



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

PROYECTO DE GRADO

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE LOS
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIVIANOS EN ECUADOR**

Presentado por:

Carlos Bryan Galarza Carrera

Erwin Ricardo Cazar Luque

Previo a la obtención del título de

Ingeniero en Electricidad

Supervisado por:

PhD. Xavier Zambrano

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Año

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, Padre fiel y amoroso, sin importar cuán lejos he corrido, siempre me has llevado a casa.

A mis padres, Carlos y Eva, por todo lo que me han brindado, por lo tanto que me han perdonado, y porque mi corazón sabe que mi deuda es eterna.

A mi amada esposa, Gisselle, porque me rescatas de mi propia oscuridad con tu amor, por ser el motivo de no rendirme y por la dicha que me brindas.

A mis hermanas, Alexi y Kelly, porque sin importar los momentos difíciles hay un lazo en el alma que siempre nos unirá.

A mis amigos, Emanuel y Tyrone, porque su esfuerzo y lucha ha sido una inspiración, más que mis amigos, son mis hermanos.

A todos aquellos que formaron parte del camino, llevo sus rostros en el alma.

*Con amor,
Carlos Bryan Galarza Carrera*

DEDICATORIA

A Dios antes todo por guiar mi camino hasta este momento. A mis padres, Erwin Cazar Troya por su enseñanza en todo ámbito y apoyo que siempre brindo, Magaly Luque Dueñas que en todo momento estuvo ayudándome en todo aspecto y preocuparse de que nunca me falte nada en mis estudios. A nuestros profesores que contribuyeron a nuestro crecimiento personal. Dedicado también para mis compañeros y amigos del tenis de mesa que me brindo la Espol. A mi enamorada Gabriela Rambay que siempre me alentó a seguir adelante en mi carrera.

Erwin Ricardo Cazar Luque

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento especial a nuestro tutor de tesis, Ph.D. Xavier Zambrano, por su tiempo y gestiones realizadas para el desarrollo de la misma. Agradecemos también al Ing. Luis Moreno por la atención brindada y por compartir su experiencia con nosotros. Agradecemos a los profesores de la materia integradora, M.Sc. Iván Endara y M.Sc. Fernando Vaca por su guía y consejo en el desarrollo de la tesis.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Carlos Bryan Galarza Carrera y Erwin Ricardo Cazar Luque damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Carlos Bryan Galarza Carrera

Erwin Ricardo Cazar Luque

EVALUADORES

M.Sc. Fernando Vaca Urbano
Profesor de Materia Integradora

M.Sc. Iván Endara Velez
Profesor de Materia Integradora

Ph.D. Xavier Zambrano Aragundy
Profesor tutor

RESUMEN

En los últimos años, la progresiva eliminación de los subsidios de los combustibles en Ecuador trajo consigo un alza en su precio y un impacto económico significativo en gran parte de la población. Más allá de la discusión acerca de si esta medida es correcta o no, ha quedado en evidencia la íntima dependencia que existe entre un sector tan medular como el transporte y factor tan inestable como lo es el precio de los combustibles, por lo tanto, resulta muy relevante evaluar posibles alternativas a la movilidad convencional (vehículos de combustión interna). En el presente proyecto se realiza el estudio de la viabilidad técnico-económica de los vehículos eléctricos en el Ecuador, considerando su posible impacto en la calidad de energía del sistema eléctrico por medio de una simulación en Simulink y contrastando sus resultados con mediciones reales del proceso de carga de un vehículo eléctrico. Además, se efectuó un análisis económico aplicado a cuatro casos de estudio de diferentes categorías de vehículos livianos, considerando su costo de adquisición en el cual se contemplan los intereses asociados al proceso de financiamiento de este, los costos de operación que tienen que ver con el recurso energético que usa cada tecnología (electricidad o combustible), costos de mantenimientos preventivos según lo recomendado por la casa comercial de cada modelo elegido, y teniendo en cuenta el avalúo residual de los vehículos al final de los diez años de estudio. Como aporte adicional se determinó el impacto ambiental producido por la operación de cada vehículo en estudio en términos de sus emisiones de CO₂ al ambiente y la cantidad de árboles que se requieren para poder compensar dichas emisiones. Los resultados muestran que el proceso de carga del vehículo eléctrico no repercute significativamente en la reducción de la calidad de energía del sistema, sin embargo, se recomienda efectuar estudios de cargabilidad en condiciones de mayor penetración de puntos de carga de vehículos eléctricos en los sistemas de distribución. También se encontró que los costos de operación y mantenimiento de un vehículo eléctrico son drásticamente menores al de un vehículo de combustión, por lo que, el ahorro en estos rubros se vuelve más significativo conforme el régimen de uso es mayor, logrando incluso, en la mayoría de los escenarios analizados, convertirse en una alternativa económicamente viable y además mucho menos contaminante que la tecnología convencional.

Palabras clave: vehículos eléctricos, combustible, transporte, movilidad, energía, medioambiente.

ABSTRACT

In these last years, the progressive elimination of the subsidies of the fuel in Ecuador has brought with itself a price increase and a significant economic impact on most of the population. Beyond the discussion about whether this measure was correct or not, has remained as intimate dependency as well evidence that there exists amongst a sector so core that as transport and factor as unstable as the fuel price, therefore, it results extremely relevant to evaluate possible alternatives for the conventional mobility (combustion vehicles). At present, the current project is performed through research on technical-economic viability of electric vehicles in Ecuador, considering its possible impact on the quality of electric system energy by means of a simulation on Simulink and contrasting its results against factual measures from the charging process of an electric vehicle. Furthermore, an economic analysis was carried out applied to four case studies of different categories of light vehicles, considering its acquisition cost in which the interests associated with the financing process of this are contemplated, operating costs that have to do with the energy resource used by each technology (electricity or fuel), preventive maintenance costs as recommended by the commercial house of each chosen model, as well as taking into account the residual appraisal of the vehicles at the end of the ten years of study. Moreover, the environmental impact produced by the operation of each vehicle under study was determined in terms of its CO₂ emissions to the environment and the number of trees that are required to compensate for these emissions. The results show that the charging process of the electric vehicle does not have a significant impact on the reduction of the energy quality of the system, nevertheless, it is recommended to carry out loading impact studies under conditions of greater penetration of electric vehicle charging points in distribution systems. It was also found that the operation and maintenance costs of an electric vehicle are drastically lower than that of a fuel-based vehicle, so the savings in these areas become more significant as the regime of use is greater, even achieving, in most of the scenarios analyzed, to become an economically viable alternative and also much less pollution than conventional technology.

Key Words: *electric vehicles, fuel, transport, mobility, energy, environment.*

Índice general

Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XVI
Acrónimos	XVII
1. <u>PLANTEAMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA TESIS</u>	1
1.1. Planteamiento del proyecto	1
1.2. Descripción del problema	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación del problema	2
1.5. Estructura de la tesis	3
2. <u>MARCO TEÓRICO</u>	4
2.1. Parque automotor en Ecuador	4
2.1.1. Vehículos con motor de combustión interna (VCMCI)	4
2.1.2. Vehículos Eléctricos (VE)	5
2.1.3. Contraste	6
2.2. Vehículos Eléctricos	6
2.2.1. Conceptos Generales	6
2.2.2. Partes de un vehículo eléctrico	7
2.2.3. Tipos de máquina eléctrica usada en vehículos eléctricos	11
2.2.4. Operación de Máquina Eléctrica usada en VE	12
2.2.5. Tipos de Baterías para VE	13
2.2.6. Mantenimientos recomendados	14
2.3. Vehículos con motor de combustión interna	15
2.3.1. Conceptos generales	15
2.3.2. Operación de un motor de combustión interna	16
2.3.3. Mantenimientos recomendados	16
2.4. Carga de un vehículo eléctrico	17
2.4.1. Punto de carga	19
2.4.2. Conectores para carga	20

2.4.3.	Modos de carga	20
2.5.	Aspectos normativos	22
2.6.	Aspectos ambientales	22
2.7.	Modelos de ciclos de conducción	23
2.7.1.	Protocolo NEDC	23
2.7.2.	Protocolo WLTP	23
2.7.3.	Contraste entre protocolos	24
2.8.	Oferta de VE en Ecuador	25
2.9.	Incentivos económicos asociados a vehículos eléctricos	29
2.9.1.	Exoneración de impuestos	29
2.9.2.	Tarifas eléctricas diferenciadas para VE	29
3.	<u>METODOLOGÍA APLICADA PARA EL CONTRASTE DE TECNOLOGÍAS</u>	31
3.1.	Criterios de equivalencia de vehículos a comparar	31
3.2.	Elaboración de perfil de conducción	32
3.2.1.	Régimen de uso personal	32
3.2.2.	Régimen de uso semi-intensivo	33
3.2.3.	Régimen de uso intensivo	33
3.3.	Carga del vehículo eléctrico	33
3.3.1.	Registro de curva de carga del vehículo eléctrico	34
3.3.2.	Elaboración de perfil conductual de recarga	35
3.3.3.	Simulación de un proceso de carga de vehículo eléctrico	36
3.4.	Costos de operación del vehículo eléctrico	44
3.4.1.	Costo de demanda	45
3.4.2.	Costo de energía	46
3.4.3.	Costo de comercialización	47
3.5.	Costos de mantenimiento del vehículo eléctrico	48
3.6.	Costos de operación del vehículo con motor de combustión interna	49
3.6.1.	Precio de combustibles	49
3.6.2.	Costo de operación con combustible súper	49
3.6.3.	Costo de operación con combustible eco-país	49
3.6.4.	Costo de operación con combustible diésel	50
3.7.	Costos de mantenimiento del vehículo con motor de combustión interna	50
3.8.	Financiamiento del vehículo	51
3.9.	Parámetros de evaluación de la inversión	53
3.9.1.	Criterio para vehículos de uso particular	54
3.9.2.	3.9.2. Criterio para vehículos de transporte público (taxis)	54
4.	<u>CASOS DE ESTUDIO: EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA</u>	56
4.1.	Caso 1: Comparativa de autos – uso particular	56
4.1.1.	Características de vehículos a comparar	56

4.1.2.	Costos de financiamiento	57
4.1.3.	Costos anuales de operación	58
4.1.4.	Costos anuales de mantenimiento	59
4.1.5.	Proyección de costos en el tiempo	60
4.1.6.	Resumen y análisis de resultados – Caso 1	61
4.2.	Caso 2: Comparativa de autos – taxis	68
4.2.1.	Características de vehículos a comparar	69
4.2.2.	Costos de financiamiento	69
4.2.3.	Costos de operación	71
4.2.4.	Costos de mantenimiento	72
4.2.5.	Flujo de caja	73
4.2.6.	Resumen y análisis de resultados – Caso 2	74
4.3.	Comparativa de vehículos utilitarios (SUV) – uso particular	76
4.3.1.	Características de vehículos a comparar	77
4.3.2.	Costos de financiamiento	77
4.3.3.	Costos anuales de operación	78
4.3.4.	Costos anuales de mantenimiento	80
4.3.5.	Proyección de costos en el tiempo	81
4.3.6.	Resumen y análisis de resultados – Caso 3	82
4.4.	Caso 4: Comparativa de camionetas – uso particular	88
4.4.1.	Características de vehículos a comparar	89
4.4.2.	Costos de financiamiento	89
4.4.3.	Costos anuales de operación	90
4.4.4.	Costos anuales de mantenimiento	92
4.4.5.	Proyección de costos en el tiempo	93
4.5.	Resumen y análisis de resultados – Caso 4	94
5.	CONCLUSIONES	102
5.1.	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	102
5.2.	Recomendaciones	103
5.3.	Trabajos futuros	104
5.4.	Cronograma de actividades	104
	Bibliografía	104
	Apéndice	106
A.	FICHAS TÉCNICAS DE VEHÍCULOS	107
A.1.	Ficha Técnica – BYD E3	108
A.2.	Ficha Técnica – BYD S2	109
A.3.	Ficha Técnica - Dongfeng Rich 6 EV	110
A.4.	Ficha Técnica - Chevrolet Onix Turbo	110
A.5.	Ficha Técnica – Chevrolet Groove	111

A.6. Ficha Técnica - Dongfeng Rich 6 Gasolina	111
A.7. Ficha Técnica - Chevrolet D-Max CD 4x2 Diésel	112
B. TABLAS DE AMORTIZACIÓN DEL FINANCIAMIENTO	113
B.1. Tabla de amortización – Chevrolet Onix Turbo	113
B.2. Tabla de amortización – BYD E3	114
B.3. Tabla de amortización – Chevrolet Groove	115
B.4. Tabla de amortización – BYD S2	116
B.5. Tabla de amortización – Dongfeng Rich 6 Gasolina	117
B.6. Tabla de amortización – Chevrolet D-Max CD 4x2 Diésel	118
B.7. Tabla de amortización – Dongfeng Rich 6 EV	119

