilizan estructuras de costos de proyectos similares, encuestas, etc. (Ellis, 2007).

### **3.15.4. Valor residual o disposición final.**

Es el costo o ganancia de deshacerse del bien después de usarlo. Puede incluir el valor residual neto, los costos de transferencia o destrucción. Usualmente se toman como valor cero, pero puede dar ganancia o pérdida (Ellis, 2007).

## **16. Definiciones financieras**

Cuando se realice un proyecto de cualquier índole es necesario respaldar la información y análisis con elementos financieros para determinar su viabilidad económica en uno o varios escenarios que se pueden presentar para su ejecución.

### **3.16.1. Proyecto de inversión privada**

Son proyectos que tienen como objetivo la generación de ganancias sobre una inversión. Dicho proyecto genera interés en tanto se muestre rentabilidad sobre la inversión (Fernández, 2010).

### **3.16.2. Depreciación**

Es la disminución del valor de un objeto en el tiempo (Fernández, 2010).

### **3.16.3. Flujos netos de efectivo**

Este dato indica el valor de las inversiones periódicas durante la vida económica de un proyecto (Fernández, 2010).

### 3.16.4. Valor del dinero en el tiempo

Dado que el dinero gana interés, su valor aumenta a lo largo del tiempo. Si el valor crece del presente al futuro, este debe decrecer del futuro al presente (Fernández, 2010); tal como se indica en la Ecuación 1:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Donde:

VP: Valor presente.

VF: Valor Futuro.

n: años.

i: interés.

### 3.16.5. Valor Actual Neto (VAN)

Es la diferencia entre el valor actualizado del valor de los flujos de beneficio y el valor actualizado de las inversiones y otros egresos de efectivo (Fernández, 2010), dicho valor se obtiene mediante la Ecuación 2.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fn_i}{(1+K)^n} \quad (2)$$

Donde:

$I_0$ : Inversión Inicial.

$F_n$ : Flujo neto efectivo anual

K: Costo del financiamiento del proyecto.

Para escoger el proyecto, se utiliza el siguiente criterio:

$VAN > 0$ : Se escoge el proyecto.

$VAN < 0$ : Se rechaza el proyecto.

$VAN = 0$ : En este caso, financieramente se rechaza, pero estratégicamente puede aceptarse el proyecto.

## Capítulo 4. Análisis de Resultados

### **Objetivo 1. Determinar la estructura de costos involucrados para la operación y mantenimiento para una muestra de automóviles similares (sedán o hatchback) de dueños privados, miembros de ASOMOVE**

En esta sección se analizan los costos de operación y mantenimiento de un automóvil, excluyendo aquellos concernientes al consumo energético, el cual se contempla en el objetivo 2. Los rubros que se analizan en este apartado representan los gastos en mantenimiento e impuestos gubernamentales.

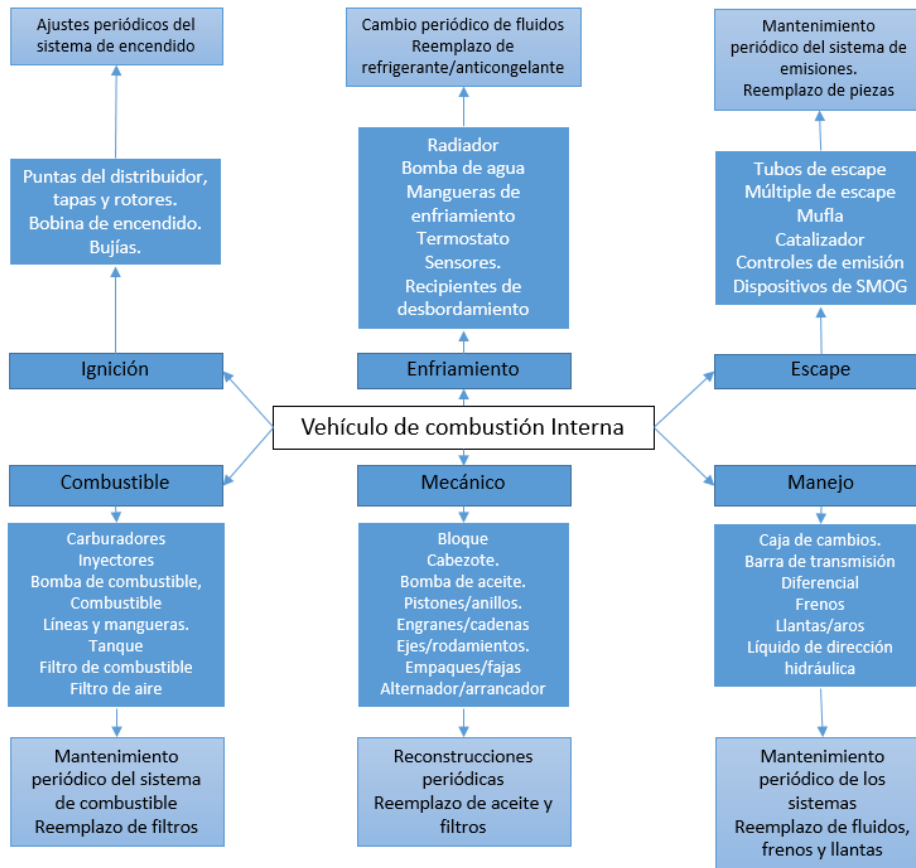
Para la obtención de costos de operación y mantenimiento se recurrió a aplicar una encuesta hecha en los formularios de *Google* (ver anexo 2), la cual se envió a los asociados de ASOMOVE para conocer los gastos en los que incurre un automóvil durante el último año (2019-2020), de forma que sea posible observar de mejor manera en que gastos debe incurrir un dueño de un automóvil tipo sedán o *hatchback*, ya sea de combustión interna o eléctrico.

#### **Costos anuales de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento de un automóvil no son constantes, sino que dependen de variables como el kilometraje recorrido, la planta motriz, entre otros. Dado que este estudio pretende comparar los costos en mantenimiento de un automóvil eléctrico y de combustión interna, se espera un costo menor por año en la alternativa eléctrica, debido a que poseen menor cantidad de piezas comparado con su contraparte de combustión (Palmer, et al. 2017); sin embargo, en sistemas como los de suspensión, no se espera mayor diferencia debido a que son sistemas muy similares.

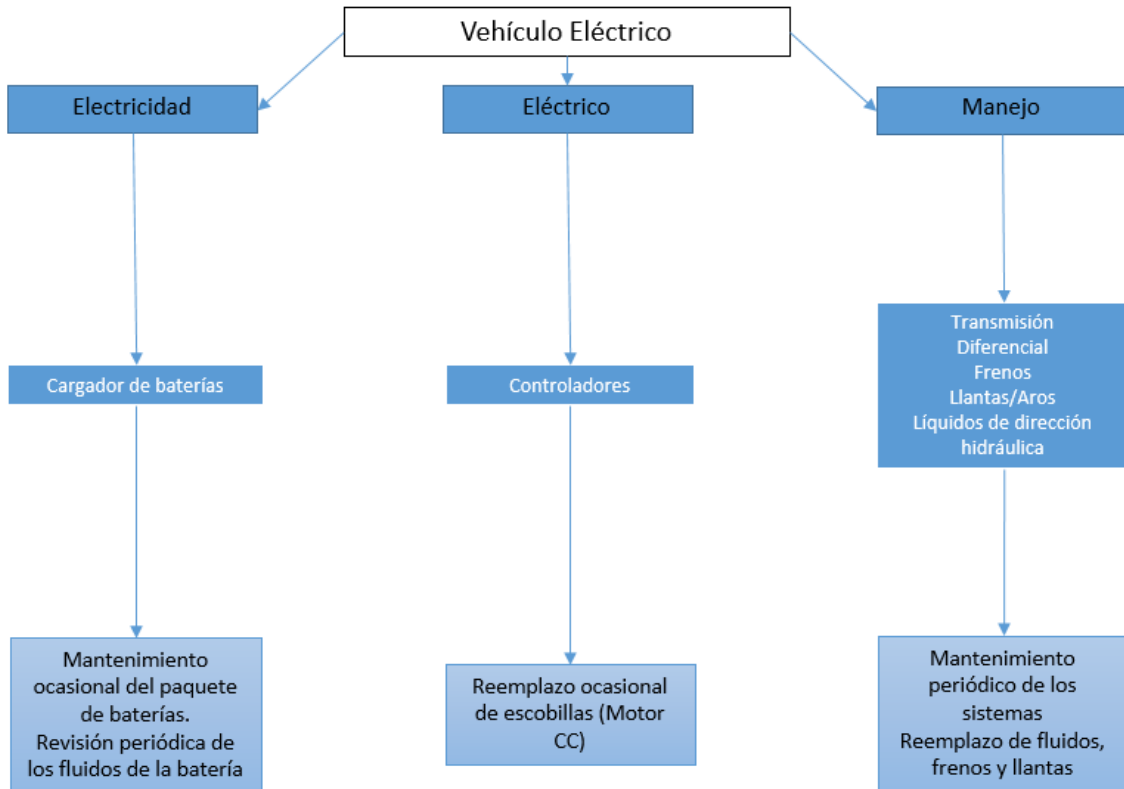
El aspecto en que un automóvil eléctrico puede verse afectado por mantenimiento es por costos de paquete de baterías, ya sea por daño o porque con el paso de los años y del uso no sea capaz de almacenar la misma cantidad de energía comparado con cuando era nueva; sin embargo las agencias de autos ofrecen una garantía diferida del paquete de baterías aparte del automóvil, la cual es de 8 años para el Nissan *Leaf* y de 10 años para el Hyundai Ioniq, y para el resto del automóvil es de 3 años o 100 000 km recorridos desde el momento de la compra (lo que ocurra primero) para ambos modelos, siendo estos dos últimos criterios iguales para los automóviles de combustión.

A continuación, se muestran las figuras 4.1 y 4.2 que muestran los sistemas que componen un automóvil según su fuente de energía.



**Figura 4.1** Sistemas de un Vehículo de Combustión Interna

**Fuente:** elaboración propia con base en Leitman y Brant, (2009) (Power Point 2013).



**Figura 4.2** Sistemas de un Vehículo Eléctrico

**Fuente:** elaboración propia con base en Leitman y Brant (2009) (Power Point 2013).

En el caso de un automóvil eléctrico se solicitaron los siguientes rubros de costos de mantenimiento durante el periodo 2019-2020:

- Servicios de Agencia,
- llantas,
- suspensión,
- frenos,
- batería principal (paquete de baterías),
- batería auxiliar (12 voltios),
- inversor de corriente,
- convertidor de corriente (CC/CC),
- dirección,
- aire acondicionado,
- escobillas,
- luces y



- accesorios (vidrios eléctricos, radio, etc.).

Para el análisis de los costos de mantenimiento se tomaron los datos que los dueños de los automóviles brindaron, de acuerdo con su marca y modelo, del año 2010 al 2020, y que hayan sido declarados para uso de trabajos de mantenimiento durante el periodo 2019-2020; con el fin de asegurar que los costos sean de automóviles y no de otro tipo de vehículo (SUV, *pickup*, etc.), y que permita reducir con datos de autos mayores a los 10 años al momento de llevar a cabo el análisis. En la tabla 4.1, se muestran los modelos y años que se analizaron para costos de mantenimiento.

**Tabla 4.1** Marcas, año y cantidad de automóviles eléctricos analizados para costos de mantenimiento

Marca	Año	Cantidad
Hyundai Ioniq	2018	3
	2019	4
Nissan Leaf	2013	1
	2014	2
	2015	2
	2017	1
BMW i3	2017	1
	2018	1
Chevrolet Spark	2015	1
	2016	1
Volkswagen e-Golf	2016	1
Chevrolet Bolt	2017	1
Total		19

**Fuente:** Elaboración propia (Word 2013)

De los 19 automóviles listados en la tabla 4.1, se enlistan los servicios hechos a esos automóviles por tipo de trabajo realizado en la tabla 4.2, con la cual se pretende mostrar los costos promedios de acuerdo con el tipo de trabajo asociado, y en la tabla 4.3 se muestran los costos medios por modelo de automóvil.

**Tabla 4.2** Cantidad de servicios y costo medio por tipo de trabajo a automóviles eléctricos en el 2019

Trabajo	Cantidad de trabajos	Valor medio (€)	Desviación estándar (€)
Servicios de Agencia	8	84 875	23 745.34
Llantas	10	83 500	57 744.65
Suspensión	4	46 750	34 371.11
Frenos	2	40 500	31 819.81
Batería principal	1	63 000	0
Batería 12 V	2	63 000	0
Inversor de corriente	1	63 000	0
Convertidor de corriente	0	0	0
Dirección	1	63000	0
Aire acondicionado	3	108 833,33	101 806,6
Escobillas	5	28 400	22 656,12
Luces	2	34 000	41 012.19
Accesorios	4	217 250	212 919,59

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.3** Valores medios por marca de automóvil eléctrico y media ponderada de costos de mantenimiento durante el año 2019

Marca	Valor medio (€)	Desviación estándar (€)
Hyundai Ioniq	97 071.43	42833.95
Nissan <i>Leaf</i>	252 250.00	265 592.69
BMW i3	194 500.00	31000
Volkswagen e-Golf	23 000.00	0
Chevrolet <i>Spark</i>	68 500.00	5500
Chevrolet <i>Bolt</i>	818 500.00	0
<b>Total</b>	<b>228 416,67</b>	<b>269 793, 52</b>

**Fuente:** elaboración propia

De la tabla 4.3, se obtiene un valor medio de los costos de mantenimiento para la muestra de automóviles eléctricos analizados para este rubro, a partir de este dato y actualizando este dato a valor presente tomando como inflación un promedio de aumento del 2010 al 2019 del Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC) que es de un 3,16% anual (ver anexo 3). La gran desviación estándar de los datos se debe a la variabilidad del trabajo en cada uno de los sistemas o los rubros enlistados, por ejemplo, en la tabla 4.2 en el rubro de suspensión puede variar desde el reemplazo de un *bushing* hasta el cambio de los compensadores. Por otro lado, en la tabla 4.4 se muestran los costes anualizados por concepto del mantenimiento.