Índice de figuras

2.1. Ventas Mensuales de VE.	5
2.2. Puerto de Carga Nissan Leaf.	7
2.3. Diagrama de Bloques del OBC.	8
2.4. Baterías Seat Mii Electric.	8
2.5. Inversor de Vehículo Eléctrico.	9
2.6. Máquina del Vehículo Eléctrico.	9
2.7. Transmisión del Vehículo Eléctrico.	10
2.8. Flujo de energía en VE.	10
2.9. Cuadrantes de Operación de Máquina Eléctrica.	12
2.10. Etapas del Ciclo de Combustión Interna.	16
2.11. Cuadrantes de Operación de Máquina Eléctrica.	19
2.12. Modos de carga.	21
2.13. Comparativa de ciclos de conducción.	25
2.14. Audi E-Tron.	26
2.15. BYD - E5.	26
2.16. BYD - E3.	27
2.17. MG ZS EV.	27
2.18. Nissan Leaf.	28
2.19. KIA Soul EV.	28
2.20. Beneficios tributarios para VE	29
2.21. Tarifas eléctricas diferenciadas para VE	29
2.22. Tarifas preferenciales - Estación de carga rápida	30
3.1. Cargador DUOSIDA	34
3.2. Registro de Carga - Potencia Activa	34
3.3. Registro de Carga - Potencia Reactiva	35
3.4. Registro de Carga - Factor de Potencia Reactiva	35
3.5. Esquema de Simulación de Red con estación de carga doméstica para VE	37
3.6. Esquema de Transmisión y Distribución de la Red Eléctrica	37
3.7. Parámetros de cargas de distribución	38
3.8. Parámetros de Transformador de poste	38
3.9. Parámetros de Carga de vivienda en estudio	39
3.10. Esquema interno del cargador	40

3.11. Señales de Voltaje y Corriente - Sin filtrado	41
3.12. Análisis de armónicos de voltaje sin filtrado	41
3.13. Análisis de armónicos de corriente sin filtrado	42
3.14. Señales de Voltaje y Corriente - Con filtrado	43
3.15. Análisis de armónicos de voltaje con ajuste de filtro	43
3.16. Análisis de armónicos de corriente con ajuste de filtro	44
4.1. Costos de adquisición – Caso 1	57
4.2. Resumen de costos de operación anual – Caso 1	59
4.3. Resumen de costo de mantenimiento anual – Caso 1	60
4.4. Curvas de flujo acumulado anual – Caso 1 (Uso personal)	63
4.5. Curvas de flujo acumulado – Caso 1 (Uso personal – Vista ampliada)	63
4.6. Resumen de costos totales – Caso 1 (Uso personal)	64
4.7. Análisis de impacto ambiental – Caso 1 (Uso personal)	65
4.8. Flujo acumulado anual – Caso 1 (Semi-intensivo)	66
4.9. Flujo acumulado anual – Caso 1 (Semi-intensivo – Ampliado)	66
4.10. Resumen de costos totales – Caso 1 (Uso Semi-Intensivo)	67
4.11. Análisis de impacto ambiental – Caso 1 (Uso Semi-Intensivo)	68
4.12. Costos de adquisición – Caso 2)	70
4.13. Resumen de costos de operación – Caso 2)	72
4.14. Resumen de costo de mantenimiento anual – Caso 2)	72
4.15. Flujo neto acumulado – Comparativa Caso 2	74
4.16. Comportamiento del VAN vs Tasa de descuento	75
4.17. Análisis de impacto ambiental – Caso 2	76
4.18. Costos de adquisición – Caso 3	78
4.19. Resumen de costos de operación – Caso 3	80
4.20. Resumen de costos de mantenimiento anual-Caso 3	81
4.21. Curvas de flujo acumulado anual – Caso 3	83
4.22. Curvas de flujo acumulado anual – Caso 3 (Uso personal – Ampliada)	84
4.23. Resumen de costos totales – Caso 3 (Uso personal)	85
4.24. Análisis de impacto ambiental – Caso 3(Uso personal)	85
4.25. Flujo anual acumulado – Caso 3 (Uso Semi-Intensivo))	86
4.26. Flujo anual acumulado – Caso 3 (Uso Semi-Intensivo – Ampliada) . .	86
4.27. Resumen de costos totales – Caso 3 (Semi-Intensivo) En 10 años . . .	87
4.28. Análisis de impacto ambiental – Caso 3 (Semi-Intensivo)	88
4.29. Costos de adquisición – Caso 4	90
4.30. Costos de operación anual – Caso 4	92
4.31. Resumen de costos de mantenimiento anual – Caso 4	93
4.32. Curvas de flujo anual acumulado – Caso 4	96
4.33. Resumen de costos totales – Caso 4	97
4.34. Análisis de impacto ambiental – Caso 4	97
4.35. Curvas de flujo anual acumulado – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo) . . .	98

4.36. Curvas de flujo acumulado – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo – Ampliada)	99
4.37. Resumen de costos totales – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo)	100
4.38. Análisis de impacto ambiental – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo)	100
5.1. Cronograma de Actividades	104

Índice de tablas

2.1. Parque Automotor por Provincia.	5
2.2. Características de tipos de conectores.	20
3.1. Características del régimen de uso personal.	32
3.2. Características del régimen de uso semi-intensivo	33
3.3. Características del régimen de uso intensivo.	33
3.4. Características del cargador DUOSIDA	34
3.5. Perfil conductual de carga – Uso personal y semi-intensivo	36
3.6. Perfil conductual de carga - Uso intensivo	36
3.7. Parámetros de la red sin filtrado	40
3.8. Parámetros de la red sin filtrado	42
3.9. Resumen de perfiles de conducción	48
3.10. Precio de combustibles en Ecuador	49
3.11. Resumen de perfiles de conducción	51
3.12. Parámetros del financiamiento vehicular	52
3.13. Criterios del Valor Actual Neto	55
4.1. Vehículos a comparar – Caso 1	56
4.2. Características de vehículos – Caso 1	57
4.3. Parámetros del financiamiento – Caso 1	57
4.4. Costos de operación BYD E3 – Caso 1	58
4.5. Costos de operación Chevrolet Onix Turbo – Caso 1	58
4.6. Costo de mantenimientos – Caso 1	59
4.7. Proyección de costos BYD E3 – Caso 1	60
4.8. Proyección de costos Chevrolet Onix – Caso 1	61
4.9. Flujo de pagos anuales – Caso 1	61
4.10. Flujo anual de pagos acumulados – Caso 1	62
4.11. Flujo anual de pagos acumulados – Caso 1(B)	62
4.12. Contraste Caso 1 – Uso Personal	64
4.13. Contraste Caso 1 – Uso Semi-Intensivo	67
4.14. Vehículos a comparar – Caso 2	68
4.15. Características de vehículos a comparar – Caso 2	69
4.16. Parámetros del financiamiento BYD E3 – Caso 2	69
4.17. Parámetros del financiamiento Chevrolet Onix – Caso 2	70

4.18. Costos de operación BYD E3 – Caso 2	71
4.19. Costos de operación Chevrolet Onix – Caso 2	71
4.20. Costo promedio anual de mantenimientos – Caso 2	72
4.21. Supuestos del detalle de carreras de taxi – Caso 2	73
4.22. Resumen de flujo acumulado mensual BYD E3 – Caso 2	73
4.23. Resumen de flujo acumulado mensual Chevrolet Onix – Caso 2	74
4.24. Resumen de parámetros indicadores de rentabilidad	75
4.25. Impacto ambiental – Caso 2	76
4.26. Vehículos a comparar – Caso 3	77
4.27. Características de vehículos a comparar – Caso 3	77
4.28. Parámetros de financiamiento – Caso 3	78
4.29. Costos de operación BYD S2 – Caso 3	79
4.30. Costos de operación Chevrolet Groove – Caso 3	79
4.31. Costo promedio anual de mantenimientos – Caso 3	80
4.32. Proyección de costos BYD S2	81
4.33. Proyección de costos Chevrolet Groove	82
4.34. Resumen de flujo de pagos anuales – Caso 3	82
4.35. Flujo anual de pagos acumulados – Caso 3 (A)	83
4.36. Flujo anual de pagos acumulados Caso 3 (B)	83
4.37. Contraste Caso 3 – Uso personal	84
4.38. Contraste Caso 3 – Uso Semi-Intensivo	87
4.39. Vehículos a compararse – Caso 4	88
4.40. Características de vehículos a comparar – Caso 4	89
4.41. Parámetros de financiamiento – Caso 4 (A)	89
4.42. Parámetros de financiamiento – Caso 4 (B)	89
4.43. Costos de operación Dongfeng Rich 6 EV – Caso 4	91
4.44. Costos de operación Dongfeng Rich 6 Thunder Edition – Caso 4	91
4.45. Costos de operación Chevrolet Dmax CD 4x2 – Caso 4	91
4.46. Costo promedio anual de mantenimiento – Caso 4	92
4.47. Proyección de costos Dongfeng Rich 6 EV – Caso 4	93
4.48. Proyección de costos Dongfeng Rich 6 Thunder Edition – Caso 4	94
4.49. Proyección de costos Chevrolet Dmax CD 4x2 – Caso 4	94
4.50. Flujo de pagos anuales– Caso 4	95
4.51. Flujo anual acumulado – Caso 4(A)	95
4.52. Flujo anual acumulado – Caso 4(B)	95
4.53. Contraste Caso 4 – Uso particular	96
4.54. Contraste Caso 4 – Uso Semi-Intensivo	99

Acrónimos

VMCI:	Vehículo con Motor de Combustión Interna.
VE:	Vehículo Eléctrico.
CNEL:	Corporación Nacional de Electricidad.
GLP:	Gas Licuado de Petróleo.
NEDC:	New European Driving Cycle.
WLTP:	Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures.
ARCERNNR:	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
MERNNR:	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
THD:	Distorsión Armónica Total.
TDD:	Distorsión de Demanda Total.
VIV:	Valor Inicial del Vehículo.
DRM:	Distancia Recorrida al Mes.
NCRM:	Número de Ciclos de Recarga al Mes.
ECMVE:	Energía Consumida al Mes por el Vehículo Eléctrico.
FSPEE:	Facturación de Servicio Público de Energía Eléctrica.
VAN:	Valor Actual Neto.
TIR:	Tasa Interna de Retorno.

Capítulo 1

PLANTEAMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

1.1. Planteamiento del proyecto

Durante las últimas décadas el crecimiento acelerado de la población ha traído consigo la necesidad de la diversificación y ensanchamiento de los mecanismos de movilidad, esto ha propiciado un incremento de la demanda de vehículos, así como también ha favorecido el desarrollo de la industria automovilística.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) al año 2018 el número de vehículos matriculados en el Ecuador fue de 2,4 millones de unidades. El crecimiento del mercado automovilístico en el país tiene repercusiones en varias esferas de interés general, principalmente en lo que a combustibles se refiere, pues casi la totalidad de estos vehículos funcionan con motores de combustión interna, es decir, requieren gasolina o diésel para su operación. Este aspecto, además de tener implicaciones ambientales poco favorables debido a la emisión de gases contaminantes, significa que a diario una gran cantidad de recursos del Estado son destinados al subsidio de combustibles de consumo interno.

El presente estudio tiene como finalidad el análisis y evaluación del uso de vehículos eléctricos livianos en el Ecuador como una de las alternativas que existen para el mercado vehicular, la cual pretende aliviar la hasta ahora intrínseca dependencia entre este y el mercado de combustibles, en búsqueda de tener alcances incluso en lo que al sector económico, eléctrico y medioambiental se refiere.

1.2. Descripción del problema

En la actualidad, el sector productivo del transporte en Ecuador atraviesa uno de los escenarios más complicados de los últimos años a causa del progresivo incremento de los precios de los combustibles. Debido al carácter medular de este

sector, el conflicto en mención se torna de interés general para todas las cadenas de producción, pues el encarecimiento de la transportación, en todas sus ramas, es inevitablemente un detonador del aumento de la inflación. A partir de este contexto, resulta estrictamente necesario evaluar las alternativas existentes que permitan reducir la dependencia que tiene este sector del precio de los combustibles; sin duda alguna, la búsqueda de la masificación del uso de vehículos eléctricos sería una inmejorable opción por considerar.

1.3. Objetivos

Los objetivos que se perseguirán durante el desarrollo de este estudio son los siguientes:

1.3.1. Objetivo general

Realizar el estudio de viabilidad de vehículos eléctricos livianos en Ecuador por medio de índices comparativos de orden técnico, económico y de eficiencia energética, logrando una evaluación del costo/beneficio del uso de esta tecnología.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la simulación del proceso de carga de un vehículo eléctrico liviano en un punto de carga doméstico para la verificación del cumplimiento de normativas vigentes de calidad y eficiencia energética.
- Contrastar los índices comparativos entre ambas tecnologías considerando costos de adquisición, operación y mantenimiento del vehículo.
- Determinar el punto desde el cual resulta económicamente favorable el uso de un vehículo eléctrico estableciendo de esta forma una referencia que sirva de criterio a un comprador.
- Recomendar posibles incentivos tributarios y tarifarios que estimulen el aumento de la demanda de vehículos eléctricos en el Ecuador.