**Tabla 4.4** Costos de Mantenimiento Anualizado para un Automóvil Eléctrico

Año	Monto (C)
2019	228 416,67
2020	235 634,63
2021	243080,69
2022	250 762,04
2023	258 686,12
2024	266 860,60
2025	275 293,39
2026	283 992,67
2027	292 966,83
2028	302 224,59
2029	311 774,88
2030	321 626,97

**Fuente:** Elaboración propia (Excel 2013)

De los datos de la tabla 4.3, en cuanto al costo promedio anual por el concepto de mantenimiento, se toma así para considerar un valor medio, ya que, al inicio de la vida útil, los costos de este rubro pueden ser muy bajos o cero, y conforme van pasando los años y se usa el vehículo este valor puede incrementar. Con base en los datos de la tabla 4.4, por concepto de mantenimiento desde el año 2021 (año 1) al año 2030 (año 10), se obtiene un Flujo Neto de

Efectivo (FNE) de ¢2 658 869,85, que trayendo a valor presente a 8 años nos da un valor presente por concepto de mantenimientos de ¢2 211 430,45.

Para un automóvil de combustión interna se solicitaron los siguientes rubros de los costos de mantenimiento durante el periodo 2019-2020:

- servicios de agencia,
- cambio de aceite,
- cambio de llantas,
- reemplazo de filtros,
- cambio de bujías,
- suspensión,
- reparación de frenos,
- reparación de motor,
- reparación de caja de cambios,
- dirección,
- aire acondicionado,
- escobillas,
- luces y
- accesorios (vidrios eléctricos, radio, etc.).

Para el análisis de los costos de mantenimiento se tomaron los datos de los vehículos revisados de acuerdo con la marca y el modelo, y que fuesen del año 2010 al 2020. Además, que hayan sido declarados para trabajos de mantenimiento durante el periodo 2019-2020; para asegurar que los costos sean de automóviles y no de otro tipo de vehículo (SUV, pickup, etc.), y que permita reducir con datos de autos mayores a los 10 años al momento de analizar. En la tabla 4.5 se muestran los modelos y los analizados para los costos de mantenimiento.

**Tabla 4.5** Marcas, años y cantidad de automóviles de combustión interna analizados para los costos de Mantenimiento

Marca	Año	Cantidad
Honda <i>Civic</i>	2010	1
Nissan <i>March</i>	2015	1
Kia Rio	2016	1
Toyota Yaris	2013	1
Nissan Versa	2015	1
Nissan	2016	1
CITROËN	2017	1
CITROËN	2017	1
BMW 120i F20	2017	1
Mitsubishi <i>Lancer</i>	2017	1
Total		10

**Fuente:** elaboración propia (Word 2013)

De los 10 automóviles listados en la Tabla 4.5, a continuación, se muestran los servicios hechos a esos automóviles listados por tipo de trabajo en la tabla 4.6, con la cual se pretende mostrar los costos promedios de acuerdo con el tipo de trabajo asociado, y en la tabla 4.7 se muestran los costos medios por modelo de automóvil.

**Tabla 4.6** Cantidad de servicios y costo medio por tipo de trabajo a automóviles de combustión en el  
2019

Trabajo	Cantidad de trabajos	Valor medio (C)	Desviación estándar (C)
Servicios de Agencia.	5	138 000	80 525.62
Cambio de aceite.	9	73 277.78	61 852.20
Cambio de llantas.	6	188 000.00	124 499.00
Reemplazo de filtros	7	27 142.86	29 019.70
Cambio de Bujías	1	38 000	0
Suspensión	2	202 750.00	279660.73
Reparación de frenos.	6	31 166.67	27 938.62
Reparación de motor.	1	400 000.00	0
Reparación de caja de cambios.	2	575 500.00	247 487.37
Dirección.	1	225 000.00	0
Aire Acondicionado.	0	0	0
Escobillas.	3	18 000	0
Luces.	2	5 000	0
Accesorios (vidrios eléctricos, radio, etc.).	3	37 000	44 643.02

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.7** Valores medios por automóvil de combustión y media ponderada de costos de mantenimiento durante el año 2019

Marca	Año	Valor medio (C)
Honda <i>Civic</i>	2010	¢2 177 000,00
Nissan <i>March</i>	2015	¢256 500,00
Kia Rio	2016	¢0,00
Toyota Yaris	2013	¢131 000,00
Nissan Versa	2015	¢602 000,00
Nissan	2016	¢975 500,00
CITROËN	2017	¢369 000,00
CITROËN	2017	¢162 000,00
BMW 120i F20	2017	¢488 500,00
Mitsubishi <i>Lancer</i>	2017	¢334 500,00
<b>Valor medio</b>		<b>¢403 450,00</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>¢270 946,54</b>

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

De la tabla 4.7, se obtiene un valor medio de los costos de mantenimiento para la muestra de los automóviles de combustión interna analizados para este rubro. A partir de este dato y actualizándolo al valor presente, y tomando como inflación un promedio de aumento del 2010 al 2019 del Índice de Precios al Consumidor (IPC) del INEC que es de un 3.16% anual (ver anexo 3). La desviación estándar es grande, y se debe a la variabilidad del trabajo en cada uno de los sistemas o los rubros enlistados, por ejemplo, en la tabla 4.6 en el rubro de suspensión puede variar desde el reemplazo de un *bushing* hasta el cambio de compensadores. Por otro lado, en la tabla 4.8 se muestran los costes anualizados por concepto del mantenimiento.

**Tabla 4.8** Costos de mantenimiento anualizado para automóviles de combustión interna

Año	Monto (C)
2019	403 450,00
2020	416 199,02
2021	429 350,91
2022	442 918,40
2023	456 914,62
2024	471 353,12
2025	486 247,88
2026	501 613,31
2027	517 464,29
2028	533 816,17
2029	550 684,76
2030	568 086,39

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

De los datos de la tabla 4.7, en cuanto al costo promedio anual por concepto del mantenimiento, se toma así para considerar un valor medio, ya que al inicio de la vida útil los costos de este rubro pueden ser muy bajos o cero, y conforme vayan pasando los años y el uso del vehículo, este valor puede incrementar. Con base en los datos de la tabla 4.8, por concepto del mantenimiento desde el año 2021 (año 1) al año 2030 (año 10), se obtiene un FNE de C 4 696 334.36, que trayéndolo al valor presente a 8 años da un valor presente por concepto del mantenimiento de C 4 696 334.36. Los costos del mantenimiento en flujo de efectivo por tipo de automóvil se muestran en la tabla 4.9.



**Tabla 4.9** Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto del mantenimiento en el periodo 2021-2030

Rubro	Automóvil Eléctrico	Automóvil Combustión
Flujo Neto de Efectivo	€2 807 268,77	€4 958 449,85
Valor Presente de los Flujos	€2 188 735,73	€3 865 941,32

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

### Impuestos gubernamentales

En lo que respecta a costos por impuestos gubernamentales, se toma en cuenta el derecho de circulación (marchamo) y la revisión técnica vehicular (RITEVE).

Los costos del derecho de circulación para cualquier automóvil se desglosan de la siguiente manera (Arrieta, 2019):

**Tabla 4.10** Desglose de los rubros incluidos en el derecho de circulación de los automóviles

Número rubro	Rubro
3	Seguro Obligatorio de Automóviles
6	Impuesto al valor agregado
9	Aporte a COSEVI
21	Impuesto a la propiedad
34	Aporte al IFAM
35	Timbre de Fauna
36	Ley 7088 y referencias

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

Para el cálculo del impuesto a la propiedad de los vehículos se utiliza la tabla presentada en el marco teórico y el valor fiscal del vehículo, obtenido mediante el sistema de autogestión del Ministerio de Hacienda. En el caso de que el automóvil sea eléctrico se le aplican las exoneraciones correspondientes especificadas en la Ley 9518.

**Tabla 4.11** Cálculo del impuesto a la propiedad de vehículos

Impuesto a la propiedad		
Valor fiscal	Valor en tramos	Porcentaje
Menor a ¢ 270 000	¢27 600,00	1,2%
Entre ¢ 270 000 y ¢ 1 050 000	¢780 000,00	1,2%
Entre ¢ 1 050 000 y ¢ 2 070 000	¢1 020 000,00	1,5%
Entre ¢ 2 070 000 y ¢ 3 130 000	¢1 060 000,00	2,0%
Entre ¢ 3 130 000 y ¢ 3 900 000	¢770 000,00	2,5%
Entre ¢ 3 900 000 y ¢ 4 680 000	¢780 000,00	3,0%
Mayor a ¢ 4 680 000	¢4 680 000,00	3,5%

**Fuente:** Ministerio de Hacienda (2020).

El impuesto de propiedad de vehículos se calcula según las Ecuaciones 3 a la 9 de la siguiente manera:

- Menor a ₡ 270 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 \quad (3)$$

- Entre ₡ 270 000 y ₡ 1 050 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 + (Valor Fiscal_{automóvil} - ₡ 270 000) * 1,2\% \quad (4)$$

- Entre ₡ 1 050 000 y ₡ 2 070 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 + (₡ 780 000 * 1,2\%) + (Valor Fiscal_{automóvil} - ₡ 1 050 000) * 1,5\% \quad (5)$$

- Entre ₡ 2 070 000 y ₡ 3 130 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 + (₡ 780 000 * 1,2\%) + (₡ 1 020 000 * 1,5\%) + (Valor Fiscal_{automóvil} - ₡ 2 070 000) * 2,0\% \quad (6)$$

- Entre ₡ 3 130 000 y ₡ 3 900 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 + (₡ 780 000 * 1,2\%) + (₡ 1 020 000 * 1,5\%) + (₡ 1 060 000 * 2,0\%) + (Valor Fiscal_{automóvil} - ₡ 3 130 000) * 2,5\% \quad (7)$$

- Entre ₡ 3 900 000 y ₡ 4 680 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 + (₡ 780 000 * 1,2\%) + (₡ 1 020 000 * 1,5\%) + (₡ 1 060 000 * 2,0\%) + (₡ 770 000 * 2,5\%) + (Valor Fiscal_{automóvil} - ₡ 3 900 000) * 3,0\% \quad (8)$$

- Mayor a ₡ 4 680 000

$$Imp_{Prop} = ₡ 27 600 + (₡ 780 000 * 1,2\%) + (₡ 1 020 000 * 1,5\%) + (₡ 1 060 000 * 2,0\%) + (₡ 770 000 * 2,5\%) + (₡ 780 000 * 3,0\%) + (Valor Fiscal_{automóvil} - ₡ 4 680 000) * 3,5\% \quad (9)$$

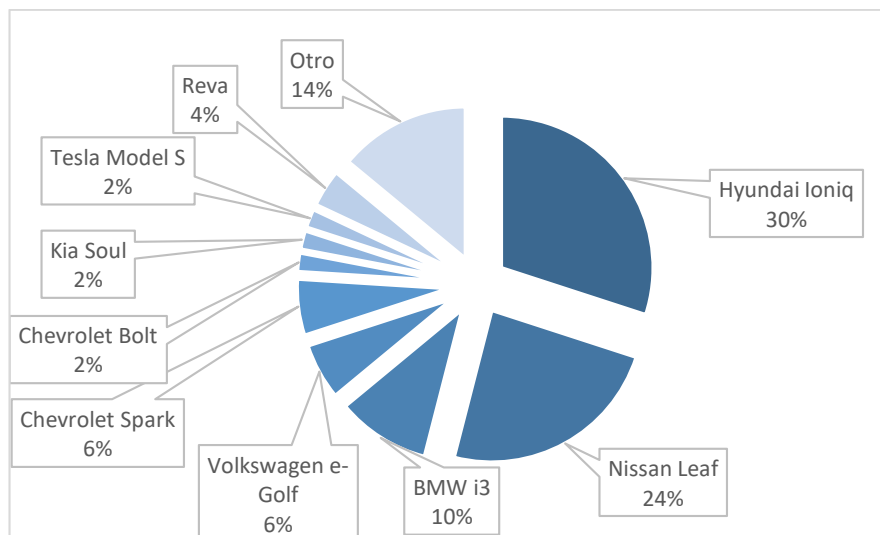
El siguiente rubro de importancia para el marchamo es el seguro obligatorio de automóviles, el cual es un valor igual para todos los automóviles del país, y ha registrado los siguientes valores desde el 2010. A los valores registrados en la tabla 4.12, se les aplica el Impuesto de Valor Agregado (IVA, 13%).

**Tabla 4.12** Registro histórico del valor del SOA en el periodo 2010 - 2020 para vehículos particulares

Año	Costo	Variación
2010	¢15 671,00	
2011	¢11 677,00	-25,5%
2012	¢15 903,00	36,2%
2013	¢17 374,00	9,2%
2014	¢20 856,00	20,0%
2015	¢18 975,00	-9,0%
2016	¢19 958,00	5,2%
2017	¢21 654,00	8,5%
2018	¢21 830,00	0,8%
2019	¢22 192,00	1,7%
2020	¢25 026,00	12,8%
Variación promedio anual		6%

**Fuente:** elaboración propia con base en SUGESE (2019).

Los rubros correspondientes al aporte del Consejo de Seguridad Vial (COSEVI), al Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), los timbres de fauna silvestre y las referencias de la Ley 7088, son valores constantes o de costo bajo relativo al SOA y al impuesto a la propiedad, por lo que se muestran ven afectados por inflación o permanecen constantes en el tiempo.



**Figura 4.3** Porcentaje de automóviles eléctricos por marca

**Fuente:** elaboración propia con información suministrada por socios de ASOMOVE (Excel 2013).

Para la escogencia de los modelos de los automóviles por analizar, se toma como referencia la figura 4.3, que muestra al Hyundai Ioniq y Nissan *Leaf* como la mayor cantidad de la muestra de población encuestada de automóviles eléctricos en el país, por lo que se escogen estos modelos como base para el presente análisis. Mientras que en la tabla 4.13 se muestran los modelos de la combustión interna con los que se compararán los modelos eléctricos mencionados.

**Tabla 4.13** Dimensiones físicas de los automóviles modelo 2020

Modelo	Características físicas					
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Distancia entre ejes (mm)	Altura (mm)	Peso bruto (kg)	Potencia [kW( <i>hp</i> )]
Hyundai Ioniq	4 470	1 820	2 700	1 475	1370	100 (136)
Toyota Corolla	4 650	1776	2700	1 455	1785	103.65 (139)
Nissan <i>Leaf</i>	4 480	1 790	2 700	1 565	No indica	109.6 (147)
Nissan Versa	4 490	1 740	No indica	1 465	No indica	88 (118)

**Fuente:** (TOYOTA, 2020), (L. Fernández, comunicación personal, 29 de junio del 2020), (A. Espinoza, comunicación personal, 12 de julio del 2020) (Word 2013).