1.4. Justificación del problema

Ante la necesidad que surge de validar el uso de vehículos eléctricos como una alternativa al uso de vehículos convencionales que funcionan con combustibles, es oportuno evaluar los aspectos técnicos de calidad de energía, económicos y de impacto ambiental de esta tecnología, y establecer un contraste que evidencie ante el consumidor las ventajas que pueda presentar por encima de los autos convencionales. Para ello, se debe tener en cuenta costos de adquisición del vehículo, costos y frecuencia de mantenimientos diferenciados y costos de operación. La obtención

de resultados favorables para la tecnología de vehículos eléctricos servirá de pauta para el incentivo al crecimiento de la demanda de estos, lo cual daría lugar a una reducción de la demanda de combustibles, los mismo que son, en parte, subsidiados por el Estado; además propiciaría la llegada de más opciones en el mercado de vehículos eléctricos y con el aumento de la competitividad del mercado provocaría una reducción del precio de estos, volviéndolos incluso más asequibles.

1.5. Estructura de la tesis

Para el planteamiento, estudio, análisis y conclusiones del presente proyecto se ha estructurado este documento en cinco capítulos los cuales se describen y resumen a continuación:

En el capítulo 2, se expone desde un inicio el contexto del parque automotor en Ecuador y se analiza a fondo la tecnología de los vehículos eléctricos (VE) en contraste con la de los vehículos con motor de combustión interna (VMCI) con el objetivo de brindarle al lector los conceptos necesarios para la comprensión de la comparativa que se ha llevado a cabo entre estas dos tecnologías.

En el capítulo 3, se presenta la metodología para la selección de los vehículos a contrastarse en cada categoría (autos, SUV, camionetas), así como también los criterios considerados para el estudio, y la manera en que se han obtenido los costos de operación, mantenimiento y financiamiento de estos.

En el capítulo 4, se presentan los resultados y análisis respectivos, obtenidos para los cuatro casos de estudio propuestos, determinando así, por medio de una proyección, el tiempo que tardará en volverse económicamente rentable el uso del vehículo eléctrico por encima del vehículo con motor de combustión interna.

Finalmente en el capítulo 5, se presentan las conclusiones a las que se ha llegado durante la realización de este estudio, además se recomiendan posibles estudios complementarios que pueden realizarse en un futuro para actualizar y ampliar la información aquí presentada, para concluir se incluye el cronograma de actividades y avances registrados durante el desarrollo del presente proyecto de tesis.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se abordan los aspectos teóricos que contextualizan el estudio abarcado en este proyecto. Entre los temas más importantes se describirá el panorama actual del parque automotor del Ecuador, se ahondará en la tecnología de los Vehículo Eléctricos (VE) y Vehículos con Motor de Combustión Interna (VMCI), además se presentarán algunos conceptos que servirán de base para el desarrollo de la metodología a presentarse en el capítulo 3.

2.1. Parque automotor en Ecuador

En la actualidad el parque automotor del Ecuador está constituido casi en su totalidad por vehículos con motor de combustión interna (VMCI), que funcionan a base de combustibles (gasolina, diésel, GLP); en contraste, la penetración de la tecnología de vehículos eléctricos (VE) ha sido casi nula. Esto se debe en gran medida al desconocimiento que existe sobre esta y la percepción de precios de adquisición más altos en comparación a sus similares en tecnología de VMCI. A continuación, se describe brevemente lo más importante del contexto de ambas tecnologías en el mercado actual.

2.1.1. Vehículos con motor de combustión interna (VMCI)

En cuanto a VMCI se trata, esta es la tecnología predominante en el mercado. Según las estadísticas del INEC, el parque automotor matriculado en Ecuador creció en más de 1,4 millones de vehículos en una década, lo que situó la cifra por sobre los 2,4 millones de unidades al año 2018, de los cuales, por encima del 99 %, se tratan de VMCI [1].

El cuadro 2.1 presenta el resumen de vehículos matriculados en las principales provincias:

Provincia	Unidades
Pichincha	540.827
Guayas	529.603
Manabí	207.420
Azuay	154.697
Los Ríos	131.764
El Oro	116.063
Tungurahua	107.224
Santo Domingo	81.253
Cotopaxi	70.996
Loja	69.424
Otros	394.380

Cuadro 2.1: Parque Automotor por Provincia.

Fuente: [Diario El Comercio, 2019]

Acerca de los últimos dos años, se conoce que en Ecuador fueron vendidos 8.633 vehículos en abril de 2021, según la Asociación de Empresas Automotrices (AEADE), lo que representa una recuperación de 1.034 % frente al mismo mes de 2.020, cuando el país se encontraba en pleno confinamiento por la pandemia y se vendieron solamente 761 unidades, aunque en términos mensuales las ventas en abril se contrajeron 12 % frente a las de marzo de 2021 [2].

2.1.2. Vehículos Eléctricos (VE)

En Ecuador aún no existe una cantidad importante de autos eléctricos, pese a los beneficios que se han planteado para incentivar la importación, generando precios más competitivos y que lleguen a ser atractivos para los compradores.

“En Quito apenas son matriculados 152 autos eléctricos según la AEADE, sin embargo, en ventas han tenido un incremento importante, en el mes de abril registraron ventas de 6 autos eléctricos y desde Mayo se registran 61 autos vendidos, es decir, 10 veces más.” [3].

A continuación, se muestra una tabla estadística de ventas mensuales de vehículos eléctricos en Ecuador de los últimos dos años con cierre en mayo 2021.



Figura 2.1: Ventas Mensuales de VE.

Fuente: [AEADE, 2021]

2.1.3. Contraste

En función de lo antes expuesto, se observa que el contraste actual de las ventas de vehículos en Ecuador refleja una relación de ventas de algo más de 131 a 1, según las cifras de Mayo 2021, con 8.012 unidades de VMCI vendidas frente a tan solo 61 unidades de VE, lo que evidencia una preferencia significativa de los compradores hacia la tecnología convencional de movilidad.

2.2. Vehículos Eléctricos

Un vehículo eléctrico es aquel que ha sido diseñado para ser puesto en marcha por medio de uno o varios motores eléctricos, los cuales entregarán un par mecánico al eje que se acopla a las llantas. La energía que pone en marcha estos motores eléctricos se encuentra almacenada en un sistema de baterías las cuales, dependiendo de su tecnología, brindan una determinada autonomía para el recorrido de este, previo a la necesidad de ser recargadas en un punto de carga conectado a la red eléctrica local.

2.2.1. Conceptos Generales

El primer automóvil eléctrico se remonta al año 1828, en un plan diseñado por Ányos Jedlik. No obstante, gracias a la reducción de los costos de construcción y una autonomía más grande de los VMCI, la investigación en el ámbito de VE menguó notablemente. No fue sino hasta la crisis mundial del petróleo de 1971, que se reanudó la indagación de alternativas como la movilidad eléctrica [4].

Actualmente, el desarrollo y actualización de las tecnologías de movilidad ha permitido producir vehículos que solamente funcionen con energía eléctrica, asegurando plenamente una movilidad ecológica y respetuosa con el medio ambiente.

Un informe reciente del Banco Mundial reunió algunas de las ideas y compromisos de los países y ciudades para emprender el camino hacia la movilidad eléctrica [5].

- El Reino Unido y Francia pretenden prohibir todas las nuevas ventas de vehículos de gasolina o Diesel después de 2040. Esto también se está discutiendo en China.
- Sudáfrica está apuntando a una reducción del 5 por ciento en las emisiones de gases de efecto invernadero del sector del transporte para 2050.
- La capital de Ecuador, Quito, está apostando a las flotas de autobuses eléctricos.

- El gobierno de Corea del Sur planea suministrar 1 millón de vehículos eléctricos en los próximos dos años.
- India está discutiendo la posibilidad de que el 15 por ciento de sus autos sean eléctricos para 2023.

2.2.2. Partes de un vehículo eléctrico

A pesar de que en términos generales la operación del motor eléctrico es mucho más simple en comparación a la de su par de combustión interna, el desempeño de un VE se ve optimizado por otros componentes más complejos, para efectuar la gestión de la energía en cada etapa el VE cuenta con diferentes convertidores de energía adecuados para cada proceso y una unidad de control central que gobierna la sinergia entre cada etapa. A continuación, se describen las partes de un VE:

a. Toma de corriente o puerto de carga

Permite la conexión entre el vehículo y el punto de carga, cualquiera sea su tipo, para poder abastecer de energía al mismo, la cual será almacenada en las baterías [6].



Figura 2.2: Puerto de Carga Nissan Leaf.

Fuente: [Motorpasión, 2020]

b. Cargador o convertidor a bordo

La principal función del convertidor a bordo (OBC: On-board charger) consiste en gestionar el flujo de energía en el punto de carga desde la red hacia la batería. Esto implica que se realizará una conversión de corriente alterna o continua (convertidor AC/DC); para esto es necesario que el convertidor tenga la capacidad de ajustarse a las características de la alimentación como el nivel de voltaje de la red y al tipo de alimentación monofásica o trifásica del punto de carga. Además, debe evitar que durante la conexión la batería inyecte reactivos a la red, por lo que durante la carga es conveniente mantener un alto factor de potencia [6].

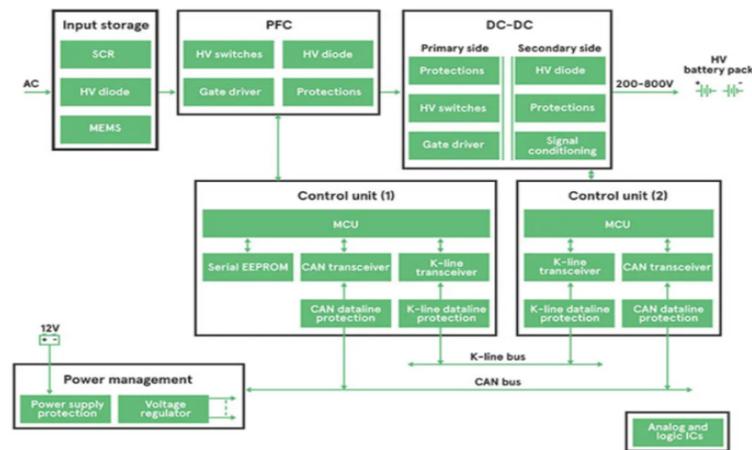


Figura 2.3: Diagrama de Bloques del OBC.

Fuente: [Híbridoseléctricos, 2019]

c. Pack de baterías

Es un sistema de almacenamiento de energía basado en baterías, también conocido como batería de tracción. La energía almacenada en esta etapa se destina exclusivamente para producir el movimiento del motor y no para ningún requerimiento auxiliar de electricidad.

Debido a su capacidad y autonomía brindada las más usadas son las de Ion-Litio. Este sistema de almacenamiento cuenta con su propia unidad de control que continuamente verifica que los parámetros de operación como voltaje, corriente o estado de carga, se encuentren dentro de los niveles adecuados, desconectado el sistema en caso de detectar niveles no seguros para la operación [6].

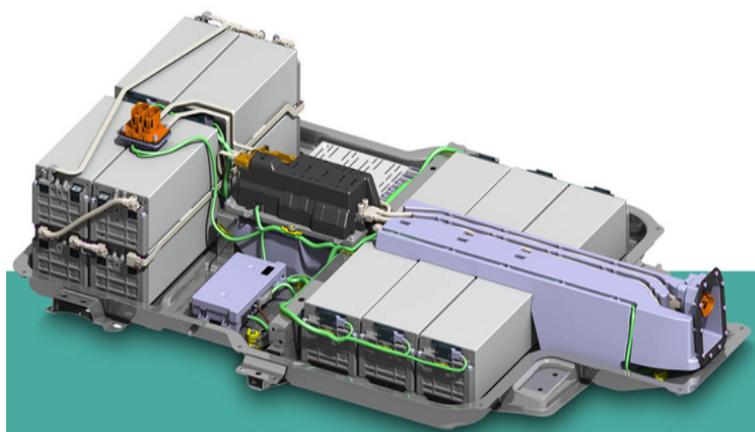


Figura 2.4: Baterías Seat Mii Electric.

Fuente: [Motorpasión, 2019]

d. Inversor

El inversor en un vehículo eléctrico cumple la función de convertidor DC/AC, transformando la salida de energía en corriente continua desde las baterías a corriente alterna del voltaje adecuado para el funcionamiento del motor o motores eléctricos.

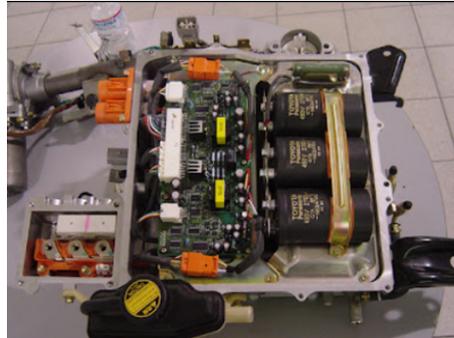


Figura 2.5: Inversor de Vehículo Eléctrico.

Fuente: [Elfuturoeseléctrico, 2020]

e. Unidad de Control del Motor

La unidad de control del motor regula la velocidad, par y dirección de giro del motor. Es un convertidor que controla el flujo de energía entre la batería de tracción y el motor. Dependiendo del tipo de motor que posea el vehículo, este será un convertidor DC/DC o DC/AC. No obstante, a diferencia de los otros convertidores del vehículo este es capaz de gestionar un flujo bidireccional de la energía, entregando energía al motor o extrayendo energía de este durante el frenado regenerativo [6].

f. Máquina Eléctrica

La máquina eléctrica utilizada por estos vehículos es capaz de convertir la energía eléctrica proveniente de las baterías, en energía mecánica para impulsar el movimiento del vehículo. Sin embargo, también es capaz de actuar como generador tomando energía del movimiento del vehículo durante el frenado regenerativo.