En las Tablas 4.14 y 4.15 se muestran los costos por marchamos de los modelos Hyundai Ioniq y Nissan Leaf, al ser lo de mayor circulación en el país según la figura 4.3, y como referencia de la combustión interna se tomará al Toyota Corolla y el Nissan Versa, donde los costos por los marchamos se desglosan en las tablas 4.16 y 4.17, ya que son vehículos de similares características y dimensiones según la tabla 4.13. Los subsidios de la Ley 9518 al costo del marchamo están incluidos en el valor de marchamo del automóvil eléctrico. Los valores numéricos en la columna rubro corresponden a los valores de la tabla 4.10.

Para el caso de los gastos de la Revisión Técnica Vehicular (RITEVE) al no ser exonerable por ley, con la excepción de los vehículos menores a 2 años, en la tabla 4.18 se presentan los costos de este servicio en el periodo 2022-2030, con base en la inflación del IPC y del precio actual para los vehículos livianos que es de ¢ 15.927,35, donde se aplican los costos anualizados, según la figura 4.1 en la figura 4.1.18.

## ¿Con qué frecuencia debe pasar su vehículo la RTV?

Antigüedad (año de fabricación)*	Frecuencia de revisión
Menor de 5 años	Bienal
Mayor de 5 años	Anual
Transporte público	Semestral

\* Importante: la antigüedad se basa en el año fabricación, que no necesariamente es el año modelo.

**Figura 4.4** Frecuencia de asistencia a la Revisión Técnica Vehicular

**Fuente:** RITEVE, (2020).

**Tabla 4.14** Costos estimados de marchamos en el periodo 2020-2030 para el Hyundai Ioniq

Rubro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
3	€25 026,00	€26 524,96	€28 113,71	€29 797,62	€31 582,38	€33 474,05	€35 479,02	€37 604,08	€39 856,43	€42 243,68	€44 773,92
6	€3 253,38	€3 448,25	€3 654,78	€3 873,69	€4 105,71	€4 351,63	€4 612,27	€4 888,53	€5 181,34	€5 491,68	€5 820,61
9	€11 399,00	€11 664,60	€11 936,38	€12 214,50	€12 499,10	€12 790,33	€13 088,34	€13 393,30	€13 705,36	€14 024,70	€14 351,47
21	€0,00	€128 999,00	€230 290,60	€308 030,91	€365 821,89	€406 780,63	€361 333,57	€320 431,21	€283 619,09	€250 488,18	€220 670,36
34	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00
35	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00
36	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00
<b>Total</b>	<b>€42 906,38</b>	<b>€173 864,81</b>	<b>€277 223,48</b>	<b>€357 144,72</b>	<b>€417 237,08</b>	<b>€460 624,63</b>	<b>€417 741,20</b>	<b>€379 545,12</b>	<b>€345 590,22</b>	<b>€315 476,24</b>	<b>€288 844,37</b>

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.15** Costos Estimados de Marchamos en el Periodo 2020-2030 para el Nissan Leaf

Rubro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
3	€25 026,00	€26 524,96	€28 113,71	€29 797,62	€31 582,38	€33 474,05	€35 479,02	€37 604,08	€39 856,43	€42 243,68	€44 773,92
6	€3 253,38	€3 448,25	€3 654,78	€3 873,69	€4 105,71	€4 351,63	€4 612,27	€4 888,53	€5 181,34	€5 491,68	€5 820,61
9	€11 399,00	€11 664,60	€11 936,38	€12 214,50	€12 499,10	€12 790,33	€13 088,34	€13 393,30	€13 705,36	€14 024,70	€14 351,47
21	€0,00	€143 552,00	€256 486,00	€343 394,70	€408 258,44	€454 521,75	€404 300,57	€359 101,51	€318 422,36	€281 811,13	€248 861,01
34	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00	€200,00
35	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00	€1 116,00
36	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00	€1 912,00
<b>Total</b>	<b>€42 906,38</b>	<b>€188 417,81</b>	<b>€303 418,88</b>	<b>€392 508,51</b>	<b>€459 673,63</b>	<b>€508 365,75</b>	<b>€460 708,21</b>	<b>€418 215,43</b>	<b>€380 393,49</b>	<b>€346 799,18</b>	<b>€317 035,02</b>

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.16** Costos estimados de marchamos en el periodo 2020-2030 para el Toyota Corolla

Rubro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
3	¢25 026,00	¢26 524,96	¢28 113,71	¢29 797,62	¢31 582,38	¢33 474,05	¢35 479,02	¢37 604,08	¢39 856,43	¢42 243,68	¢44 773,92
6	¢3 253,38	¢3 448,25	¢3 654,78	¢3 873,69	¢4 105,71	¢4 351,63	¢4 612,27	¢4 888,53	¢5 181,34	¢5 491,68	¢5 820,61
9	¢11 399,00	¢11 664,60	¢11 936,38	¢12 214,50	¢12 499,10	¢12 790,33	¢13 088,34	¢13 393,30	¢13 705,36	¢14 024,70	¢14 351,47
21	¢440 910,00	¢392 050,00	¢348 076,00	¢308 499,40	¢272 880,46	¢240 823,41	¢211 972,07	¢186 005,87	¢162 636,28	¢141 603,65	¢122 674,29
34	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00
35	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00
36	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00
<b>Total</b>	<b>¢482 900,38</b>	<b>¢435 999,81</b>	<b>¢394 092,88</b>	<b>¢356 697,21</b>	<b>¢323 379,65</b>	<b>¢293 751,42</b>	<b>¢267 463,71</b>	<b>¢244 203,78</b>	<b>¢223 691,41</b>	<b>¢205 675,71</b>	<b>¢189 932,29</b>

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.17** Costos estimados de marchamos en el periodo 2020-2030 para el Nissan Versa

Rubro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
3	¢25 026,00	¢26 524,96	¢28 113,71	¢29 797,62	¢31 582,38	¢33 474,05	¢35 479,02	¢37 604,08	¢39 856,43	¢42 243,68	¢44 773,92
6	¢3 253,38	¢3 448,25	¢3 654,78	¢3 873,69	¢4 105,71	¢4 351,63	¢4 612,27	¢4 888,53	¢5 181,34	¢5 491,68	¢5 820,61
9	¢11 399,00	¢11 664,60	¢11 936,38	¢12 214,50	¢12 499,10	¢12 790,33	¢13 088,34	¢13 393,30	¢13 705,36	¢14 024,70	¢14 351,47
21	¢354 810,00	¢314 560,00	¢278 335,00	¢245 732,50	¢216 390,25	¢189 982,23	¢166 215,00	¢144 824,50	¢125 573,05	¢108 246,75	¢92 653,07
34	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00
35	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00	¢200,00
36	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00	¢1 912,00
<b>Total</b>	<b>¢396 800,38</b>	<b>¢358 509,81</b>	<b>¢324 351,88</b>	<b>¢293 930,31</b>	<b>¢266 889,44</b>	<b>¢242 910,23</b>	<b>¢221 706,64</b>	<b>¢203 022,42</b>	<b>¢186 628,18</b>	<b>¢172 318,80</b>	<b>¢159 911,08</b>

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.18** Costos estimados por Revisión Técnica en el periodo 2020-2030

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Monto	¢0,00	¢0,00	¢16 949,86	¢0,00	¢18 038,02	¢18 608,02	¢19 196,03	¢19 802,63	¢20 428,39	¢21 073,93	¢21 739,87

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).



A continuación, se presentan en las tablas 4.19, 4.20 y 4.21, el resumen de los datos por concepto de mantenimiento, derecho de circulación y revisión técnica, tanto en flujos netos de efectivo como en valor presente de los flujos. En el caso de revisión técnica, los costos para todos los automóviles analizados son iguales, debido a que RITEVE realiza los cobros y tarifas según el tamaño del vehículo, sin importar el tipo de motor que utilice.

**Tabla 4.19** Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto de derecho de circulación en el periodo 2021-2030

Rubro	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente de los Flujos
Hyundai Ioniq	€3 584 690,26	€2 626 263,52
Nissan Leaf	€3 476 198,24	€2 546 778,65
Toyota Corolla	€3 417 788,23	€2 503 985,53
Nissan Versa	€2 826 979,16	€2 071 139,12

Fuente: elaboración propia

(Excel 2013).

**Tabla 4.20** Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto de revisión técnica en el periodo 2021-2030.

Rubro	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente de los Flujos
Hyundai Ioniq	€155 836,76	€114 171,20
Nissan Leaf	€155 836,76	€114 171,20
Toyota Corolla	€155 836,76	€114 171,20
Nissan Versa	€155 836,76	€114 171,20

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.21** Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por concepto de operación en el periodo 2021-2030.

Rubro	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente de los Flujos
Hyundai Ioniq	€6 547 795,79	€4 797 133,36
Nissan Leaf	€6 439 303,77	€4 717 648,49
Toyota Corolla	€8 532 074,84	€6 250 882,30
Nissan Versa	€7 941 265,76	€5 818 035,88

Fuente: elaboración propia (Excel 2013).

**Objetivo 2. Determinar los costos de operación por concepto de consumo energético (kWh/100 km, l/100 km, ¢/100 km) promedio de un automóvil en el país, con la muestra de vehículos seleccionada entre miembros de ASOMOVE y dueños de autos particulares.**

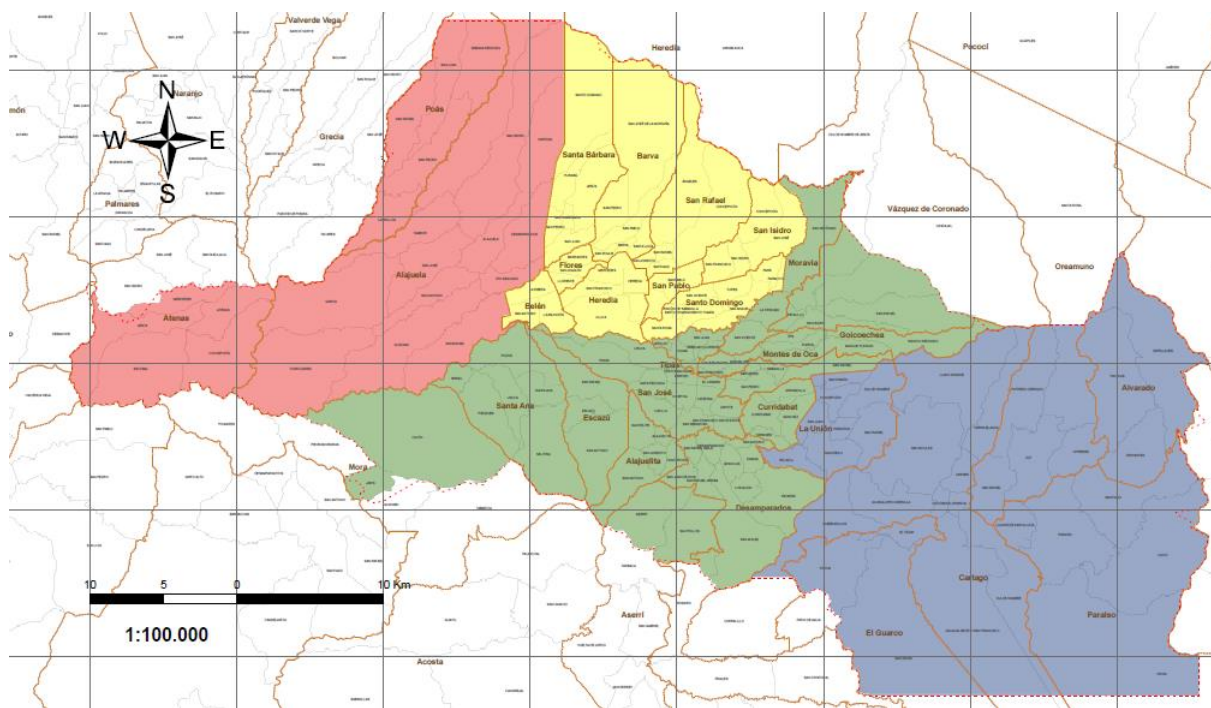
Un aspecto importante a la hora de escoger un automóvil para uso particular es el consumo energético, ya que es uno de los aspectos principales que toma en cuenta un comprador a la hora de decidir qué automóvil va a escoger de las opciones disponibles en el mercado, de forma tal que sea afín a los requerimientos deseados por el cliente; y que además es el insumo requerido para que el automóvil funcione y pueda ser de utilidad (transportar personas). Por eso en este apartado se busca determinar un costo y un rendimiento energético promedio por tipo de automóvil, buscando tener el menor costo energético posible, ya sea por tiempo o distancia.

El procedimiento por seguir consta de calcular el rendimiento energético de una muestra de automóviles de dimensiones similares, determinar las rutas por las que transitan regularmente, la frecuencia con la que se utilizan, las tarifas de los insumos energéticos y, por ende, el consumo que se da de estos de forma periódica. En la tabla 4.22, se muestran los lugares donde las personas que respondieron la encuesta del anexo cargan usualmente sus automóviles y para el porcentaje de automóviles que circulan por la GAM, se muestran en la tabla 4.23 y muestra las zonas por donde transitan regularmente la totalidad de encuestados (dueños de automóviles eléctricos y de combustión interna).

**Tabla 4.22** Lugares de carga del automóvil eléctrico y cantidad de usuarios que los utilizan

Lugar	Cantidad	Porcentaje
En la casa	42	84%
Estaciones de carga de empresas de servicio eléctrico (ICE, CNFL, ESPH, etc.)	2	4%
En el trabajo	1	2%
Oficina	2	4%
Trabajo	1	2%
Estaciones de carga en centros comerciales	2	4%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).



**Figura 4.5** Mapa de la Gran Área Metropolitana

**Fuente:** MIVAH (2013).

**Tabla 4.23** Zonas de circulación de los encuestados por zona

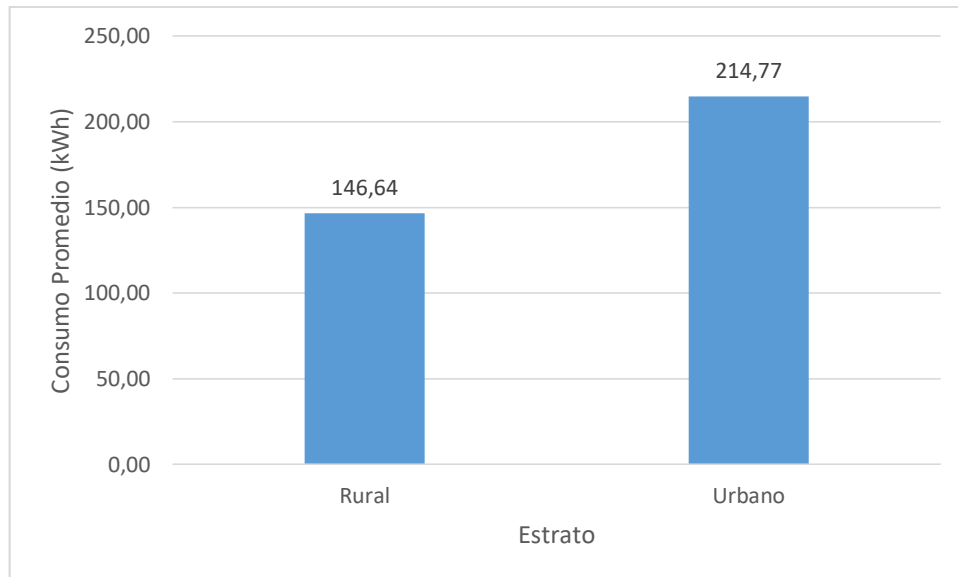
Zona	Porcentaje de viajes de automóviles eléctricos	Porcentaje de viajes de automóviles de combustión interna
GAM	84 %	88,5 %
Fuera de la GAM	16 %	11,5 %

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

Con base en la información de la tabla 4.23, se procede a determinar los precios vigentes por servicio energético, en el caso de los automóviles de combustión interna, para los combustibles tienen el mismo precio a nivel nacional, caso contrario con el servicio eléctrico, el cuál dentro de la GAM se distribuye en cuatro compañías:

- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE),
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL),
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y
- Junta Administradora del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC).

Para determinar el precio de consumo eléctrico doméstico (ya que el 84 % de los dueños de automóviles eléctricos cargan sus automóviles en la casa), es necesario determinar el consumo promedio en el estrato urbano de la sociedad costarricense, ya que este puede indicar de manera más exacta las tarifas según bloque y compañía. Este dato se obtiene del Estudio para la caracterización del consumo energético en el sector residencial – Informe Final (SEPSE, 2019), donde este dato se presenta en la gráfica 8, la cual indica el consumo energético promedio en el sector urbano está en el bloque entre 201 kWh y 300 kWh al mes.



**Figura 4.6** Consumo eléctrico mensual promedio según estrato social

**Fuente:** elaboración propia con base en SEPSE (2019) (Excel 2013).

Con base en la figura 4.6, en la Tabla 4.24 se desglosan los consumos energéticos por concepto tarifa eléctrica para el bloque de 201 kWh a 300 kWh, dado que según (SEPSE, 2019), el consumo promedio en el sector urbano ronda los 215 kWh por lo que el bloque de consumo energético mencionado anteriormente se toma como base para el cálculo de consumo eléctrico. Mientras que para los automóviles de combustión interna se considera el costo de la gasolina súper de ₡ 580.00 por litro (RECOPE, 2020).

**Tabla 4.24** Tarifas residenciales en el primer semestre 2020

Compañía	Bloque (kWh)	Precio (¢/kWh)
ICE	Mayor a 200	141.13
CNFL	201-300	118.79
JASEC	Mayor a 200	89.02
ESPH	Mayor a 200	94.91

**Fuente:** elaboración propia con información de ARESEP, (2020) (Excel 2013).

Para obtener el consumo energético de un automóvil, es necesario determinar la distancia recorrida mensualmente, los costos pagados en electricidad o combustible en el mismo periodo y las tarifas de los insumos energéticos. Para el caso de los autos eléctricos se toma un uso mensual de 30 días por mes y los de combustión de 26 días al mes, debido a que la mayoría de personas encuestadas reportaron traslados dentro de la Gran Área Metropolitana (GAM) se toma como criterio la restricción vehicular que rige en el casco central de San José, la cual restringe el uso de automóviles en este sector según el último número de la placa, de la cual los eléctricos están exentos de cumplir (ASOMOVE, 2019).

En la tabla 4.27, se muestran los rendimientos energéticos de diversos modelos de automóviles eléctricos encuestados mediante la plataforma de los formularios de *Google* (ver anexo 2) y los valores medios de los rubros analizados, mostrados en moneda y energía, y en el caso del dato energético se ve contrastado con los consumos combinados por la Agencia EPA de los Estados Unidos. Para los automóviles de combustión, se muestran en la tabla 4.25 se muestran los datos de densidad y poder calorífico de la gasolina súper, y en la tabla 4.26 se desglosan los rendimientos energéticos promedio de este tipo de automóviles.

**Tabla 4.25** Poder calorífico, densidad y precio de la gasolina Súper

Medición	Unidades SI	Unidad convertida
Poder calorífico	45,5 MJ/kg	12,64 kWh/kg
Densidad promedio a 15°C	747 kg/m <sup>3</sup>	0,747 kg/l
Precio por litro gasolina súper (¢)	580	No aplica

**Fuente:** RECOPE, (2020).

Por último, se representan los costos energéticos anuales proyectados del año 2021 al 2030, con un incremento promedio anual de 3.16%, que para el caso de los autos eléctricos se toma como base un kilometraje anual recorrido de 12 407,14 km y la tarifa residencial de la tabla 4.24 de la CNFL para los modelos Hyundai Ioniq y Nissan *Leaf*, ya que en la figura 4.3 se observa que son los modelos eléctricos que más circulan en la Red Vial Nacional; y para los de combustión se utiliza un kilometraje anual recorrido de 11 200,80 km y el precio de la gasolina súper a julio del 2020 con un precio de ₡580/l.

**Tabla 4.26** Rendimiento energético y monetario de un automóvil de combustión interna en el 2020

Rubro	Valores promedio automóvil de combustión interna
Distancia recorrida mensual promedio (km)	875,33
Rendimiento energético EPA [litro/100 km (gal/100 mi)]	8,192 (3,425)
Rendimiento energético real (l/100 km)	9,51
Rendimiento energético real (kWh/100 km)	89,04
Rendimiento energético real (₡/100 km)	5 514,64
Rendimiento energético real (MJ/100 km)	67.32

**Fuente:** elaboración propia con base en EPA (2020).

**Tabla 4.27** Rendimiento energético y monetario de la muestra analizada de automóviles eléctricos en el 2020

Rubro	Hyundai Ioniq	Nissan Leaf	BMW i3	Volkswagen e-Golf	Chevrolet Spark	Promedio
Distancia recorrida mensual promedio (km)	1 243,62	829,71	1 200,00	765	1168,75	1 003,94
Rendimiento energético EPA [kWh/100 km (kWh/100 mi)]	15,53 (25)	19,88 (32)	16,78 (25)	18,02 (29)	17,40 (28)	No aplica
Rendimiento energético real (kWh/100 km)	15,94	20,42	18,23	20,23	16,58	18,28
Rendimiento energético (¢/100 km)	1 837,95	2 027,56	1 991,28	2 403,34	1 969,09	2 045,85
Rendimiento energético (MJ/100 km)	57,40	73,53	65,64	72,83	59,67	65,82

**Fuente:** elaboración propia con información de EPA (2020) (Excel 2013).

**Tabla 4.28** Costo eléctrico anualizado del Hyundai Ioniq

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rendimiento eléctrico [kWh/100 km]	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94	15,94
Precio electricidad	¢118,79	¢122,54	¢126,42	¢130,41	¢134,53	¢138,78	¢143,17	¢147,69	¢152,36	¢157,17	¢162,14
Total			¢242 428,50	¢250 089,24	¢257 992,06	¢266 144,61	¢274 554,78	¢283 230,71	¢292 180,80	¢301 413,71	¢310 938,38

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.29** Costo Eléctrico Anualizado del Nissan *Leaf*

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rendimiento eléctrico [kWh/100 km]	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42	20,42
Precio electricidad	₺118,79	₺122,54	₺126,42	₺130,41	₺134,53	₺138,78	₺143,17	₺147,69	₺152,36	₺157,17	₺162,14
Total		₺310 542,46	₺320 355,60	₺330 478,84	₺340 921,97	₺351 695,11	₺362 808,67	₺374 273,42	₺386 100,47	₺398 301,24	₺410 887,56

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.30** Costo de combustible anualizado

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rendimiento de combustible [l/100km]	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51
Precio electricidad	₺580,00	₺598,33	₺617,24	₺636,74	₺656,86	₺677,62	₺699,03	₺721,12	₺743,91	₺767,41	₺791,66
Total		₺637 202,76	₺657 338,37	₺678 110,26	₺699 538,55	₺721 643,97	₺744 447,91	₺767 972,47	₺792 240,40	₺817 275,20	₺843 101,09

**Fuente:** elaboración propia con información de RECOPE (2020) (Excel 2013).



Finalmente, se muestran en la tabla 4.31 los valores presentes y flujos netos de efectivo por consumo energético de los automóviles seleccionados para el análisis, donde las alternativas eléctricas prueban ser más económicas por año que sus contrapartes de combustión interna.

**Tabla 4.31** Flujos de efectivo y valor presente estimados de los costos totales por consumo energético 2021-2030

Rubro	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente de los Flujos
Hyundai Ioniq	€2 799 736,80	€2 051 180,46
Nissan Leaf	€3 586 365,34	€2 627 490,74
Toyota Corolla	€7 358 870,98	€5 391 354,06
Nissan Versa	€7 358 870,98	€5 391 354,06

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

### **4.3. Objetivo 3. Elaborar un análisis financiero basado en los conceptos de ciclo de vida útil y costo total de posesión, que ofrezca la opción más factible para la adquisición de automóviles a largo plazo para consumidores privados (uso particular) basado en el tipo de motor (eléctrico o combustión interna).**

En esta sección se muestran los costos incurridos en la vida útil desde el momento de la adquisición hasta el momento de la venta al final de la vida útil del automóvil según el tipo de insumo energético que requiera para su funcionamiento. El método de análisis a emplear se basa en la metodología de (Scorrano, et al. 2019); la cual propone los siguientes pasos.

1. Costos iniciales: estos incluyen aquellos gastos en los que se incurre a la hora de adquirir el automóvil, dentro de los cuales se incluye el precio de venta, costos de registro, descuentos de la agencia, subsidios gubernamentales, entre otros.
2. Costos operativos anuales: son aquellos gastos realizados durante el periodo de vida útil del automóvil como marchamos, revisiones técnicas, costos de mantenimiento y consumo energético.
3. Cálculos de financiamiento: aplica solo si el automóvil se compra mediante un préstamo de una entidad financiera.
4. Valor de Reventa: este dato permite proyectar el valor del automóvil al final de la vida útil, siendo el único ingreso del ciclo de vida útil de un automóvil de uso particular.
5. Métrica TCO: este es el último paso del análisis, el cual consiste en tomar el valor actual neto positivo de los costos involucrados en los pasos 1 al 4, y dividirlos por la cantidad de años de posesión del automóvil para así obtener el primer parámetro de gasto, que sería TCO/año ( $\text{C}/\text{año}$ ), el cual indica los costos promedio anuales de la posesión del vehículo, para luego tomar ese dato y dividirlo por los kilómetros recorridos anualmente para así obtener el dato TCO/km ( $\text{C}/\text{km}$ ).

De los automóviles seleccionados en la tabla de la sección 4.1, se les realizó el análisis por rubros de operación y mantenimiento en las secciones 4.1 y 4.2, los cuales en este apartado se presentan como flujos netos de efectivo, y valor presente de los flujos, usando como tasa el IPC, además de los precios de venta de las agencias para tomar en cuenta los costos iniciales, sobre los cuales ya están incluidos los subsidios, costos de registro y demás costos correspondientes (A. Espinoza, comunicación personal, 12 de julio del 2020) (A. Laitano, comunicación personal, 14 de julio del 2020); y para el valor de reventa se calculó basado en la tabla 7 del

Alcance 190A de La Gaceta del 31-10-18, la cual indica que el valor del automóvil es el 41.5% del valor inicial a los 10 años (La Gaceta, 2018).

Además, se tomarán tres escenarios sin importar el automóvil, siendo el tiempo de posesión de 10 años; primero, que el automóvil se adquirió por dinero propio del comprador (de contado), segundo, que el automóvil sea financiado a cuatro años y tercero, que sea adquirido mediante financiamiento a 8 años, con la finalidad de visualizar una tendencia en el costo de posesión según el periodo de endeudamiento. Así mismo, para el criterio de comparación de automóviles se considera las dimensiones físicas de los automóviles y el porcentaje de vehículos eléctricos de la gráfica.

Los rubros descritos anteriormente se muestran en la tabla 4.32, la cual expresa una lista de los costos iniciales de los automóviles de la tabla 4.13, presentando los valores en dólares estadounidenses (ya que las agencias anuncian los precios en esta moneda), para la conversión a colones se toma como referencia que \$ 1 equivale a ₡ 585,5; por otro lado, los costos operativos, mantenimiento y reventa se muestran en la tabla 4.33 en colones.

**Tabla 4.32** Precios de venta de los automóviles listados en la tabla 4.13

Modelo	Precio de venta (\$)	Precio de venta (₡)
Hyundai Ioniq	39 900	23 361 450,00
Nissan Leaf	44 900	26 288 950,00
Toyota Corolla	28 000	16 394 000,00
Nissan Versa	23 900	13 993 450,00

**Fuente:** (TOYOTA, 2020), (L. Fernández, comunicación personal, 29 de junio del 2020), (A. Espinoza, comunicación personal, 12 de julio del 2020).