Figura 2.6: Máquina del Vehículo Eléctrico.

Fuente: [Motorpasión, 2019]

g. Transmisión

A diferencia de los vehículos con motor de combustión interna que cuentan con un mecanismo de engranajes para la transmisión definiendo diversas marchas asociadas con un determinado torque de salida, los vehículos eléctricos no requieren dichas transmisiones multivelocidad, pues el motor eléctrico produce un mismo torque a cualquier cantidad de revoluciones por minuto, esto se debe a que el suministro de energía es casi instantáneo, por ello cuentan con un mecanismo de transmisión de una sola marcha [6].

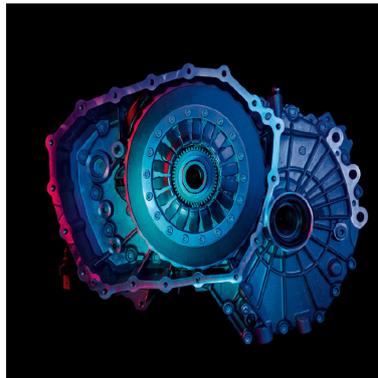


Figura 2.7: Transmisión del Vehículo Eléctrico.

Fuente: [Motorpasión, 2019]

h. Unidad Central de Control

Esta unidad electrónica se encarga de supervisar y gestionar todos los sistemas que permiten el funcionamiento del vehículo eléctrico; funciona como una especie de procesador que comunica y coordina las acciones que deben tomar las diferentes instancias del vehículo, como aceleración y frenado, además de gestionar los flujos de energía desde o hacia la batería, censa que los niveles de operación de todos los dispositivos estén dentro de los rangos adecuados [6].

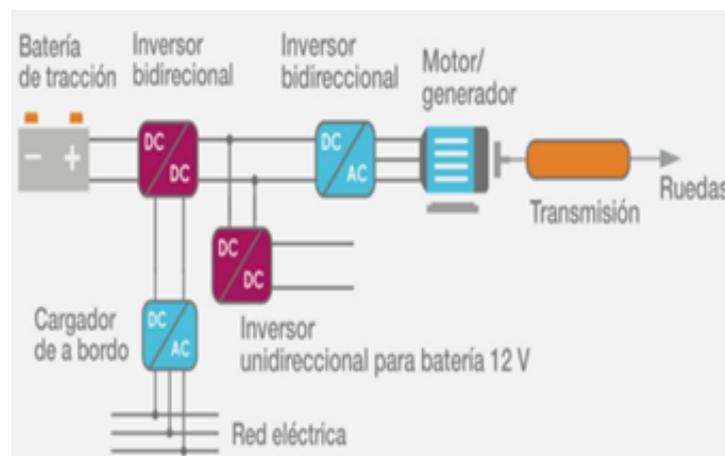


Figura 2.8: Flujo de energía en VE.

Fuente: [Motorpasión, 2019]

2.2.3. Tipos de máquina eléctrica usada en vehículos eléctricos

En la oferta de vehículos eléctricos se pueden encontrar autos con motores eléctricos de corriente directa (DC) o corriente alterna (AC). Entre ellos se encuentran:

a. Máquina asíncrona

A nivel técnico se puede destacar que este es un motor de corriente alterna conocido como motor de inducción, en el que existe un movimiento relativo entre el rotor y el campo magnético giratorio generado por el estator, esto significa que el rotor no es capaz de girar a la misma velocidad que el campo, esta diferencia entre velocidades se describe por medio de lo que se conoce como deslizamiento.

A nivel operacional, esto tiene repercusiones importantes, pues los coches eléctricos con motor asíncrono son más económicos, silenciosos y presentan una alta eficiencia.

b. Máquina sincrónica con imanes permanentes

Los motores síncronos son motores de corriente alterna en los que el rotor alcanza la velocidad de sincronismo, es decir, gira a la misma velocidad que el campo giratorio producido por el estator, por lo tanto, podemos decir que la velocidad de giro de estos motores depende de la frecuencia de la señal que lo alimenta.

Un vehículo que opere con motor síncrono con imanes permanentes presentará un alto rendimiento, alto control de la velocidad, poco ruido y vibración. Sin embargo, la implementación de estos encarece el precio del vehículo debido a que su diseño es más complejo y costoso.

c. Máquina sincrónica con reluctancia conmutada

Un motor sincrónico con reluctancia variable se diseña con un rotor laminado de material ferromagnético o sólido de hierro dulce, este rotor posee salientes o dientes los cuales tenderán a alinearse a los polos del bobinado en el estator buscando una posición de menor reluctancia para el establecimiento de las líneas de campo magnético; este será un rotor de baja inercia, lo cual le permite presentar una mejor respuesta dinámica, aunque tiene menor par motor que un motor eléctrico de imán permanente del mismo tamaño, sin embargo una de las mayores ventajas es que resulta más barato y de gran eficiencia.

d. Máquina sin escobillas de imanes permanentes - DC

Estos son los únicos motores de corriente directa (D.C.) que se implementan en los vehículos eléctricos. Poseen imanes permanentes en el rotor, sin embargo, al no

tener escobillas que realicen la conmutación de polaridad se reducen drásticamente las pérdidas por fricción y se evitan otro tipo de problemas como el desgaste o emisión de partículas que pueden afectar el desempeño del motor. Estos motores tienen la ventaja de ser muy silenciosos y prácticamente no requieren ningún mantenimiento.

2.2.4. Operación de Máquina Eléctrica usada en VE

Dependiendo de su condición de operación, una máquina eléctrica puede trabajar como motor o generador. Dicho comportamiento se puede identificar a partir del análisis combinado del par aplicado por el motor y el sentido de giro de las ruedas del vehículo. Tal como se muestra a continuación:



Figura 2.9: Cuadrantes de Operación de Máquina Eléctrica.

Fuente: [Mipsandchisp, 2018]

- En el primer cuadrante se tiene que el par motor va en el mismo sentido de avance que el giro de este, esto significa que se produce un accionamiento en avance (marcha hacia adelante y acelerando), en esta condición, existe un consumo de energía.
- En el segundo cuadrante el par es en avance (positivo) mientras el sentido de giro es en retroceso (negativo), es decir, el vehículo se mueve hacia atrás, pero va frenando, esto da lugar al frenado regenerativo, donde parte de la energía cinética que va perdiendo el vehículo al frenar es devuelta (recuperada) hacia las baterías. En esta condición la actuación es como generador.
- En el tercer cuadrante el par y el sentido de giro van en retroceso (negativos), es decir que el motor impulsa hacia atrás mientras el vehículo retrocede (accionamiento en retroceso). En esta condición se consume energía para su funcionamiento.

- En el cuarto cuadrante el par es en retroceso (negativo) mientras el sentido de giro es en avance (positivo). Aquí el vehículo se mueve hacia adelante, pero frenando, durante esta operación el frenado regenerativo recupera parte de la energía cinética y la devuelve hacia las baterías.

2.2.5. Tipos de Baterías para VE

Los vehículos eléctricos utilizan diferentes tipos de baterías, que se distinguen de acuerdo con sus componentes químicos, en la densidad energética, seguridad, capacidad de reciclaje y vida útil (ciclos) [7].

Existen diferentes tipos de baterías de acuerdo con el material del que se encuentran diseñadas, estas se distinguen principalmente por su eficiencia y densidad energética, la cual se define como la capacidad de almacenamiento por unidad de masa, esto es clave para una batería pues en un vehículo eléctrico gran parte de su peso se debe al sistema de almacenamiento.

Conforme se cumplen los ciclos de carga de una batería su capacidad de almacenamiento se ve reducida, en un caso promedio, luego del primer año de uso la capacidad de almacenamiento de una batería se ve mermada a un 90 % de su valor original, mientras que a partir del segundo año de operación la tasa varía entre 1 % y 5 % anual, esto depende del tipo de batería y de cómo se efectúen los ciclos de carga durante su funcionamiento. A continuación, se describen algunos de los tipos de baterías más usados:

a. Batería de Ión-Litio

Este tipo de baterías son las más utilizadas en el sector automotriz debido a su alta densidad energética de 200 a 250 Wh/kg. Se trata de una batería pequeña con alta eficiencia energética (alrededor del 90 %).

En cuanto a los costos se refiere, un pack de baterías de ION-LITIO al año 2010 tenía un costo de 1.160 USD, mientras que en el 2018 su precio bajó a 176 USD. Tienen una vida útil aproximada de 1.500 ciclos, sin embargo, presentan la desventaja de tener un alto costo de producción en comparación a otros tipos de baterías, además de ser propensas a sobrecalentamientos y riesgos de explosión.

b. Batería de Litio-Hierro-Fosfato

Estas baterías no son frecuentemente usadas en el sector automotriz debido a la poca autonomía que pueden brindar a un vehículo, esto se debe a que su densidad energética oscila solamente entre 100 y 150 Wh/Kg. Esto implica que para poder tener una autonomía representativa se requiere una gran cantidad de ellas en el

paquete de almacenamiento, lo cual a su vez incrementa considerablemente el peso del vehículo, limitando la velocidad máxima que este puede alcanzar.

Por otro lado, cabe mencionar que estas baterías son más estables, seguras y duraderas, con una vida útil es de hasta 3.000 ciclos. Debido a que no posee cobalto, su reciclaje es mucho más sencillo en comparación a otros tipos de baterías.

c. Batería de Níquel-Cobalto-Manganeso (NCM)

Estas se han popularizado en el sector automotriz debido a que combinan una alta densidad de energía y menores costos de producción, sin embargo, en el contexto ambiental sigue siendo un problema su reciclaje una vez que cumplen con su vida útil, a pesar de que la cantidad de Cobalto presente en estas es significativamente menor a las de Ión-Litio.

En la actualidad la densidad energética de estas baterías alcanza los 270 Wh/kg, superando a su rival de Ion-Litio. Por otro lado, la presencia de níquel en los cátodos de la batería produce un aumento de inestabilidad térmica afectando la vida útil de la batería y la seguridad del vehículo, por lo cual es necesario la inclusión de sistemas activos de refrigeración en su diseño.

2.2.6. Mantenimientos recomendados

Los mantenimientos que se recomiendan para preservar un VE en buenas condiciones tienen que ver con los siguientes aspectos:

a. Máquina y Transmisión

En los automóviles eléctricos se requiere un mantenimiento periódico de la máquina síncrona de imanes permanentes (la mayor parte son así), el cual es más sencillo que en los de combustión. La clave en dichos automóviles eléctricos suele ser el verificar el aislamiento eléctrico de la máquina, batería y cables de conexión, esto requiere artefactos de diagnóstico especiales y con protecciones extras para los trabajadores, sin embargo, esto no se traduce en un alto costo para el usuario [8].

En un auto eléctrico se necesita también la lubricación del sistema de piñones de la transmisión cuya función es ajustar las revoluciones del motor respecto a la de las ruedas, un análogo de la caja de cambios de vehículo convencional [9].

b. Líquidos y filtros

Un automóvil eléctrico no requiere el típico cambio de aceite pues no posee tantas partes que necesiten lubricación. No obstante, sí que se debe considerar que

hay otros líquidos que deben ser revisados y sustituidos. El líquido refrigerante se conserva, puesto que está presente en el motor y en la batería en algunas ocasiones, teniendo un periodo de sustitución de alrededor de 10 años. Sobre mencionar que el líquido del limpiaparabrisas además se debe reponerlo cada vez que proceda. Lo mismo pasa con los filtros, ya que no se cuenta con el filtro de aire del motor ni con el de combustible, pero sí se debe suplir el filtro del habitáculo (filtro para polvo y partículas) [8].

c. Neumáticos y amortiguación

El desgaste de los neumáticos es algo bastante relativo ya que es dependiente de la temperatura, del tipo de asfalto y conducta de manejo. No obstante, es cierto que en los eléctricos suele existir un mayor desgaste debido a la rapidez con que entregan todo el par. En un automóvil de combustión la entrega es más lineal y se tiene un menor desgaste, de esta forma habrá que cambiar neumáticos con más frecuencia en un vehículo eléctrico.

Además, hay un mayor desgaste de los amortiguadores en un carro eléctrico debido a su sobrepeso en relación con un transporte de combustión clásico, de esta forma que habrá que comprobar los elementos de la amortiguación cada 20.000 kilómetros para verificar que todo vaya de manera adecuada [8].

d. Frenos

Los frenos padecen menos desgaste en un VE debido al frenado regenerativo y su grado de retención mayor, esto provoca que no haya que recurrir tanto al pedal del freno; por lo tanto, las pastillas y los discos de freno poseen menos desgaste y tendrán un mayor kilometraje de duración. No obstante, la sustitución del líquido de frenos debe hacerse en intervalos semejantes a los requeridos en un VMCI [8].

2.3. Vehículos con motor de combustión interna

En la presente sección se profundizará en algunos aspectos esenciales que permitirán comprender de mejor manera la tecnología de un vehículo de combustión interna.

2.3.1. Conceptos generales

Un VMCI es aquel que posee un motor capaz de desarrollar un par a partir de la conversión de energía térmica a mecánica, esto ocurre mediante la quema de un combustible en los cilindros de este. Existen tres tipos de motores de combustión interna, comúnmente conocidos como de gasolina, diésel y GLP (gas licuado de

petróleo). En contraste con la tecnología de los VE, estos vehículos tienen una operación mucho más compleja pues poseen un gran número de componentes mecánicos que funcionan en sinergia y se desgastan cada cierto tiempo, también el proceso de conversión de energía tiene una eficiencia muy baja. Adicional a esto, debido a que utilizan combustibles para su funcionamiento, emiten gases contaminantes a la atmósfera por lo que en los últimos años su supremacía en el sector automotor ha encontrado en la movilidad eléctrica un competidor muy prometedor.

2.3.2. Operación de un motor de combustión interna

En estos motores una mezcla de combustible y oxígeno es comprimida por un pistón, en las condiciones adecuadas la mezcla es detonada liberando energía térmica, esta mezcla de gases resultantes empujan el pistón en una carrera de potencia donde se entrega energía mecánica haciendo girar el cigüeñal que en conjunto con el proceso ocurrido de forma coordinada en otros cilindros dan lugar al giro en el eje del vehículo. Finalmente, cada ciclo tiene como resultado una mezcla de gases de desecho que se expulsan en la etapa del escape del motor liberando los mismos al entorno [10].

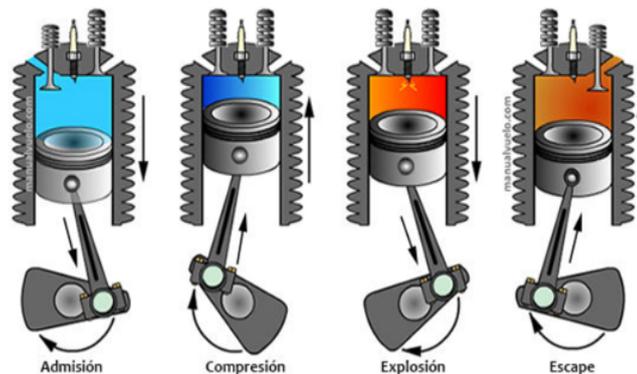


Figura 2.10: Etapas del Ciclo de Combustión Interna.

Fuente: [Motorpasión, 2019]

2.3.3. Mantenimientos recomendados

El mantenimiento de un VMCI involucra la verificación de una gigantesca cantidad de aspectos pues cuenta con un sistema más complejo que un VE. A continuación, se presentan los más importantes:

a. Motor y transmisión

En el motor de un VMCI el aceite de motor es un componente principal, cuya función es lubricar y facilitar la convección en las partes móviles del motor, por esta razón es de suma importancia que el aceite mantenga cada una de sus características, para ello es necesario su renovación en un intervalo entre 5.000 y 10.000 km, dependiendo del tipo de aceite que se use.

Junto con el cambio de aceite, también se requiere cambiar el filtro de aceite que previene la presencia de impurezas en el aceite en interior del motor.

A esto se le suman otros mantenimientos preventivos que se deben hacer como el cambio de la banda de distribución y de accesorios, que se efectúa alrededor de cada 90.000 km. También el filtro de aire del motor para evitar las partículas y polvo que podrían ingresar a este.

En cuanto a la transmisión se debe realizar también el cambio del aceite de la caja de cambios para evitar la fricción y desgaste de los engranajes que modifican la relación de velocidad entre el motor y el eje de las ruedas.

b. Líquidos

En un VMCI se deben tener muy en cuenta el nivel de líquidos de freno, refrigerante del radiador y dirección hidráulica, estos normalmente no se reducen a menos que exista alguna fuga, la cual deberá corregirse, pero con el tiempo sus propiedades se ven afectadas por lo que se recomienda su cambio eventualmente.

c. Escape y emisiones

A diferencia de lo que ocurre en un VE donde no existe emisión de gases al entorno, un VMCI posee una etapa de escape, donde los desechos son emitidos al ambiente, para regular dichas emisiones el vehículo cuenta con sensores de oxígeno, catalizador y tubo de escape, los cuales deben mantenerse en perfectas condiciones incluso para optimizar el consumo de combustible en el vehículo, por ello se recomienda su mantenimiento regular.

d. Frenos

Los frenos de un VMCI son de las partes que requieren un mantenimiento más frecuente para mantenerse en óptimas condiciones; se recomienda efectuar este mantenimiento preventivo cada 5.000 km, además, dependiendo de la conducción realizada, eventualmente se cambian las pastillas de freno cuando se han desgastado, al igual que los discos.

2.4. Carga de un vehículo eléctrico

La carga de un VE es el proceso mediante el cual las baterías del vehículo reciben energía por parte de la red eléctrica en el punto de carga. Las condiciones del proceso de carga pueden cambiar dependiendo del Modo de carga que se esté efectuando.

Para entender adecuadamente el proceso de carga de un VE, es necesario tener en cuenta algunos conceptos importantes que se mencionan a continuación:

a. Voltaje [V]

El voltaje es la diferencia de potencial aplicada entre dos puntos de un circuito, la cual impulsará el movimiento de la carga a través del circuito. La unidad de medida de voltaje es el Voltio [V].

b. Corriente [I]

La corriente eléctrica se define como la cantidad de carga que pasa en un instante de tiempo a través de la sección transversal de un conductor. La unidad de medida de la corriente es el Ampere [A].

c. Potencia Eléctrica [P]

La potencia eléctrica puede definirse como la rapidez con la que la red eléctrica entrega energía al vehículo, o la rapidez con que este consume energía de la red. En el presente análisis, se utilizará normalmente el kilovatio [kW] como unidad de potencia eléctrica.

Matemáticamente, la potencia eléctrica se determina como el producto del voltaje con la corriente eléctrica, tal como se muestra a continuación:

$$P = VI$$

d. Energía Eléctrica [E]

La energía eléctrica es aquella que está asociada a cargas eléctricas las cuales puede fluir en un circuito cuando existe una diferencia de potencial eléctrico aplicada, este flujo de cargas se conoce como corriente eléctrica.

En el caso del VE la energía se encuentra almacenada en las baterías, uno de los parámetros más importantes que poseen estas baterías es su capacidad de almacenamiento que viene dado en unidades de kilovatios-hora [kWh] lo cual refleja la cantidad de potencia que puede entregar la batería durante una hora de forma continua hasta descargarse completamente.

Matemáticamente, la energía eléctrica consumida o entregada se obtendrá como el producto de la potencia eléctrica por el tiempo, como se muestra a continuación:

$$E = Pt$$

Por ejemplo, si se considera que un vehículo eléctrico se carga en una red monofásica a 240 V consumiendo una potencia de 7 kW y que las baterías del VE tienen una capacidad de almacenamiento de 71 kWh, se tiene que:

La corriente entregada al vehículo es:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{7,000W}{240V} = 29,16[A]$$

Mientras que el tiempo aproximado del proceso de carga a potencia constante será de:

$$t = \frac{E}{P} = \frac{71kWh}{7kW} = 10,14[horas]$$

Este ha sido un análisis simplificado, teniendo en cuenta que para evitar la inyección de reactivos a la red el proceso de carga ocurre aproximadamente a un factor de potencia unitario.

2.4.1. Punto de carga

Existen diferentes tipos de puntos de carga para VE, sin embargo, para el presente estudio es pertinente el análisis del punto de carga domiciliario. Por lo general, los puntos de recarga domésticos suelen ser de recarga lenta, de 16 A y 3,7 kW de potencia a pesar de que algunos vehículos admiten hasta 7,7 kW. Esta última es la potencia que se considerará en este análisis, pues corresponde a la potencia del modo de carga óptimo para la conservación de la batería. [11]

A continuación, se ilustra el diagrama de la instalación del punto de carga doméstico:

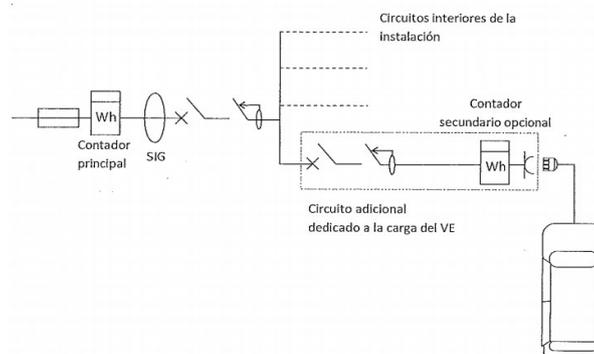


Figura 2.11: Cuadrantes de Operación de Máquina Eléctrica.

Fuente: [GrupoNovelec, 2018]

2.4.2. Conectores para carga

Uno de los accesorios indispensables en el proceso de carga de un vehículo eléctrico es el conector. Dependiendo del tipo de recarga que se vaya a efectuar pueden existir diferentes conectores. Los fabricantes de estos han empezado una dura competencia para posicionar su diseño en el mercado, sin embargo, se espera que con el paso del tiempo el diseño de los conectores por parte de los diferentes fabricantes se estandarice [12].

A continuación, se resumen las características de los diferentes tipos de conectores:

Conector	Corriente Nominal	Velocidad de Carga	Nº de Bornes	Conexión	Tensión
SAE J1772	20 - 32 A	Lenta/Rápida	5	1Ø	Alterna
MENNEKES	20 - 32 A	Lenta/Rápida	7	1Ø - 3Ø	Alterna
CHAdEMO	125 Acc	Rápida	4	1Ø	Continua
CSS-Combo 1	125 Acc	Rápida	7	1Ø	Continua
CSS-Combo 2	32 A - 200 Acc	Rápida	9	1Ø - 3Ø	Alterna/Continua
GB/T AC	20 - 32 A	Rápida	7	1Ø - 3Ø	Alterna
GB/T DC	250 Acc	Rápida	7	1Ø	Continua

Cuadro 2.2: Características de tipos de conectores.

Fuente: [Ruben Lijó, 2018]

2.4.3. Modos de carga

Dependiendo de las comunicaciones, las protecciones y de la corriente que puedan suministrar durante la carga, existen diferentes Modos de Carga, las cuales son [13]:

a. Modo 1 (Carga súper lenta)

Punto de carga hasta 16 A – 240 V con una potencia de aproximadamente 3,8 kW sin comunicaciones entre vehículo y cargador. Se realiza en una toma de corriente doméstica convencional. Recomendado para motos o vehículos muy pequeños. No se recomienda para vehículos de mayor potencia.

b. Modo 2 (Carga lenta)

Punto de carga hasta 32 A con comunicación entre vehículo y cargador, además el sistema cuenta con protección diferencial y magnetotérmica. Recomendado para vehículos eléctricos pequeños y de cargas lentas. Este tipo de recarga es monofásica se realiza con un voltaje de 240 V a un máximo de 7,7 kW. Para este modo de carga se suele utilizar un conector tipo SCHUKO para mejorar la fiabilidad y seguridad de la conexión.

c. Modo 3 (Carga Lenta – Óptima)

Punto de carga de 32A, con monitorización de carga y protecciones. A estos cargadores se les denomina SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o Wallbox. Este tipo de cargadores son los más apropiados para los coches eléctricos, siendo aptos para todo tipo de hogares y empresas. Este modo permite una recarga monofásica o trifásica. Es decir, si el vehículo lo permite, se puede recargar hasta 7,7 kW en tensión monofásica y hasta 22 kW en trifásica.

La diferencia entre el modo 2 y el modo 3, es que este último se realiza a través de un cargador específicamente diseñado para la carga de VE, por lo que incluye su propia infraestructura de carga y necesita un conector específico que permite funciones adicionales:

- Comprobación permanente de toma a tierra.
- Verificación de conexión correcta.
- Activación y desactivación de carga.
- Selección de potencia según gustos o necesidades del usuario o el vehículo.
- Monitorización de la carga.
- Potencia armonizada para evitar picos de tensión.
- Programación de carga para horarios de consumo más económico.

d. Modo 4 (Carga Rápida)

Estación de carga que puede suministrar una corriente de hasta 400 A, aunque habitualmente se emplean de 125 A. Estos cargadores tienen un convertidor de alterna a continua y, por tanto, la energía que suministran al vehículo es en corriente continua. Por su gran capacidad, estos cargadores son aptos para carga los vehículos eléctricos en poco tiempo. Sin embargo, no es aconsejable esta práctica frecuentemente porque contribuye al deterioro de las baterías debido al sobrecalentamiento que produce.

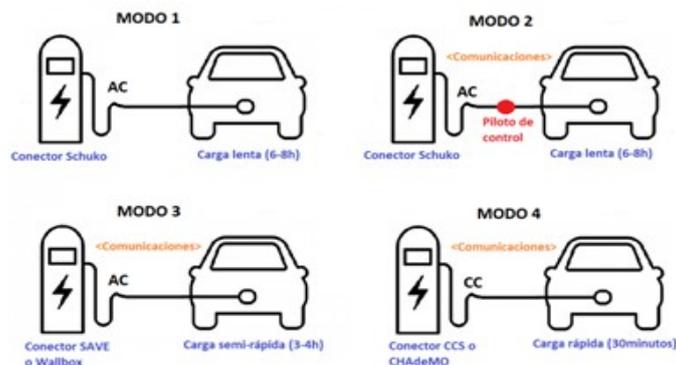


Figura 2.12: Modos de carga.