**Tabla 4.33** Valores Presentes de los Costos Operacionales, Mantenimiento y Valor de Reventa de los Diferentes Modelos a lo Largo de la Vida Útil

Modelo	Hyundai Ioniq	Nissan <i>Leaf</i>	Toyota Corolla	Nissan Versa
Marchamo	€2 626 263,52	€2 546 778,65	€2 503 985,53	€2 071 139,12
RITEVE	€114 171,20	€114 171,20	€114 171,20	€114 171,20
Mantenimiento	€2 056 698,64	€2 056 698,64	€3 632 725,57	€3 632 725,57
Consumo Energético	€2 051 180,46	€2 627 490,74	€5 391 354,06	€5 391 354,06
Valor de reventa	€9 706 682,48	€10 923 058,73	€6 811 707,00	€4 259 734,13

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

Una vez obtenidos los valores de la tabla 4.33, se procede a calcular el valor actual neto de los flujos de efectivo del total del ciclo de vida útil bajo las 3 condiciones de análisis (compra de contado, préstamo a 4 años y 8 años) a una vida útil de 10 años. Para determinar los kilómetros anuales se utilizan los descritos en la sección 4.2, de 12 407,14 km para los automóviles eléctricos y de 11 200,80 km para los de combustión interna. En el caso de los préstamos, los cálculos se basan en las condiciones del Banco Nacional, el cual para los automóviles eléctricos ofrece una tasa de interés de 8.25% durante los primeros 2 años, y para el plazo restante se aplica una tasa de interés que se compone de la TBP+2.75%, con un TPB promedio del 2010 al 2019 de 6.8% anual (ver Anexo 3), con un máximo de 96 meses y prima del 10% (Rojas.P. 2019). En el caso de los automóviles de combustión se toma una tasa de interés del 8.5% anual y prima del 20%. Todos estos rubros se resumen en las tablas 4.34 a la 4.36.

**Tabla 4.34** Resumen de Indicadores Financieros de Ciclo de Vida Útil (Automóvil Comprado de Contado)

Modelo	Valor Actual Neto	Costo Anual	Costo por kilómetro
Hyundai Ioniq	€21 051 198,70	€2 105 119,87	€169,67
Toyota Corolla	€22 584 941,47	€2 258 494,15	€201,64
Nissan <i>Leaf</i>	€23 255 037,03	€2 325 503,70	€187,43
Nissan Versa	€22 893 460,82	€2 289 346,08	€204,39

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.35** Resumen de indicadores financieros del ciclo de vida útil (automóvil adquirido por préstamo a 4 Años)

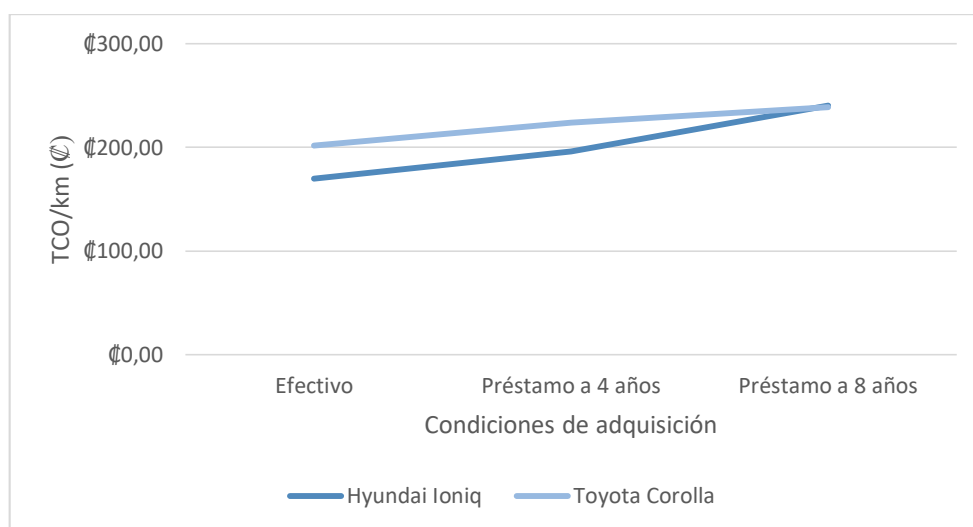
Modelo	Valor Actual Neto	Costo Anual	Costo por kilómetro
Hyundai Ioniq	€24 348 279,03	€2 434 827,90	€196,24
Toyota Corolla	€25 077 142,36	€2 507 714,24	€223,89
Nissan Leaf	€26 222 780,39	€2 622 278,04	€211,35
Nissan Versa	€24 608 542,33	€2 460 854,23	€219,70

**Fuente:** Elaboración propia (Excel 2013).

**Tabla 4.36** Resumen de indicadores financieros del ciclo de vida útil (automóvil adquirido por préstamo a 8 Años)

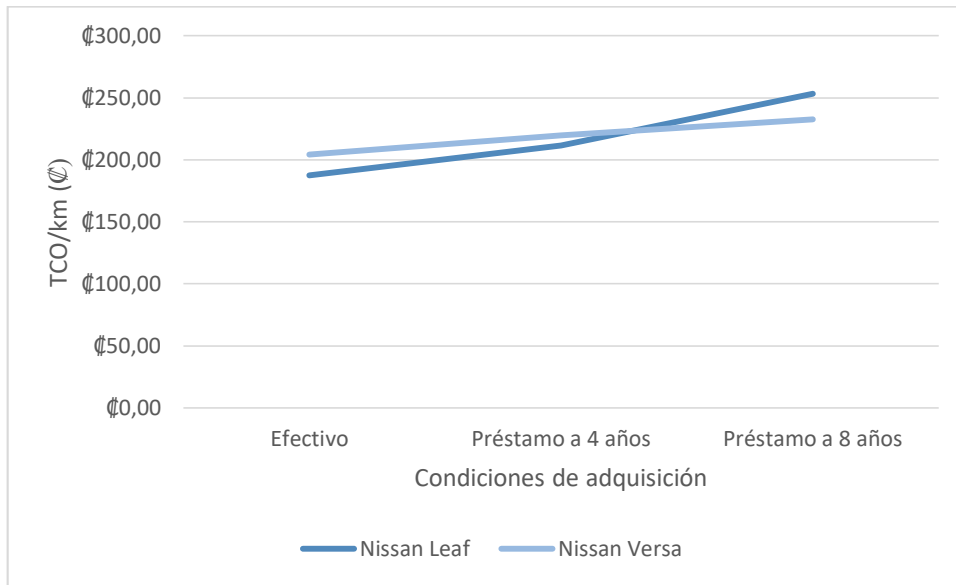
Modelo	Valor Actual Neto	Costo Anual	Costo por kilómetro
Hyundai Ioniq	€29 785 916,22	€2 978 591,62	€240,07
Toyota Corolla	€26 749 960,06	€2 674 996,01	€238,82
Nissan Leaf	€31 422 040,35	€3 142 204,03	€253,26
Nissan Versa	€26 036 411,72	€2 603 641,17	€232,45

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).



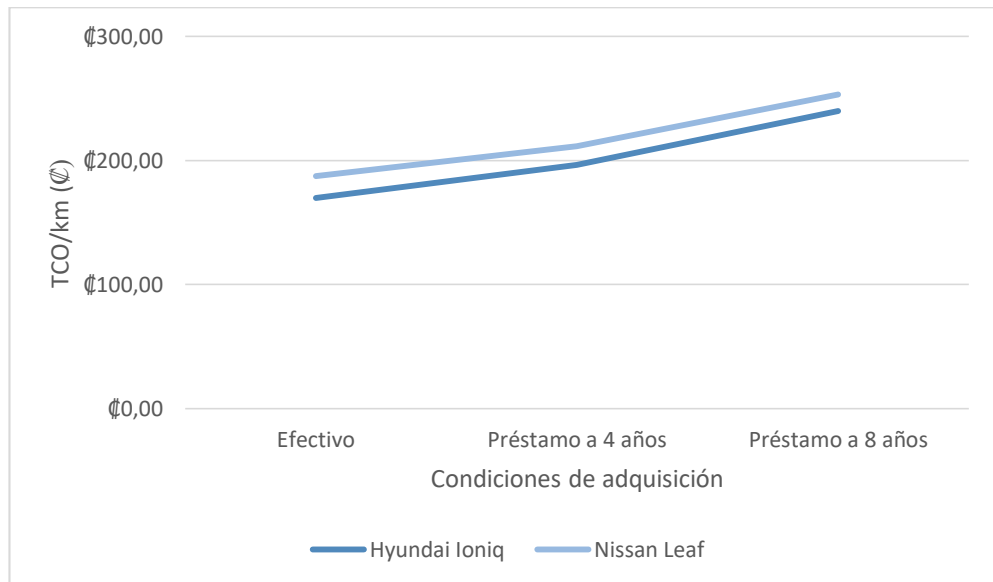
**Figura 4.7** Costo de Posesión por Kilómetro según Condición de Adquisición del Hyundai Ioniq y Toyota Corolla

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).



**Figura 4.8** Costo de Posesión por Kilómetro según Condición de Adquisición del Nissan Leaf y Nissan Versa

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).



**Figura 4.9** Costo de Posesión por Kilómetro según Condición de Adquisición del Hyundai Ioniq y Nissan Leaf

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

Con base en la figura 4.7, se observa como el Hyundai Ioniq presenta un menor costo por kilómetro comparado con un Toyota Corolla, que no solo lo convierte en una opción viable a lo largo del ciclo de vida útil, no solo comprado en efectivo, sino que también adquiriendo

por financiamiento, por otro lado, en la figura 4.8, entre el Nissan *Leaf* y el Nissan Versa se obtiene un valor por kilómetro muy similar si los modelos se compran en efectivo o con financiamiento a 4 años, comenzando a ver cierta ventaja del Versa hacia el financiamiento a 8 años, debido al costo inicial de ambos automóviles, ya que la diferencia entre ambos ronda los \$ 20 000; situación que se clarifica en la figura 4.9, donde se muestra la ventaja económica por kilómetro del Hyundai Ioniq sobre el Nissan *Leaf*.

**Objetivo 4. Investigar las normas, procesos y/o regulaciones vigentes a nivel nacional e internacional que permitan un segundo uso o reciclaje responsable con el medio ambiente de los componentes de un automóvil al final de su vida útil.**

En esta sección se investigaron los procesos, las normas y las regulaciones para el reciclaje o la reutilización de los componentes de un automóvil una vez este haya cumplido su ciclo de vida útil.

Un aspecto de importancia a la hora de adquirir un automóvil, el cual no siempre se toma en cuenta, es lo que le sucede al final de su vida útil, o sea, al momento de su disposición final; dado que la acumulación representa un impacto al medio ambiente. Principalmente se enfoca en los criterios relativos al reciclaje de la batería de un automóvil eléctrico.

Para el reciclaje del automóvil, aproximadamente el 70% de este es acero, el cual se recicla con objetivos de remanufactura, los demás metales como el magnesio y el aluminio se recuperan después de triturados, pero al ser aleaciones se dificulta su recuperación, mientras que los plásticos, vidrios y demás materiales suelen ser incinerados (Yue, K. 2012).

**Tabla 4.37** Composición de materiales de un automóvil

<b>Materiales convencionales de un automóvil de combustión interna</b>	<b>Porcentaje de material respecto al peso del automóvil.</b>
Acero	73.4 %
Acero Inoxidable	0 %
Hierro fundido	4.6 %
Aluminio forjado	2.2%
Aluminio moldeado	4.7 %
Bronce/Latón	1.9 %
Magnesio	0.02 %
Vidrio	2.9 %
Plástico promedio	7.2 %
Hule	2.4 %
Platino	0.0005 %
Otros	0.8 %

**Fuente:** (Yue. K., 2012, p.47).



El desechar las baterías de un automóvil eléctrico, sin considerar un manejo responsable, puede provocar daños al medioambiente y amenazar la salud humana, por lo que el reciclaje de baterías toma importancia como un medio de recuperación de baterías (Choy & Rhee, 2020). Una batería de un automóvil eléctrico alcanza su vida cuando su máxima capacidad alcance un 80% de su capacidad de carga original (Skeete, et al. 2020). Sin embargo, estas baterías se pueden reutilizar en aplicaciones de menor demanda eléctrica (Zhu et al, 2020)

## **Costa Rica**

El VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 propone, en su objetivo 5.2.2, el incentivo de descarte de los vehículos que hayan cumplido con su vida útil para promover la renovación de la flota vehicular. Según el informe de cierre, la normativa y el estudio de factibilidad cuentan con un avance del 100%, presentan un atraso crítico en la implementación del chatarrizado de los vehículos (MINAE. 2020). Para procesar el reciclaje de los vehículos se sigue lo normado en el decreto N°38272, que enlista en el artículo 4.bis los residuos de manejo especial, relevantes para el reciclaje o chatarrización y que se citan:

- llantas usadas,
- pilas de litio,
- aceites lubricantes usados, y
- chatarra.

Además, la Ley N.° 9518, en su artículo 23 menciona que los importadores deben ofrecer los servicios de reparación y revisión de este tipo de vehículos conforme a lo que establece la Ley N.° 8839 para el manejo de desechos especiales, con enfoque en las baterías de los automóviles eléctricos; y explica que en caso de no cumplir las disposiciones correspondientes se aplicarán las infracciones administrativas de la Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ley N.° 8839).

## **Estados Unidos**

En este país la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México en el 2017 redactaron un manual del procesado de los vehículos al final de su vida útil, con el fin de brindar información sobre el desarme, el desmantelamiento y el manejo adecuado de los desechos; para recuperar recursos valiosos de manera segura. Además, se menciona que en el caso de existir piezas reutilizables y en buen estado, pueden ser vendidas; caso contrario, deben ser desechadas, pero no deben ser enviados a tiraderos comunes, sino a lugares especializados en procesar este tipo de desechos (plantas recicladoras de baterías). (EPA, SEMARNAT, 2020).

En el caso de las baterías, de los vehículos eléctricos, se consideran como un desecho universal por la Regulación Federal de Desechos Universales en la sección 273, donde se manifiesta que en el caso de las baterías de iones de litio no son tóxicas, pero presentan peligros de explosión (CalEPA, 2019).

## **Unión Europea**

En esta región, el reciclaje de automóviles está regulado mediante la directriz 2000/53/EC, la cual tiene como primera prioridad, la prevención de desperdicios provenientes de los vehículos, la reutilización, el reciclaje, entre otras formas de recuperación de componentes y reducir la cantidad de desecho. También, propone la mejora del desempeño ambiental de los actores involucrados en esta tarea.

Esta directriz establece que el porcentaje de recuperación y reutilización de los materiales debe ser no menor al 85% y del reciclaje no menor al 80% del peso del vehículo para automóviles del año 1980 al 2005, cuyos valores incrementan para modelos del 2006 al 2015 un 10 % y un 15% respectivamente. Posteriormente, se desglosan los requerimientos técnicos mínimos para el tratamiento de reciclaje y la recuperación según la directriz 2000/53/EC. UE, (2000) señala lo siguiente:

1. Los almacenes (incluidos los depósitos temporales) para los vehículos al final de su vida útil antes de su tratamiento:

- zonas adecuadas dotadas de superficies impermeables, con instalaciones para la recogida de derrames, decantadores y limpiadores-desengrasadores,
- equipos para el tratamiento de aguas, incluidas las aguas de lluvia, conforme a la reglamentación sanitaria y medioambiental.