Fuente: [Motorpasión, 2020]

2.5. Aspectos normativos

En cuanto a las reformas legislativas asociadas con la movilidad eléctrica, es importante señalar que el artículo 43 de La Ley Orgánica de Eficiencia Energética [14], que se refiere a la distribución y comercialización de la electricidad fue modificado de la siguiente manera: *"La actividad de distribución y comercialización de electricidad, exceptuando el servicio de carga de vehículos eléctricos, será realizada por el Estado (...)"*

Esto significa que las estaciones de servicio de carga podrán ser manejadas por personas naturales o jurídicas ajenas al Estado. Para la comercialización de energía en dichas estaciones de carga se dispone también regulaciones:

"Dada la disposición de la LOSPEE reformada por la LOEE es necesario normar las condiciones jurídicas y técnicas entre los proveedores de ese servicio y las empresas eléctricas de distribución observando para el efecto los siguientes aspectos:

- El costo de carga limitado a un valor máximo establecido por la ARCONEL en los estudios tarifarios.
- Condiciones técnicas para la provisión de energía por parte de la empresa de distribución a un proveedor de este servicio.
- Responsabilidades y obligaciones de la empresa distribuidora y proveedor del servicio de carga.
- Sanciones sobre infracciones que podrían incurrir la empresa distribuidora y el proveedor de servicio de carga.
- Restricciones técnicas y comerciales para los proveedores del servicio de carga."

Esto se encuentra establecido en el "Modelo de Contrato de suministro para los proveedores del servicio de carga de energía de vehículos eléctricos".

2.6. Aspectos ambientales

Cuando se analizan las implicaciones ambientales que supone el paso de la tecnología convencional a la de un vehículo eléctrico se debe considerar más allá de simplemente las emisiones de gases contaminantes durante el funcionamiento del vehículo, en este ámbito, es evidente que un motor eléctrico no desecha este tipo de gases y por ende lleva ventaja en cuanto a su interacción favorable con el medio ambiente. No obstante, si se considera desde el proceso de fabricación hasta los desechos producto de la chatarrización de un vehículo eléctrico entonces es

evidente que aún quedan tareas pendientes en cuanto a la reducción del impacto ambiental de esta tecnología, el uso elevado de cobre y níquel en la fabricación de las baterías, y los procesos que se llevan a cabo en los principales países fabricantes, elevan significativamente la seriedad de este asunto. Por otro lado, el manejo de desechos es un asunto que se puede manejar con mayor detalle, pues cuando las baterías de un VE cumplen su vida útil en el vehículo aún pueden desempeñar labores de almacenamiento con porcentajes menores de energía y por ende pueden ser recicladas para aplicarse en otras áreas.

En cuanto a las emisiones, un estudio de la Agencia Europea de Medio Ambiente asegura que un VMCI de tamaño mediano emite de media unos 143 gramos de CO_2 por kilómetro y uno eléctrico de características entre 60 y 76 gramos de CO_2 , es decir, entre un 47 % y un 58 % menos. El informe estima que, con las políticas europeas en marcha, las emisiones causantes del cambio climático vinculadas a un vehículo eléctrico bajarían de esos 60 gramos de CO_2 por kilómetro a 40 gramos para el año 2030 y a 16 gramos para 2050 [15].

2.7. Modelos de ciclos de conducción

Los modelos de ciclos de conducción consisten en protocolos homologados de ciclos de conducción de un vehículo que describen el comportamiento de velocidad en un recorrido promedio. Estos modelos sirven principalmente para estimar vidas útiles de diversos componentes, costos de mantenimientos en el tiempo, consumo de combustible por kilómetro recorrido, y en el caso de los vehículos eléctricos también permiten determinar la autonomía de recorrido con un ciclo de carga de la batería.

A continuación, se mencionan algunos de los protocolos más importantes:

2.7.1. Protocolo NEDC

El New European Driving Cycle (NEDC) se diseñó en los años 80 como una forma de estimar emisiones y consumos. La evolución tecnológica, nuevas regulaciones ambientales y hábitos de conducción han ido provocando que este protocolo vaya quedando obsoleto, ya que no se acerca fielmente a una conducción real. Algunos aspectos considerados por este protocolo son: un tiempo para el ciclo de tan solo 20 minutos, con una velocidad media baja (34 km/h), con cambios de marcha fijos y previamente determinados, sin uso de sistemas auxiliares como acondicionador de aire, entre otros [16].

2.7.2. Protocolo WLTP

El Worldwide Harmonised Light vehicles Test Procedure (WLTP), es la prueba más reciente que entró en vigor en 2017 y fue aprobada por la Unión Europea. Con

esta nueva prueba hay más parámetros a analizar, resultados más precisos y en general más información útil para marcas y consumidores.

En el ciclo WLTP se sigue un protocolo que se aproxima mucho más a la conducción real, considerando aspectos importantes como velocidades máximas y promedio más altas, el efecto del uso de sistemas auxiliares como la climatización, los ciclos son efectuados en mayores distancias, así mismo se consideran temperaturas ambientales más realistas [16].

2.7.3. Contraste entre protocolos

Debido a las razones antes expuestas, en Europa se ha dispuesto que hasta inicios del año 2021 se realice la transición de caracterizaciones de vehículos en base al protocolo WLTP.

De acuerdo con estudios realizados por JATO, una empresa europea líder en Business Intelligence, tras el análisis del impacto de la homologación WLTP en 13 modelos de VE diferentes, la autonomía de estos se ve reducida en un promedio de 80 kilómetros. De esta manera tenemos un estimado para poder conocer la autonomía más real de un VE cuya descripción está dada en base al protocolo NEDC:

$$Autonomia_{WLTP} = [Autonomia_{NEDC} - 80]km$$

Por ejemplo, un Audi E-tron posee una autonomía según el protocolo NEDC de 441 km, por tanto, la autonomía en protocolo WLTP sería:

$$Autonomia_{WLTP} = [441 - 80]km$$

$$Autonomia_{WLTP} = 361km$$

Lo cual es aproximadamente el 82 % del valor original en NEDC, sin embargo, este no es un factor que se va a cumplir en todos los casos. No obstante, sirve como un buen punto de partida para un dimensionamiento apropiado de la autonomía de los vehículos eléctricos ofertados en el mercado, lo cual permitirá evaluar aspectos como su requerimiento energético para un determinado recorrido en un período específico de tiempo.

A continuación, se presenta una figura comparativa de los parámetros tenidos en cuenta en ambos protocolos:

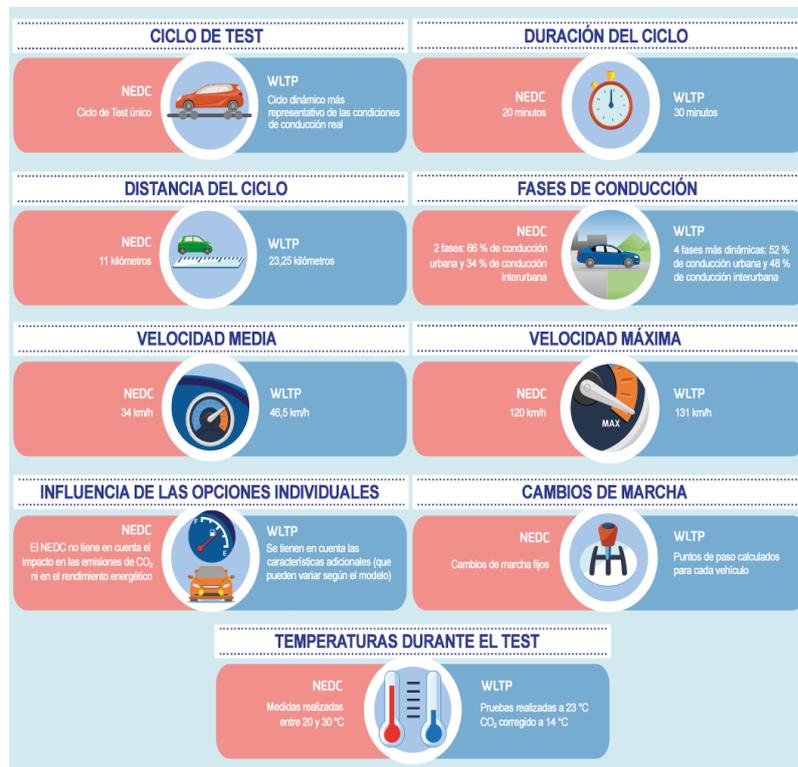


Figura 2.13: Comparativa de ciclos de conducción.

Fuente: [Motorwebs, 2019]

2.8. Oferta de VE en Ecuador

Durante los últimos años el mercado de Vehículos Eléctricos en el Ecuador se ha diversificado paulatinamente, a pesar de que en la actualidad la cantidad de vehículos eléctricos livianos no alcanza las mil unidades. Algunas marcas han apostado por ofertar nuevos modelos, de los cuales, se muestran a continuación algunos de los más representativos:

- **AUDI E-tron**

Autonomía NEDC: 441 km

Potencia: 300 kW

Torque: 540 N.m.

Velocidad Máxima: 190 km/h

Tipo de batería: ION-LITIO

Capacidad de batería: 71 kWh

Tiempo de carga del 0 al 100 %: 11h a 220V y 0.5h a 380V

Precio USD: 76.990



Figura 2.14: Audi E-Tron.
Fuente: [VarusEcuador, 2020]

■ **BYD E5 400**

Autonomía NEDC: 400 km

Potencia: 160 kW

Torque: 310 N.m.

Velocidad Máxima: 130 km/h

Tipo de batería: NCM

Capacidad de batería: 62 kWh

Tiempo de carga del 0 al 100 %: 7h a 220V y 1.5h a 380V

Precio USD: 34.000



Figura 2.15: BYD - E5.
Fuente: [VarusEcuador, 2020]

■ **BYD E3 GL 400**

Autonomía NEDC: 400 km

Potencia: 70 kW

Torque: 180 N.m.

Velocidad Máxima: 130 km/h

Tipo de batería: NCM

Capacidad de batería: 47.3 kWh

Tiempo de carga del 0 al 100 %: 6.5h a 220V

Precio USD: 28.990



Figura 2.16: BYD - E3.

Fuente: [VarusEcuador, 2020]

■ **MG ZS EV**

Autonomía NEDC: 335 km

Potencia: 110 kW

Torque: 353 N.m.

Velocidad Máxima: 125 km/h

Tipo de batería: ION-LITIO

Capacidad de batería: 44 kWh

Tiempo de carga del 0 al 100 %: 6.5h a 220V, 1h a 380V

Precio USD: 35.990



Figura 2.17: MG ZS EV.

Fuente: [VarusEcuador, 2020]

■ **NISSAN LEAF**

Autonomía NEDC: 270 km

Potencia: 110 kW

Torque: 320 N.m.

Velocidad Máxima: 144 km/h

Tipo de batería: ION-LITIO
Capacidad de batería: 40 kWh
Tiempo de carga del 0 al 100 %: 6-8h a 220V
Precio USD: 39.990



Figura 2.18: Nissan Leaf.
Fuente: [VarusEcuador, 2020]

■ **KIA SOUL EV**

Autonomía NEDC: 200 km
Potencia: 81.4 kW
Torque: 285 N.m.
Velocidad Máxima: 145 km/h
Tipo de batería: ION-LITIO-POLIMERO
Capacidad de batería: 27 kWh
Tiempo de carga del 0 al 100 %: 5h a 220V y 45 min a 380V
Precio USD: 30.990



Figura 2.19: KIA Soul EV.
Fuente: [VarusEcuador, 2020]

2.9. Incentivos económicos asociados a vehículos eléctricos

En la búsqueda de promover la inserción de vehículos eléctricos en el parque automotor ecuatoriano, el gobierno ha creado algunos incentivos para la adquisición y operación de esta tecnología, estos tienen que ver con exoneraciones tributarias y tarifas privilegiadas para la energía eléctrica destinada a la recarga de estos.