2. Lugares de tratamiento:

- zonas adecuadas dotadas de superficies impermeables, con instalaciones para la recogida de derrames, decantadores y limpiadores-desengrasadores,
- almacenamiento adecuado para las piezas de recambio y depósitos impermeables para el almacenamiento de estas piezas que estén contaminadas por aceites,
- contenedores adecuados para el depósito de baterías (con neutralización del electrolito *in situ* o en otro lugar), filtros y condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB) o policloroterfenilos (PCT),
- depósitos adecuados para el almacenamiento por separado de los líquidos de los vehículos al final de su vida útil: combustibles, aceite de motor, aceite de la caja de cambios, aceite de transmisión, aceite hidráulico, líquido refrigerante, anticongelante, líquido de frenos, ácido de baterías, fluido de los aparatos de aire acondicionado y cualquier otro fluido que contengan los vehículos al final de su vida útil,
- equipos para el tratamiento de aguas, incluidas las aguas de lluvia, conforme a la reglamentación sanitaria y medioambiental,
- almacenamiento adecuado para neumáticos usados, que permita la prevención de los riesgos de incendio y de los riesgos derivados de un exceso de almacenamiento.

3. Operaciones de tratamiento para la descontaminación de los vehículos al final de su vida útil:

- retirada de baterías y depósitos de gas licuado,
- retirada o neutralización de componentes potencialmente explosivos (por ejemplo, airbags),
- retirada, así como recogida y almacenamiento por separado, de combustibles, aceite de motor, aceite de transmisión, aceite de la caja de cambios, aceite hidráulico, líquido refrigerante, anticongelante, líquido de frenos, fluido de los

aparatos de aire acondicionado y cualquier otro fluido que contengan los vehículos al final de su vida útil a menos que sea necesario para la reutilización de los componentes de que se trate,

- retirada, siempre que sea viable, de todos los componentes en los que se haya determinado un contenido en mercurio.
4. Operaciones de tratamiento para fomentar el reciclado:
- retirada de catalizadores,
  - retirada de los elementos metálicos que contengan cobre, aluminio y magnesio, si estos metales no van a ser retirados en el proceso de fragmentación,
  - retirada de neumáticos y componentes plásticos de gran tamaño (por ejemplo, parachoques, salpicaderos, depósitos de fluidos, etc.) si estos materiales no van a ser retirados en el proceso de fragmentación de tal modo que puedan reciclarse efectivamente como materiales, retirada de vidrio.
5. Las operaciones de almacenamiento se deberán llevar a cabo evitando dañar los componentes que contengan fluidos, o los componentes y piezas de recambio valorizables. (p. L269/41)

El reciclaje de baterías de litio en los automóviles eléctricos está regulado mediante la directiva 2006/66/EC, la cual dictamina los pasos por seguir desde el diseño hasta el reciclaje; esta regulación prohíbe la eliminación en los vertederos terrestres y la incineración de baterías, ya que la totalidad deben ser recicladas. En el anexo 3 de esta norma se presentan los requisitos de tratamiento y reciclado. UE, (2000) señala lo siguiente:

- **PARTE A: TRATAMIENTO**

1. El tratamiento comprenderá, como mínimo, la extracción de todos los fluidos y ácidos.
2. El tratamiento y cualquier almacenamiento, incluido el almacenamiento provisional, en instalaciones de tratamiento tendrá lugar en lugares impermeabilizados y convenientemente cubiertos o en contenedores adecuados.

- **PARTE B: RECICLADO**

3. Los procesos de reciclado deberán alcanzar los siguientes niveles de eficiencia mínimos en materia de reciclado:

- a) el reciclado del 65 % en peso, como promedio, de pilas y acumuladores de plomo-ácido, incluido el reciclado del contenido de plomo en el mayor grado técnicamente posible sin que ello entrañe costes excesivos;
- b) el reciclado del 75 % en peso, como promedio, de las pilas y acumuladores de níquel-cadmio, incluido el reciclado del contenido de cadmio en el mayor grado técnicamente posible sin que ello entrañe costes excesivos, y
- c) el reciclado del 50 % en peso, como promedio, de los demás residuos de pilas y acumuladores. (p. L266/14)

## **China**

Este país es el mercado fabricante y vendedor más grande de automóviles en el mundo, con una producción y exportación anuales de 18 y 9 millones, respectivamente. Sin embargo, al final de la vida útil, solo el 40% de los automóviles se reciclan, donde puede deberse a la falta de un nivel mayor de compensación (Yue, 2012).

Además, es el mayor productor de vehículos eléctricos en el mundo, donde en el 2018 la venta de automóviles eléctricos de los pasajeros alcanzó las 1 053 000 unidades, y para el 2020 el gobierno proyecta la venta de 5 millones para el 2020. Del precio del automóvil se estima que el 40% del valor corresponde a las baterías (Zhu et al, 2020).

El reciclaje de las baterías representa un reto importante para los fabricantes, debido a que estos son los responsables del reciclaje y su desecho, según lo dictaminó el Ministro de Industria e Información Tecnológica (CaI-EPA, 2019). Ya que estas al desecharse pueden provocar daños al medioambiente y amenazar la salud humana si no se disponen adecuadamente. Una batería de un automóvil eléctrico se recicla cuando alcance un 80% de su capacidad de carga original, sin embargo, se le puede dar una segunda vida mediante la reutilización en otras aplicaciones de menor demanda energética (Zhu et al, 2020).

## Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

Se determinó la viabilidad de adquisición de un automóvil eléctrico sobre un modelo similar de la combustión interna en los costos operativos, el mantenimiento, el valor de reventa y el costo de posesión por kilómetro; lo cual representa un punto de información importante para impulsar el crecimiento de la flotilla de automóviles eléctricos en el país. Sin embargo, actualmente todavía existen limitantes para un crecimiento mayor de la flotilla de automóviles eléctricos en el país, como lo es el precio inicial (donde los automóviles de combustión interna son más baratos que las versiones eléctricas) y la oferta del mercado, que, aunque creciente en los últimos años, sigue siendo menor a la oferta de sus contrapartes de combustión interna.

- I. Se determinaron los costos involucrados por concepto de la operación y el mantenimiento de los automóviles eléctricos respecto a la combustión interna, donde se determinó una reducción en este rubro en costos del mantenimiento del 43,38%, pero un aumento del 11,56% en los costos de marchamo durante el ciclo de vida útil y costo igual en revisión técnica, para un dato de reducción de costos operacionales del 15,09% en los rubros mencionados.
- II. Se determinó el costo y el rendimiento energético de ambas alternativas, mostrando una reducción del 79,50% en el rendimiento energético por cada 100km y una reducción del 56.61% en el costo energético a lo largo de la vida útil de un automóvil eléctrico versus la alternativa de la combustión interna.
- III. Se analizó desde una perspectiva financiera los costos totales de un automóvil eléctrico y uno de combustión interna, resultando obtener un costo menor por kilómetro durante la vida útil de la alternativa eléctrica versus la de combustión interna, en tanto la diferencia de los precios entre ambas alternativas no se acerque o supere el costo inicial del automóvil con costo menor.
- IV. Se investigaron los escenarios requeridos para el reciclaje responsable de los automóviles nacional e internacionalmente, a partir de los cuales se determinaron las falencias en el país en este tema, pero a la vez, se señalaron las oportunidades de mejora para el aprovechamiento de los materiales o equipos después de haber cumplido su vida útil.

## Recomendaciones

Respecto a los puntos analizados en este proyecto se recomienda:

1. En el caso de que el dueño del automóvil eléctrico sea cliente de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), y su recibo eléctrico mensual sea mayor a los 300 kWh, se recomienda aplicar para tarifa residencial horaria, y cargar el automóvil de noche para reducir los costos por el consumo energético.
2. Al momento de analizar la compra de un automóvil, no dar prioridad solo al rendimiento energético, sino que es necesario analizar los costos de mantenimiento, el precio inicial, los incentivos gubernamentales, etc.
3. Si se tiene o se va a comprar un automóvil eléctrico, realice los trámites correspondientes a la exoneración del marchamo, según la Ley N.º 9518, de lo contrario, los pagos por marchamo que puede llegar a pagar en los primeros 5 años serán mucho mayores, del 94% en el primer pago y del 15% en el quinto pago.
4. El rendimiento energético del automóvil se verá afectado o beneficiado (en el caso de los automóviles eléctricos) según la topografía de las rutas utilizadas, las formas de manejo, el peso extra dentro del automóvil, los cuales no son fácilmente cuantificables.
5. Al momento de comparar 2 tipos de vehículos, se debe verificar que sean del mismo estilo y segmento, o de características físicas similares, por ejemplo: potencia, largo, ancho, distancia entre ejes, altura, peso, precio, entre otros.
6. Siempre se debe estar pendiente de los sistemas que componen el automóvil, para verificar el desgaste o malfuncionamiento de las piezas, para que en la medida de lo posible se le apliquen las técnicas de mantenimiento preventivo periódico, y así, tratar de evitar gastos mayores en las reparaciones.

## Capítulo 6. Referencias

- (2000, 18 de setiembre). Directiva 2000/53/CE. Parlamento Europeo. Unión Europea.
- (2006, 6 de setiembre). Directiva 2006/66/CE. Parlamento Europeo. Unión Europea.
- (2015). Acuerdo de París. Organización de las Naciones Unidas. París, Francia
- (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. Ministerio de Ambiente y Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. San José.
- (2018). Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe y oportunidades para la colaboración regional. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Organización de las Naciones Unidas.
- (2018). Plan de Descarbonización. Compromiso del Gobierno del Bicentenario. Ministerio de Ambiente y Energía. San José
- (2018, Julio). Electric Vehicle Sales: Facts & Figures. Edison Electric Institute. Washington DC, Estados Unidos.
- (2018,11 de diciembre). Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública 2019-2022. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. San José.
- (2019). Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030. Ministerio de Ambiente y Energía. San José.
- (2019). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. Informe de cierre. Periodo 2015-2019. Ministerio de Ambiente y Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. San José.
- (2020) ¿Con qué frecuencia debe pasar su vehículo a la RTV? Revisión Técnica Vehicular (RITEVE). <https://www.rtv.co.cr/cuando-debo-pasar-la-rtv/>
- (2020). 2020 Corolla. Especificaciones. Purdy Motor S.A. <https://www.toyotacr.com/autos/corolla/especificaciones?models%5B0%5D=311>
- (2020). Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica. <https://asomove.com/>
- (2020). Calidad y seguridad de productos. Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/>
- (2020). Car-Tic@ Auto Valor. Ministerio de Hacienda. <https://serviciosnet.hacienda.go.cr/autohacienda/>



- (2020). Compare electric cars side by side. United States Department of Energy, United States Environmental Protection Agency.: <https://www.fueleconomy.gov/feg/PowerSearch.do?action=noform&path=1&year1=2019&year2=2020&vtype=Electric&pageno=3&sortBy=Comb&tab-View=0&rowLimit=10>
- (2020). Gasolina superior. Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/gasolina-super/>
- (2020). Poder calórico. Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/poder-calorico/>
- (2020). Precios Vigentes. Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/tabla-precios/>
- (2020). Tarifas Vigentes. Revisión Técnica Vehicular (RITEVE). <https://www.rtv.co.cr/tarifas/>
- (2020). Why does electric mobility matter? United Nations Environment Programme. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/electric-mobility/why-does-electric-mobility-matter>
- (2020, 16 de marzo). Vehículos Eléctricos en Costa Rica. Lista actualizada del crecimiento de la flota costarricense de vehículos eléctricos. Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Energía. <https://web.energia.go.cr/2020/03/16/movilidad-electrica-costa-rica/>
- Abotalebi, E. Scott, D. Ferguson, M. (2019). Can Canadian households benefit economically from purchasing battery electric vehicles? *Transportation Research Part D*, vol. 77 (2019), 292–302.
- Andersson, M. Soderman, M. Snadén, B. (2017). Are scarce metals in cars functionally recycled? *Waste Management*, vol. 60 (2017), 407-416
- Ansariipoor, A. y Oliveira, F (2017). Flexible lease contracts in the fleet replacement problem with alternative fuel vehicles: A real-options approach. *European Journal of Operational Research*, vol. 266, 316-327.
- Araya, G. (2018). Introducción de Vehículos Eléctricos de uso particular en Costa Rica: costo total de posesión e impacto en la red eléctrica de distribución. Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”.
- Arrieta, E. (2018, 3 de diciembre). Grupo ICE presenta flotilla de 100 autos eléctricos. La República. <https://www.larepublica.net/noticia/grupo-ice-presenta-flotilla-de-100-autos-electricos>

- Auer, M. Wiedemann, J. Widdecke, N. Kuthada, T. (2015). Increase of range of Battery Electric. *Vehicles through Thermal Management*, vol. 117, 64-71.
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2020). Tarifas de electricidad del sistema de distribución. ARESEP. <https://aresep.go.cr/transparencia/datos-abiertos/tarifas-electricidad-sistema-distribucion>
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2020). Tarifas revisión técnica vehicular (RITEVE). ARESEP. [https://aresep.go.cr/riteve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2878&catid=58](https://aresep.go.cr/riteve/index.php?option=com_content&view=article&id=2878&catid=58)
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2020). Tarifas vigentes de combustibles líquidos. ARESEP. <https://aresep.go.cr/combustible/tarifas-vigentes>
- Azman, M. Rajoo, S. Abidin, S. (2018). Development of Malaysian urban drive cycle using vehicle and engine parameters. *Transportation Research*, vol. 63, 388-403.
- Bauer, G. Phadke, A. Greenblatt, J. Rajagopal, D. (2019). Electrifying urban ridesourcing fleets at no added cost through efficient use of charging infrastructure. *Transportation Research Part C*, vol. 105, 385-404.
- Beretta, J. (2015). Business opportunity and challenges. French National electro-mobility association (AVERE).
- Braz Da Silva, M. Moura, F. (2014). Electric Vehicle diffusion in the Portuguese automobile market. *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 10, 49-64.
- Burkert, A. (2017). China's Inuque Approach to Electric Vehicles. *ATZ Worldwide*. 8-13.
- Burket, A. (2018). Effective Recycling of Electric-vehicle Batteries. *ATZ Worldwide*. 10-15
- California Environmental Protection Agency (CalEPA). (2019). Lithium-ion Car Battery Recycling Advisory Group. Background Information. <https://calepa.ca.gov/climate/lithium-ion-car-battery-recycling-advisory-group/lithium-ion-car-battery-recycling-advisory-group-meeting-materials-11-4-19-background/>
- Chacón, A. Jiménez, G. Montenegro, J. Sasa, J. Blanco, K (2012). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono. Ministerio de Ambiente y Energía e Instituto Meteorológico Nacional. San José.