2.9.1. Exoneración de impuestos

Dentro de este ámbito se puede mencionar el decreto del 20 de octubre del 2021 emitido por el presidente Guillermo Lasso llamado Reglamento General de la Ley orgánica de eficiencia energética donde se promueven algunas exoneraciones tributarias para los vehículos eléctricos:

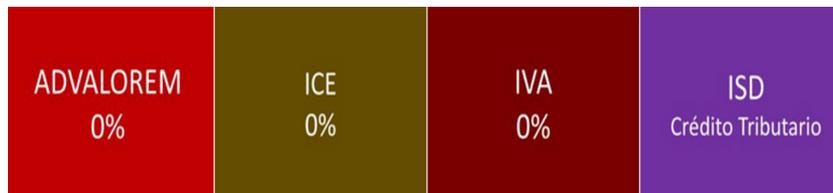


Figura 2.20: Beneficios tributarios para VE

Fuente: [VarusEcuador, 2021]

2.9.2. Tarifas eléctricas diferenciadas para VE

En cuanto a los beneficios ofrecidos para el consumo de energía eléctrica destinada a la recarga de VE, tenemos la implementación de una tarifa diferenciada tanto para consumidores residenciales como para estaciones de carga rápida. Estas tarifas preferenciales se establecieron desde el 2020 en el Ecuador, y su objetivo también es promover el aplanamiento de la curva de carga abaratando la energía durante los horarios de poca demanda. A continuación, se presentan las tarifas diferenciadas por horarios para la energía y los valores de demanda y comercialización:

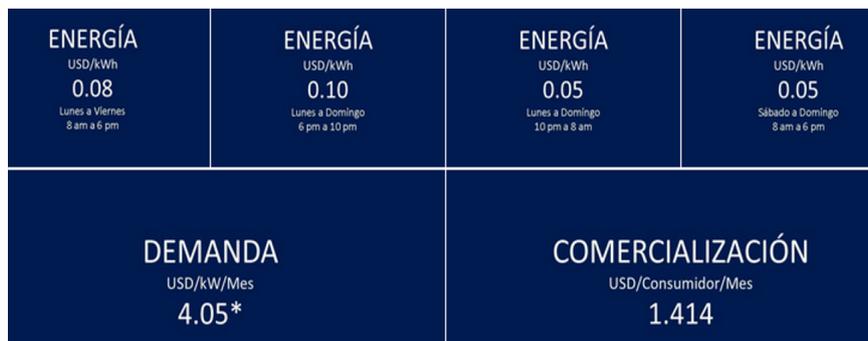


Figura 2.21: Tarifas eléctricas diferenciadas para VE

Fuente: [VarusEcuador, 2021]

2.9. Incentivos económicos asociados a vehículos eléctricos

Finalmente, se tiene la tarifa eléctrica preferencial para estaciones de carga rápida:

ENERGÍA USD/kWh 0.069 Lunes a Viernes 8 am a 6 pm	ENERGÍA USD/kWh 0.086 Lunes a Domingo 6 pm a 10 pm	ENERGÍA USD/kWh 0.043 Lunes a Domingo 10 pm a 8 am	ENERGÍA USD/kWh 0.043 Sábado a Domingo 8 am a 6 pm
DEMANDA USD/kW/Mes 4.05*		COMERCIALIZACIÓN USD/Consumidor/Mes 1.414	

Figura 2.22: Tarifas preferenciales - Estación de carga rápida

Fuente: [VarusEcuador, 2021]

Capítulo 3

METODOLOGÍA APLICADA PARA EL CONTRASTE DE TECNOLOGÍAS

En el presente capítulo se describe la metodología como el conjunto ordenado de pasos que se han efectuado en este estudio para llevar a cabo el contraste entre los VE y los VMCI, se establecerán criterios de equivalencia para la selección de pares de vehículos comparables por categoría, también se definen los diferentes perfiles de conducción de acuerdo a distintos regímenes de uso al que se puede someter un vehículo, se elabora un perfil conductual de carga para diferentes horarios y días de la semana, se establecen las pautas para el cálculo de los costos de operación y mantenimiento diferenciado en cada una de las tecnologías sumado a un análisis de financiamiento parcial del valor del vehículo, se puntualizarán los parámetros de evaluación de la inversión realizada para los vehículos en comparación y finalmente se realizará un análisis del impacto ambiental ocasionado por cada una de las alternativas.

3.1. Criterios de equivalencia de vehículos a comparar

En esta sección se plantearán los criterios de equivalencia en base a los cuales se seleccionarán los vehículos a ser comparados en los casos de estudio del siguiente capítulo de este documento. Es importante señalar que los vehículos de ambas tecnologías no necesariamente deben ser idénticos en todas sus características, pero sí deben tener similitudes que hagan válido el contraste a realizarse. Entre los aspectos que se contemplarán para cada tecnología se tiene:

a. Categoría

Se seleccionarán vehículos de la misma categoría para ser comparados, las categorías en que se efectuará el análisis serán:

- Autos

- Vehículos Deportivos Utilitarios (SUV's)
- Camionetas

a. Potencia

La potencia se define como la tasa a la que el motor puede entregar energía, esto tiene que ver con la rapidez con que puede entregar par mecánico al eje. Por esta razón consideraremos vehículos que presenten potencias similares como un criterio de equivalencia para la comparación.

b. Dimensiones y Peso

Los vehículos a compararse han de ser no sólo de la misma categoría sino de características de tamaño, peso y capacidad de carga similar para que no se ponga en desventaja uno de estos por el consumo energético adicional correspondiente a mover un vehículo más pesado.

c. Costo inicial

Es el costo base del vehículo al cual se oferta en la casa comercial, este valor puede variar en función de accesorios adicionales solicitados. Para el presente análisis se considerará una ventaja en el costo inicial para el vehículo de combustión interna, es decir, el vehículo eléctrico tendrá un costo inicial mayor para de esta manera poder evidenciar cómo el ahorro concerniente a los costos de operación y mantenimiento permiten la recuperación de la inversión inicial adicional.

3.2. Elaboración de perfil de conducción

Para una evaluación más acertada de diferentes escenarios en los que un posible comprador de un vehículo se pueda identificar. A continuación, se definen algunos regímenes de uso para un vehículo.

3.2.1. Régimen de uso personal

El régimen de uso personal contempla movilizaciones cotidianas de trabajo y actividades domésticas, con poco recorrido y exigencia para el vehículo. A continuación, se resumen las consideraciones asociadas al mismo:

Distancia recorrida anualmente en km:	25.000
Distancia recorrida mensualmente en km:	2.083
Aplicabilidad:	Autos, SUV's

Cuadro 3.1: Características del régimen de uso personal.

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

3.2.2. Régimen de uso semi-intensivo

El régimen de uso semi-intensivo contempla movilizaciones adicionales a las cotidianas de trabajo y actividades domésticas como viajes esporádicos, movilización en horarios de trabajo que conllevan un mayor recorrido y exigencia para el vehículo. A continuación, se resumen las consideraciones asociadas al mismo:

Distancia recorrida anualmente en km:	50.000
Distancia recorrida mensualmente en km:	4.167
Aplicabilidad:	Autos, SUV's, Camionetas

Cuadro 3.2: Características del régimen de uso semi-intensivo .

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

3.2.3. Régimen de uso intensivo

El régimen de uso intensivo se ha planteado para casos en los que el vehículo es usado para actividades de transporte público como servicio de taxi, este régimen es el que presenta mayor recorrido, exigencias y por lo tanto el que asocia mayores desgastes por uso para el vehículo.

A continuación, se resumen las consideraciones contempladas para el mismo:

Distancia recorrida anualmente en km:	100.000
Distancia recorrida mensualmente en km:	8.333
Aplicabilidad:	Autos

Cuadro 3.3: Características del régimen de uso intensivo.

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

3.3. Carga del vehículo eléctrico

En el análisis de lo concerniente a la carga del VE se han tenido en cuenta dos aspectos importantes que son:

- Modo de carga a analizar: Se contemplará que la carga de los vehículos se realiza acorde al modo 3 que es el más recomendado para mantener la integridad de las baterías, con una potencia estable de 7 kW a 240 V.
- Perfil conductual de recarga: En este punto se considerará que los usuarios no recargarán su vehículo en horarios de demanda punta, esto permitirá reducir algunos rubros en la facturación del servicio eléctrico.

3.3.1. Registro de curva de carga del vehículo eléctrico

En la presente sección se presentarán los resultados del proceso de carga de un vehículo eléctrico BYD E5-400 por medio de un cargador de marca DUOSIDA con las siguientes características [17]:

Características del Cargador DUOSIDA SES-32	
Potencia	7,2 kW
Corriente	32 A
Voltaje	230 Vac

Cuadro 3.4: Características del cargador DUOSIDA
Fuente: [Luis Moreno, 2021]



Figura 3.1: Cargador DUOSIDA
Fuente: [CANESPA, 2020]

Las mediciones fueron efectuadas con un analizador PowerPad III de la AEMC durante 7 días, mostrando los siguientes resultados:

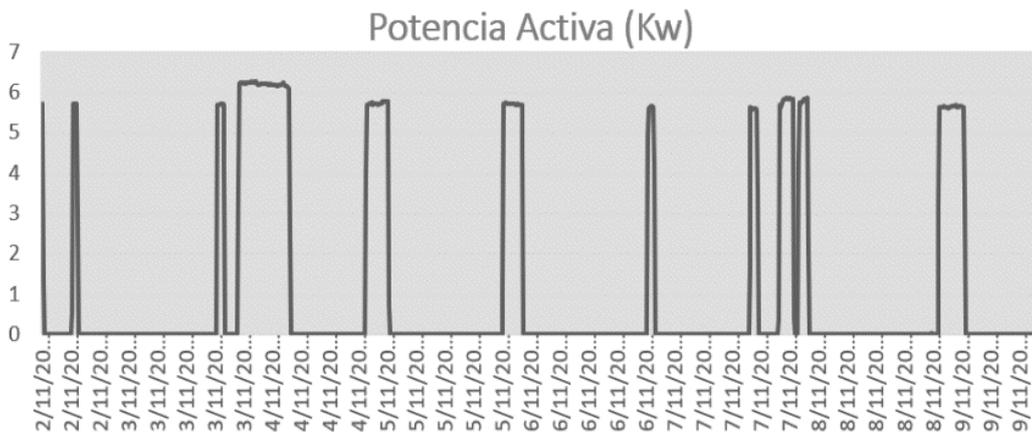


Figura 3.2: Registro de Carga - Potencia Activa
Fuente: [Luis Moreno, 2021]

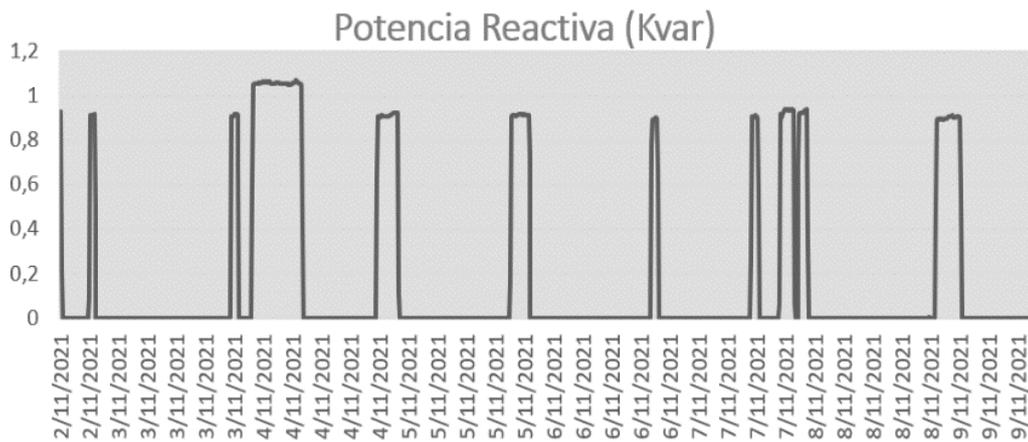


Figura 3.3: Registro de Carga - Potencia Reactiva

Fuente: [Luis Moreno, 2021]

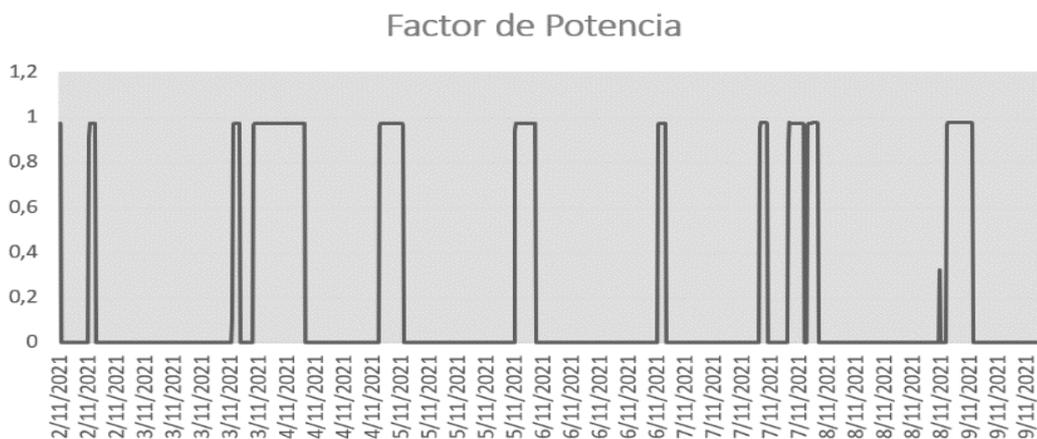


Figura 3.4: Registro de Carga - Factor de Potencia Reactiva

Fuente: [Luis Moreno, 2021]

De estos resultados observados se puede concluir que:

1. La potencia que extrae el VE durante su proceso de carga es prácticamente constante.
2. El convertidor del VE está diseñado para garantizar que durante la carga este no inyecte reactivos a la red, por lo que el factor de potencia es prácticamente la unidad, de este modo, desde la perspectiva de la red este es observado como una carga aproximadamente resistiva

3.3.2. Elaboración de perfil conductual de recarga

Para el presente estudio supondremos que el usuario aprovechará, dentro de lo posible, el beneficio de las tarifas diferenciadas, recargando su VE en los horarios

en los que la energía es más barata. Sin embargo, debido a los distintos regímenes de uso que se elaborarán dos perfiles conductuales de carga distintos, puesto que, para el uso intensivo se requerirá ocasionalmente recargar el vehículo en horarios vespertinos y electrolinerías:

a. Perfil conductual de carga para uso personal y semi-intensivo

Para estos regímenes de carga se considerarán los detalles descritos en la tabla a continuación:

Horario	Costo de Energía (\$/kWh)	Porcentaje de Energía Total consumida (%)
L-D (10 pm - 8 am)	0,05	80
S-D (8 am - 6 pm)	0,05	12
L-V (8 am - 6 pm)	0,08	8
L-D (6 pm - 10pm)	0,1	0

Cuadro 3.5: Perfil conductual de carga – Uso personal y semi-intensivo

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

b. Perfil conductual de carga para uso intensivo

Para este régimen de carga se considerarán los detalles descritos en la tabla a continuación:

Horario	Costo de Energía (\$/kWh)	Porcentaje de Energía Total consumida (%)
L-D (10 pm - 8 am)	0,05	80
S-D (8 am - 6 pm)	0,05	5
L-V (8 am - 6 pm)	0,08	10
L-D (6 pm - 10pm)	0,1	0
Electrolineras	0,08	5

Cuadro 3.6: Perfil conductual de carga - Uso intensivo

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

3.3.3. Simulación de un proceso de carga de vehículo eléctrico

Para este estudio se plantea una simulación del comportamiento del cargador de batería [18] marca Duosida con potencia de 7,2 kW, 32 Amp a 230 Vac, el mismo que se la realiza en el software Matlab con su herramienta de diseño Simulink. En la gráfica adjunta se puede observar el diagrama esquemático de la simulación el cual se divide en cinco partes importantes, las cuales son: Sistema de distribución, cargas de distribución, transformador de poste, casas y cargador eléctrico.