- Chapman, S. (2012). Máquinas Eléctricas. Quinta Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A de C.V.
- Choi, Y. Rheem S. (2020). Current status and perspectives on recycling of end-of-life battery of electric vehicle in Korea (Republic of). *Waste Management*.
- Cisneros, M. (2016). ¿Carro nuevo o usado? Esto es lo que ofrecen las entidades financieras. *El Financiero*. <https://www.elfinancierocr.com/finanzas/carro-nuevo-o-usado-esto-es-lo-que-le-ofrecen-las-entidades-financieras/FFPKCXEYYBB4BGAQ7GFRK3GNUU/story/>
- Danielis, R. Giansoldati, M. Rotaris, L. (2018). A probabilistic total cost of ownership model to evaluate the current and prospects of electric cars uptake in Italy. *Energy Policy*, vol. 119, 268-281.
- De Clerck, Q. Van Lier, T. Messagie, M. Macharis, C. Van Mierlo, J. Vanhaverbeke, L. (2018). Total Cost for Society: A persona-based analysis of electric and conventional vehicles. *Transportation Research Part D*, vol. 64 (2018), 90–110.
- Decreto Ejecutivo N.º 38272-S. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 17 de noviembre de 2016.
- Decreto Ejecutivo N.º 40140-H. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 17 de noviembre de 2016.
- Decreto Ejecutivo N.º 41356-H. Alcance N°190. Diario Oficial La Gaceta. San José, Costa Rica, 31 de octubre de 2018.
- Demeulenaere, X (2019) The use of automotive fleets to support the diffusion of Alternative Fuel Vehicles: A Rapid Evidence Assessment of barriers and decision mechanisms. *Research in Transport Economics*. <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.itcr.ac.cr/science/article/pii/S0739885919302501>
- Ellis, B (2007). Life cycle cost.
- Environmental Protection Agency (EPA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). Procesado de Vehículos al Final de su Vida Útil: Guía Sobre Ganancias y Seguridad al Hacer una Operación de Secate de Vehículos en la Frontera de Los Estados Unidos y México. SEMARNAT.
- Fernández, S., (2010). Los Proyectos de Inversión. 2º edición, Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

- Flores, B. (2019). Bancos lo acercan a su meta de tener vehículo. *La República*. [https://www.larepublica.net/noticia/pocos\\_propietarios\\_desechan\\_carros\\_viejos\\_a\\_cambio\\_de\\_bono](https://www.larepublica.net/noticia/pocos_propietarios_desechan_carros_viejos_a_cambio_de_bono)
- Fuller, S (2010). Life-Cycle Cost Analysis (LCCA). Whole Building Design Guide. National Institute of Building Sciences, National Institute of Standards and Technology
- Giansoldati, M. Danielis, R. Rotaris, L. Scorrano, M. (2018). The role of driving range in consumers' purchasing decision forelectric cars in Italy. *Energy*, vol.165 (2018), 267-274.
- Globisch, J. Dutschke, E. Schleich, J. (2018). Acceptance of electric passenger cars in commercial fleets. *Transportation Research Part A*, vol. 116, 122-129.
- Hagman, D. Ritzén, S. Stier, J. Susilo, Y. (2016). Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. *Research in Transportation Business & Management*, vol. 18 (2016), 11–17.
- Haustein, S. Jensen, A. (2018). Factors of electric vehicle adoption: A comparison of conventional and electric car uses based on an extended theory of planned behavior. *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 12, 484-496.
- Hyundai. (2020, marzo). Hyundai Costa Rica. <https://www.hyundaicr.com/ioniqelectrico.php>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2020). Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019). Factores de emisión de gases de efecto invernadero.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019). Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Novena edición.
- Jiao, N. Evans, S. (2016). Secondary use of Electric Vehicle Batteries and Potential Impacts on Business Models. *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 33, 348-354.
- Kampker, A. Deutskens, C. Müller, P. Müller, T. (2015). Reduction of total Cost of Ownweship bu Use of Electric Vehicles. *ATZ Worldwide* .Vol 117, 28-30
- Kanari, N. Pineau, J-L. Shallari, S. (2003). End-of-Life Vehicle Recycling in the European Union. *Journal of the Minerals, Metals & Materials Society*.

- Kianian, B. Kurdve, M. Andersson, C. (2019). Comparing Life Cycle Costing and Performance Part Costing in Assessing Acquisition and Operational Cost of New Manufacturing Technologies. *26th CIRP Cycle Engineering (LCE) Conference*, vol. 80 (2019), 428-433.
- Kontou, E. Yin, Y. Lin, Z. He, F. (2017). Socially optimal replacement of conventional with electric vehicles for the US household fleets. *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 11; 749-763.
- Lara, F. (2019). Autos eléctricos tendrán placas verdes, privilegios en parqueo y se librarán de restricción vehicular. Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica. Boletines y Publicaciones. <https://asomove.org/noticias/7236329>
- Lee, C. Wu, C. (2019). Learning to Recognize Driving Patterns for Collectively Characterizing Electric Vehicle Driving Behaviors. *International Journal of Automotive Technology*, vol. 20, 1263-1276.
- Lee, S-H. Kim, M. Lee, S. (2019). Development of an energy Prediction Model on Driving Data for Predicting the Driving Distance on an Electric Vehicle. *International Journal of Automotive Technology*, vol. 20, No 2, 389-395.
- Leitman, S. y Bryant, B. (2009). Build your own electric vehicle. Second Edition. McGraw-Hill.
- Lesemann, M. Fassbender, S. Stein, J. (2013). What Customers Expect of Electric Vehicles. *ATZ*, vol. 115, 10-15.
- Lévay, P. Drossinos, Y. Thiel, C. (2017). The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*, vol. 105 (2017), 524-533.
- Ley N.º 7088. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 18 de octubre del 2017.
- Ley N.º 9518. Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 6 de febrero de 2018.
- Máñez, G. Bermúdez, E. Araya, M. (2018). Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe y oportunidades para la colaboración regional. ONU Medio Ambiente. Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Secretaría de Planificación del Subsector Energía (SEPSE). (2019). Estudio para la caracterización del consumo energético en el sector residencial – Informe Final.

- Ministerio de Hacienda (2020). Tarifas impuesto a la propiedad de vehículos automotores, aeronaves y embarcaciones. <https://www.hacienda.go.cr/contenido/14426-tarifas-impuesto-a-la-propiedad-de-vehiculos-automotores-aeronaves-y-embarcaciones>
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. (2013). Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana. [http://mivah.go.cr/Biblioteca\\_PlanGAM.shtml](http://mivah.go.cr/Biblioteca_PlanGAM.shtml)
- Muckenhoff, T. Fritzsche, F. Blume, U. (2019). Energy Management and Hybrid Storage Concept for Electric Vehicles. *ATZ*. 16-21
- Natkunarajah, N. Scharf, M. Scharf, P. (2015). Scenarios For The Return Of Lithium-Ion Batteries. *Out Of Electric Cars For Recycling. Procedia CIRP*, vol. 29 (2015), 740-745
- Nissan (2020, marzo). Nissan Costa Rica. <https://www.nissancr.com/vehiculo/nuevos-vehiculos/nissan-leaf.html>
- Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público. Procuraduría General de la República, San José, Costa Rica, 25 de mayo de 2012.
- Organización de las Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas (ONU). <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Palmer, K. Tate, J. Wadud, Z. Nellthorp, J. (2017). Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan. *Applied Energy*, vol. 209 (2018), 108–119
- Prendas, G. (2016). Pocos propietarios desechan carros viejos a cambio de bono. *La República*. [https://www.larepublica.net/noticia/pocos\\_propietarios\\_desechan\\_carros\\_viejos\\_a\\_cambio\\_de\\_bono](https://www.larepublica.net/noticia/pocos_propietarios_desechan_carros_viejos_a_cambio_de_bono)
- Rivera, D. (2019). Factores Determinantes en la Demanda de Vehículos Eléctricos en Costa Rica. Centro Académico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Rojas, P. (2019, 1 de octubre). Las propuestas de los bancos públicos para incentivar compras de vehículos eléctricos. *CrHoy*. <https://www.crhoy.com/nacionales/video-las-propuestas-de-los-bancos-publicos-para-incentivar-compra-de-vehiculos-electricos/>
- Sadek, N. (2012). Urban electric vehicles: a contemporary business case. *European Transport Research Review*, vol. 4, 27-37.
- Schottle, M (2016). A charged Debate on the Future of Electric Vehicles. *ATZ*, vol. 11, 11-15.

- Scorrano, M. Danielis, R. Giansoldati, M. (2019). Dissecting the total cost of ownership of fully electric cars in Italy: The impact of annual distance travelled, home charging and urban driving.
- Segura-Navarro, M (2018, julio). Automóviles eléctricos y sus baterías: un reto ambiental para Costa Rica. *Revista Ambientico* 267. Artículo 10, 54-58
- Skeete, J. Wells, P. Dong, X. Heldrich, O. Harper, G. (2020). Beyond the Event horizon: Battery waste, recycling, and sustainability in the United Kingdom electric vehicle transition. *Energy Research & Social Science*, vol. 69 (2020)
- Skippon, S. Chappell, J (2019). Fleets' motivation for plug-in vehicle adoption and usage: U.K. case studies. *Transportation Research Part D*, vol. 71, 67-84.
- Stewart, A. Dodson, T. (2016, noviembre). Low carbon cars in the 2020s: Consumer impacts and EU policy implications. Final Report. BEUC (The European Consumer Organization).
- Superintendencia General de Seguros (2019). Informe de revisión del monto de cobertura del Seguro Obligatorio de Vehículos Automotores para el año 2020. Superintendencia General de Seguros.
- Tanco, M. Cat, L. Garat, S. (2019). A break-even analysis for battery electric trucks in Latin America. *Journal of Cleaner Production*. *Journal of Cleaner Production*, vol. 228 (2019) 1354-1367.
- Wang, J (2012). Chinese electric car and SD-PAM: a case study. *Climate and Development*, vol. 4, 210-218.
- Zhu, M. Liu, Z. Li, J. Zhu, S. (2019). Electric vehicle battery capacity allocation and recycling with downstream competition. *European Journal of Operational Research*, vol. 283 (2020), 365-379

## Capítulo 7. Anexos

### Anexo 1. Huella de carbono evitada por el uso de un automóvil eléctrico

En este anexo se desglosa la huella de carbono evitada por el uso de un automóvil eléctrico, tomando como base los datos obtenidos en consumo energético de los automóviles de combustión interna utilizados en el presente documento. Este análisis se vuelve importante para justificar desde la perspectiva medioambiental y de salud pública la adquisición de alternativas de transporte cero emisiones, ya que al reducir de manera gradual la huella de carbono generada por el sector transporte, se pueden reducir los indicadores de contaminación por partículas de aire en nuestras ciudades, y por ende, según el plan nacional de energía, las atenciones por afecciones respiratorias como el asma se pueden ver reducidas en los hospitales de la CCSS.

Para el cálculo de huella de carbono correspondiente al consumo de gasolina por parte de automóviles, se debe tomar en cuenta la distancia recorrida anual promedio (para el presente análisis se tomará en cuenta la distancia de los automóviles eléctricos, ya que se quiere analizar masa de CO<sub>2</sub> equivalente que se dejó de producir al usar este tipo de vehículos), el rendimiento energético promedio de un automóvil de combustión interna y los factores de emisión de los principales GEI arrojados a la atmósfera por quema de gasolina. En la tabla A.1, se muestran los factores de emisión de GEI correspondiente a transporte, o en su defecto, transporte terrestre a base de gasolina con catalizador y generación eléctrica.

**Tabla 7.1** Factores de Emisión de GEI

Gas de Efecto Invernadero (GEI)	Factor de emisión	Potencial de calentamiento global
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	2,231 kg/ <i>l</i> <sub>combustible</sub>	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	0,907 g/ <i>l</i> <sub>combustible</sub>	25
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	0,283 g/ <i>l</i> <sub>combustible</sub>	298
Generación eléctrica	0,0395 kg CO <sub>2</sub> e/kWh	No aplica

**Fuente:** (IMN, 2019).



Los valores por utilizar como base para el cálculo son de una distancia anual recorrida de 12 407,14 km, un rendimiento energético para automóviles de gasolina de 9,51 l/100 km, y multiplicando estos datos se obtiene un volumen de gasolina consumido de 1179, 67 l/año.

**Tabla 7.2** Masa de GEI no enviada a la atmósfera de un automóvil eléctrico

Gas de Efecto Invernadero (GEI)	Factores de emisión (kg/l)	Masa de GEI emitida anualmente (kg/año)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	2,231	-2631,846972
Metano (CH <sub>4</sub> )	0,000907	-26,75
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	0,000283	-99,48
Generación eléctrica (CO <sub>2</sub> e)	No aplica	117,28

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

De la tabla anterior, al buscar determinar la masa de GEI que no produjo un automóvil eléctrico, el valor por generación eléctrica se le resta a la suma de los demás valores, donde en la tabla A.3., se muestran los valores resumidos del cálculo de huella de carbono, tomando en cuenta los 50 automóviles eléctricos registrados en la encuesta.

**Tabla 7.3** Cantidad de emisiones de GEI no enviadas a la atmósfera por la muestra de 50 automóviles eléctricos

Cantidad de emisiones anuales	Valor
(kg CO <sub>2</sub> e/ año) /automóvil	2 640,80
(Ton CO <sub>2</sub> e/ año) /automóvil	2,64
(Ton CO <sub>2</sub> e/ año)	132,04

**Fuente:** elaboración propia (Excel 2013).

## **Anexo 2. Encuesta de Formularios de Google enviada a los asociados de ASOMOVE para recolectar datos relevantes para la investigación.**

Recolección datos automóviles eléctricos

### **Sección 1. Aspectos determinantes de operación y mantenimiento de AUTOMÓVILES 100% ELÉCTRICOS Y DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

La presente encuesta es parte de una investigación científica de la Escuela de Ingeniería Electromecánica del Tecnológico de Costa Rica, la cual pretende determinar la viabilidad económica de adquirir un AUTOMÓVIL TIPO SEDÁN O HATCHBACK eléctrico comparado con uno de combustión interna, basado en el ciclo de vida útil de un automóvil de combustión interna.

Esta encuesta es anónima, confidencial y voluntaria; además no pretende vender ningún producto o servicio. Se agradece su tiempo y colaboración.

1.1 ¿Es propietario de un AUTOMÓVIL SEDÁN o HATCHBACK 100% eléctrico o de combustión interna?

- Sí
- No

### **Sección 2. Preguntas sobre datos generales del vehículo**

En esta sección se busca conocer si el encuestado cuenta con el tipo de motor necesario para la investigación.

2. Indique el tipo de motor que tiene(n) su(s) AUTOMÓVIL(ES)

- 100% Eléctrico
- Combustión interna (gasolina, diésel, gas)
- Uno(s) de Combustión y otro(s) 100% eléctrico
- Híbrido

### **Sección 3. Preguntas sobre AUTOMÓVIL 100% eléctrico**

En esta sección se llena con datos de automóviles eléctricos que posea, en caso de tener dos o más autos, llene la información siguiente para un solo automóvil, al final se le pregunta

si desea ingresar otro automóvil (máximo 3), en caso de dar sí, volverá al inicio de esta sección, caso contrario seguirá a la otra sección de la encuesta.

3.1 ¿Tiene uno o más AUTOMÓVILES 100% eléctrico?

- Sí
- No

**Sección 4. Preguntas sobre AUTOMÓVIL 100% eléctrico (En caso de responder sí, esta sección se repite un máximo de tres veces para permitir a los encuestados ingresar más de un automóvil eléctrico).**

3.2 ¿Qué factores incidieron en la adquisición de un AUTOMÓVIL eléctrico?

- Protección del medio ambiente
- Ahorro en combustible
- Estatus
- Exoneraciones (marchamo, parquímetros, impuestos, etc.)
- Confort
- Tecnológica
- Precio
- Ahorro en mantenimientos
- No sé/no deseo contestar
- Otra

3.3 Indique la marca y modelo del AUTOMÓVIL

- BMW i3
- BYD e1
- BYD e5
- Chevrolet *Bolt*
- Chevrolet *Spark*
- Fiat 500e
- Ford *Focus*
- Hyundai Ioniq
- Kia *Soul*
- Nissan *Leaf*

- Reva
- Tesla *Model 3*
- Tesla *Model S*
- Volkswagen e-Golf
- No se/no deseo contestar
- Otro

3.4 Indique el año de fabricación del AUTOMÓVIL

- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009 o anterior
- No sé/no deseo contestar

3.5 En el momento de la compra del AUTOMÓVIL, este era

- Nuevo
- Usado
- No sé/no deseo contestar

3.6 ¿Cuánto dinero costó el AUTOMÓVIL aproximadamente?

- Menos de \$ 10 000
- Entre \$ 15 000 y \$ 20 000
- Entre \$ 20 000 y \$ 25 000
- Entre \$ 25 000 y \$ 30 000

- Entre \$ 30 000 y \$ 35 000
- Entre \$ 35 000 y \$ 40 000
- Entre \$ 40 000 y \$ 45 000
- Entre \$ 45 000 y \$ 50 000
- Entre \$ 50 000 y \$ 55 000
- Entre \$ 55 000 y \$ 60 000
- Más de \$ 60 000
- No sé/no deseo contestar

3.7 En caso de haber adquirido el AUTOMÓVIL USADO, ¿desde qué año lo tiene? (Si compró el automóvil nuevo, omita esta pregunta)

- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009 o antes
- No sé/no deseo contestar

3.8 Mencione los trayectos que hace regularmente (Ej. Alajuela - Escazú)

- Ingreso de texto.

3.9 ¿Cuántos kilómetros recorre diariamente?

- Menos de 10 km
- Entre 11 km y 25 km
- Entre 26 km y 40 km

- Entre 41 km y 55 km
- Entre 56 km y 70 km
- Entre 71 km y 85 km
- Entre 86 km y 100 km
- Más de 100 km
- No sé/no deseo contestar

3.10 ¿Cuántas veces carga su AUTOMÓVIL por semana?

- Todos los días
- 3 veces por semana
- 2 veces por semana
- 1 vez por semana
- No sé/no deseo contestar
- Otro

3.11 ¿En qué lugares carga regularmente su AUTOMÓVIL?

- En la casa
- Estaciones de carga en centros comerciales
- Estaciones de carga de empresas de servicio eléctrico (ICE, CNFL, ESPH, etc)
- No sé/no deseo contestar
- Otro

3.12 ¿Cuánto dinero gasta en electricidad por carga del AUTOMÓVIL al mes?

- Menos de ₡ 10 000}
- ₡ 11 000 a ₡ 25 000
- ₡ 26 000 a ₡ 40 000
- ₡ 41 000 a ₡ 55 000
- ₡ 56 000 a ₡ 70 000
- ₡ 71 000 a ₡ 85 000
- ₡ 86 000 o más
- No sé/no deseo contestar

3.13 Seleccione cuales trabajos de mantenimiento le ha hecho a su AUTOMÓVIL y el costo aproximado durante el último año (Selección múltiple).

Trabajo de Mantenimiento	Valor
• Servicios de agencia	• Ninguno
• Cambio de llantas	• ¢ 0 - ¢ 10 000
• Suspensión	• ¢ 11 000 - ¢ 25 000
• Frenos	• ¢ 26 000 - ¢ 50 000
• Batería principal	• ¢ 51 000 - ¢ 75 000
• Batería 12V	• ¢ 76 000 - ¢ 100 000
• Inversor AC/DC	• ¢ 101 000 - ¢ 150 000
• Convertidor DC/DC	• ¢ 151 000 - ¢ 300 000
• Dirección	• ¢ 301 000 - ¢ 500 000
• Aire acondicionado	• ¢ 501 000 - ¢ 1 000 000
• Escobillas	• ¢ 1 000 000 o más
• Luces	
• Accesorios (radio, vidrios eléctricos, etc)	

3.14 ¿Desea ingresar información de otro AUTOMÓVIL eléctrico?

- Sí (Vuelve a sección 4)
- No (Pasa a la siguiente sección)

### **Sección 5. Preguntas sobre automóvil de combustión interna.**

En esta sección se llena con datos de automóviles de combustión interna que posea, en caso de tener dos o más autos de combustión, llene la información siguiente para un solo automóvil, al final se le pregunta si desea ingresar otro automóvil (máximo 3), en caso de dar sí, volverá al inicio de esta sección, caso contrario seguirá a la otra sección de la encuesta.

4.1 ¿Tiene uno o más AUTOMÓVILES de combustión interna (gasolina, diésel, GLP)?

- Sí
- No

4.2 ¿Qué factores incidieron en la adquisición de un AUTOMÓVIL de combustión?

- Precio
- Consumo de combustible

- Estatus
- Confort
- No sé/no deseo contestar
- Otra

4.3 Mencione la marca y modelo del AUTOMÓVIL que posee (Ej. Toyota Corolla)

- Ingresar texto

4.4 Indique el año del AUTOMÓVIL

- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009 o anterior
- No sé/no deseo contestar

4.5 En el momento de la compra del AUTOMÓVIL, este era

- Nuevo
- Usado
- No sé/no deseo contestar

4.6 ¿Cuánto dinero costó el AUTOMÓVIL aproximadamente?

- Menos de \$ 10 000
- Entre \$ 15 000 y \$ 20 000
- Entre \$ 20 000 y \$ 25 000



- Entre \$ 25 000 y \$ 30 000
- Entre \$ 30 000 y \$ 35 000
- Entre \$ 35 000 y \$ 40 000
- Entre \$ 40 000 y \$ 45 000
- Entre \$ 45 000 y \$ 50 000
- Entre \$ 50 000 y \$ 55 000
- Entre \$ 55 000 y \$ 60 000
- Más de \$ 60 000
- No sé/no deseo contestar

4.7 En caso de haber adquirido el AUTOMÓVIL USADO, ¿desde qué año lo tiene? (Si compró el automóvil nuevo, omita esta pregunta)

- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009 o antes
- No sé/no deseo contestar

4.8 Mencione los trayectos que hace regularmente (Ej. Alajuela - Escazú)

- Ingreso de texto.

4.9 ¿Cuántos kilómetros recorre diariamente?

- Menos de 10 km
- Entre 11 km y 25 km

- Entre 26 km y 40 km
- Entre 41 km y 55 km
- Entre 56 km y 70 km
- Entre 71 km y 85 km
- Entre 86 km y 100 km
- Más de 100 km
- No sé/no deseo contestar

4.10 ¿Cuánto dinero gasta en electricidad por carga del AUTOMÓVIL al mes?

- Menos de ¢ 10 000
- ¢ 11 000 a ¢ 25 000
- ¢ 26 000 a ¢ 40 000
- ¢ 41 000 a ¢ 55 000
- ¢ 56 000 a ¢ 70 000
- ¢ 71 000 a ¢ 85 000
- ¢ 86 000 o más
- No sé/no deseo contestar

4.11 ¿Cuántas veces recarga de combustible su AUTOMÓVIL por semana?

- Todos los días
- 3 veces por semana
- 2 veces por semana
- 1 vez por semana
- No sé/no deseo contestar
- Otra

4.12 Seleccione cuales trabajos de mantenimiento le ha hecho a su AUTOMÓVIL y el costo aproximado durante el último año (Selección múltiple).

Trabajo de Mantenimiento	Valor
• Servicios de agencia	• Ninguno
• Cambio de aceite	• ¢ 0 - ¢ 10 000
• Cambio de llantas	• ¢ 11 000 - ¢ 25 000
• Reemplazo de filtros	• ¢ 26 000 - ¢ 50 000
• Cambio de Bujías	• ¢ 51 000 - ¢ 75 000
• Suspensión (compensadores, bushing, etc)	• ¢ 76 000 - ¢ 100 000
• Reparación de frenos	• ¢ 101 000 - ¢ 150 000
• Reparación de motor	• ¢ 151 000 - ¢ 300 000
• Reparación de caja de cambios	• ¢ 301 000 - ¢ 500 000
• Dirección	• ¢ 501 000 - ¢ 1 000 000
• Aire acondicionado	• ¢ 1 000 000 o más
• Escobillas	
• Luces	
• Accesorios (radio, vidrios eléctricos, etc)	

4.13 ¿Desea ingresar información de otro AUTOMÓVIL de combustión interna?

- Sí
- No

## Sección 6. Información Personal

En esta sección, en caso de que lo desee se recopilan datos personales del encuestado, esto con el objetivo de comunicarse con el encuestador y brindar información adicional que se considere de utilidad para el desarrollo de la investigación.

5.1 ¿Desea brindar sus datos personales?

- Sí
- No

## 5.2 Nombre

- Ingreso de texto.

## 5.3 Apellidos

- Ingreso de texto.

## 5.4 ¿Cuál es su rango de edad?

- 18-30
- 31-45
- 46-60
- 61-75
- 76 o más

## 5.5 Teléfono.

- Ingreso de texto.

## 5.6 Correo Electrónico

- Ingreso de texto.

**Sección 7. Notificación.** (Este mensaje se muestra en el caso que en la sección 1 o 2 se hayan seleccionado como opciones el no tener un automóvil o que posee un automóvil híbrido).

El estudio se centra en AUTOMÓVILES TIPO SEDÁN O HATCHBACK 100% ELÉCTRICOS O DE COMBUSTIÓN INTERNA, no se están tomando en cuenta vehículos tipo todo terreno, *crossover*, SUV, *pick ups*, comerciales o híbridos.

**Anexo 3 Tasa de variación interanual promedio del índice de precios al consumidor y tasa básica pasiva promedio durante el periodo 2010-2019**

**Tabla 7.4** Variación interanual promedio del índice de precios al consumidor del 2010 al 2019

Año	Tasa IPC
2010	5,66%
2011	4,88%
2012	4,49%
2013	5,24%
2014	4,51%
2015	0,83%
2016	-0,01%
2017	1,63%
2018	2,22%
2019	2,10%
<b>Promedio Tasa IPC</b>	<b>3,16%</b>

**Fuente:** elaboración propia con información del BCCR (Excel 2013).

**Tabla 7.5** Variación interanual promedio de la tasa básica pasiva del 2010 al 2019

TBP por mes	Año									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene	8,05	7,68	8,37	8,91	6,53	7,22	5,95	4,48	6,01	6,08
Feb	8,06	7,52	8,87	7,88	6,52	7,18	5,85	4,56	6,03	6,18
Mar	8,11	7,44	9,25	7,15	6,49	7,13	5,62	4,53	6,02	6,19
Abr	8,10	7,22	9,35	6,90	6,68	7,09	5,55	4,49	5,99	6,13
May	8,10	7,16	9,85	6,71	6,76	7,01	5,39	4,57	6,02	6,20
Jun	8,15	7,31	9,80	6,63	6,93	6,82	5,31	5,02	5,92	6,36
Jul	8,17	7,14	9,79	6,60	6,97	6,72	5,14	5,86	5,91	6,20
Ago	8,16	7,31	10,44	6,56	7,00	6,68	5,01	5,90	5,94	5,80
Set	7,82	7,46	10,33	6,54	7,15	6,53	4,78	5,84	5,85	5,72
Oct	7,47	7,96	10,61	6,56	7,18	6,44	4,62	5,81	5,80	5,63
Nov	7,43	8,00	9,91	6,55	7,21	6,07	4,55	5,85	5,73	5,59
Dic	7,52	7,83	9,45	6,52	7,22	5,95	4,46	5,88	5,89	5,64
<b>Promedio anual</b>	<b>7,93</b>	<b>7,50</b>	<b>9,67</b>	<b>6,96</b>	<b>6,89</b>	<b>6,74</b>	<b>5,19</b>	<b>5,23</b>	<b>5,93</b>	<b>5,98</b>
<b>TBP Promedio</b>	<b>6,80%</b>									

**Fuente:** elaboración propia con información del BCCR (Excel 2013).