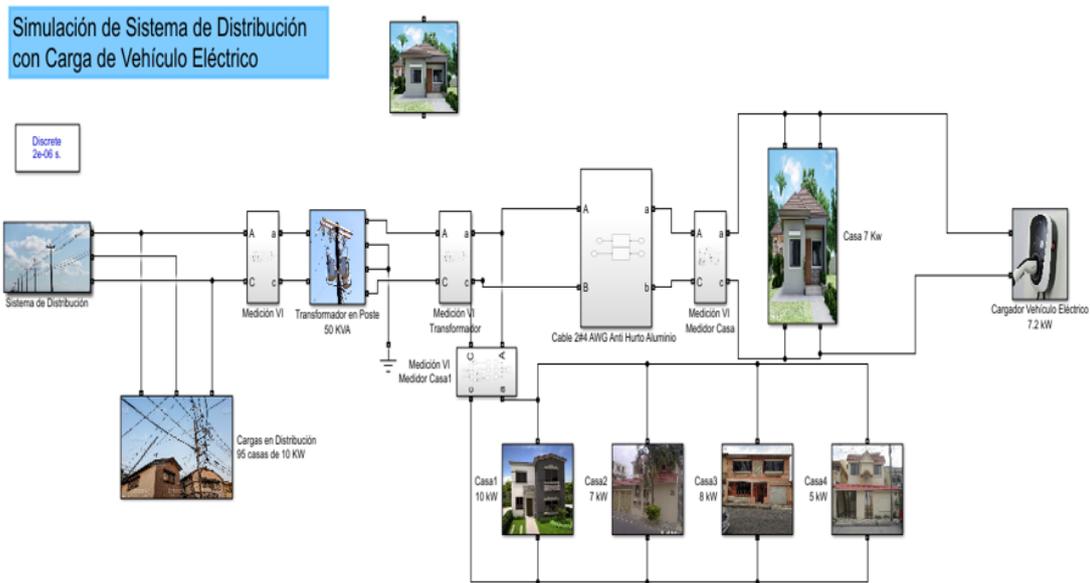


Figura 3.5: Esquema de Simulación de Red con estación de carga doméstica para VE
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

Hay que resaltar que el estudio se basa en el análisis de los efectos que acontecen en la red aguas arriba del cargador eléctrico y no en el diseño del cargador como tal. La primera parte es el sistema de distribución, en donde se modela una fuente de alimentación con sus impedancias para la parte de transmisión; para luego conectarse al esquema de una subestación de 250 MVA constituida por un transformador trifásico con una conexión Y-Y seguido de un modelo de la línea de distribución. Para este caso se escoge una longitud de 5 km con su secuencia cero y positiva; dichos valores son predeterminados por default.

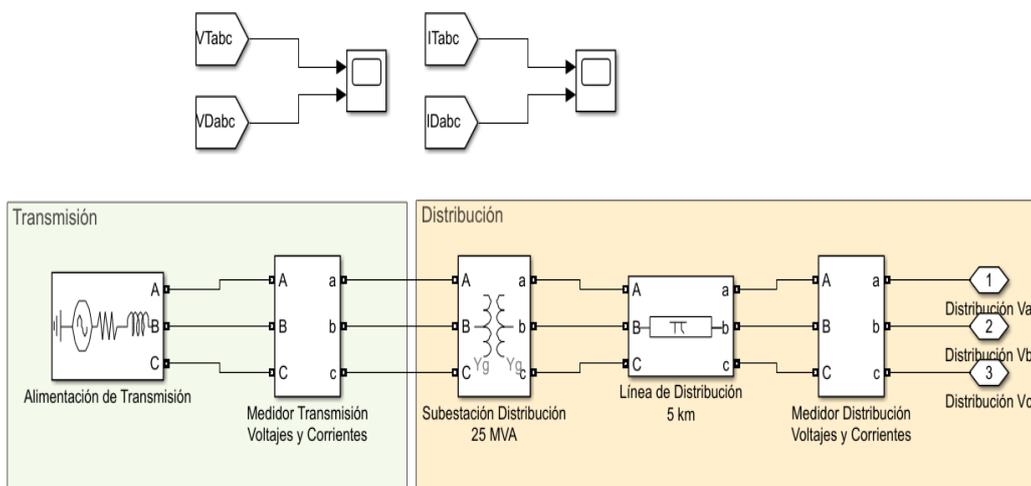


Figura 3.6: Esquema de Transmisión y Distribución de la Red Eléctrica
Fuente: [Erwin Cazar,2022]

3.3. Carga del vehículo eléctrico

Luego se tiene la carga de distribución considerada para un conjunto de 95 casas que consumen 10 kW la cual se modela con una carga RLC con factor de potencia unitario.

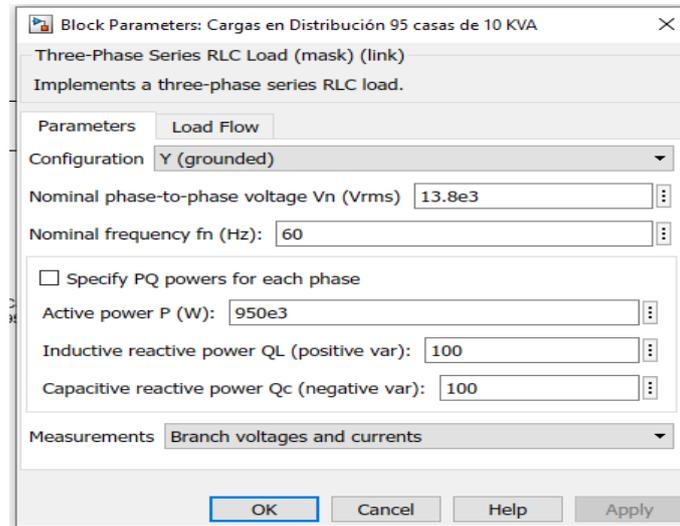


Figura 3.7: Parámetros de cargas de distribución
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

El transformador de poste se lo modela como un transformador lineal de 50 kVA cuyos valores se definieron por default a excepción de los voltajes ya que para el lado de alta se opera a un nivel de 13,8 kV y el lado de baja a 240 V entre líneas.

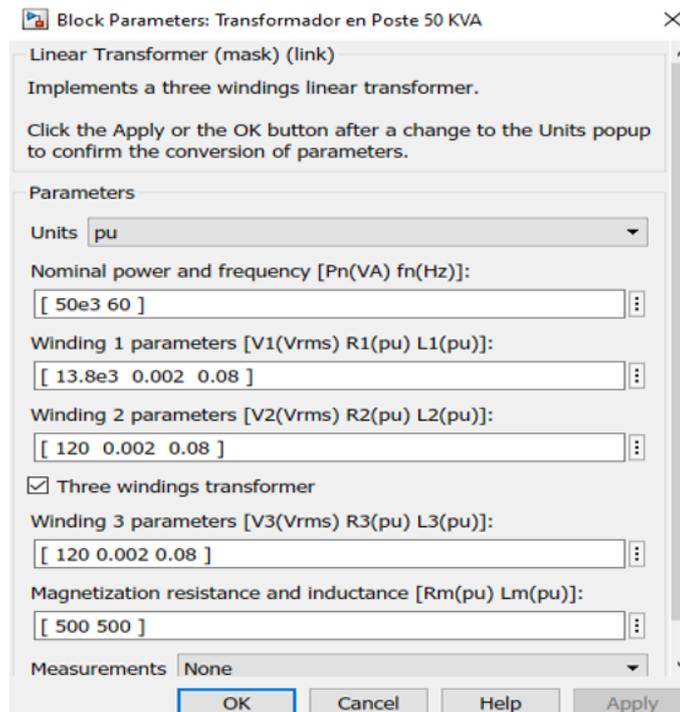


Figura 3.8: Parámetros de Transformador de poste
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

El penúltimo apartado comprende el conjunto de casas conectadas al transformador de poste. Dentro de la casa de interés es alimentada por medio de una acometida, se considera un Cable 24 AWG Anti-Hurto Aluminio, los parámetros de esta son calculados de acuerdo con el datasheet del fabricante. Dentro de la casa de interés tendremos el esquema del cargador, la carga del domicilio se considera RLC con factor de potencia unitario a un voltaje de 240 V y una potencia de 7 kW, divididas de forma asimétrica respecto a cada línea y el neutro, esto es, en una línea de 5,5 kW y en otra 1,5 kW.

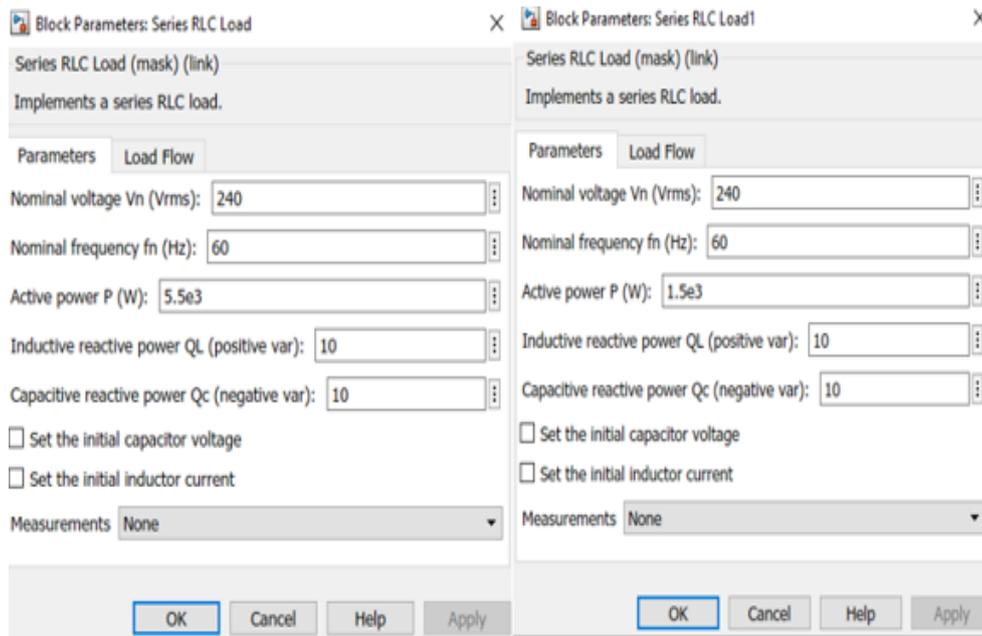


Figura 3.9: Parámetros de Carga de vivienda en estudio

Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

Por último, el apartado del cargador y se divide en 4 partes. La primera parte es el control de encendido, el cual mediante una señal escalón permite el encendido del cargador; cabe recalcar que nuestra simulación se hará en 10 periodos dando lugar a que se alcance el estado estable del sistema. En segundo lugar, se tiene un transformador elevador para que eleve el voltaje a 350 V para así lograr que la carga opere al nivel de tensión apropiado, luego, con una señal PWM de 6 Pulsos se hace operar al convertidor AC/DC y a su vez al inversor (Inversor no puede funcionar sin PWM), para este bloque se coloca la frecuencia fundamental 60 Hz, un tiempo de muestreo de $2e-6$ segundos y una frecuencia máxima de 2500 Hz, a la salida se emplea un filtro para poder suprimir los ruidos generados en el convertidor; este filtro está compuesto por una inductancia de 2 mH seguido de un capacitor de 3 kVAR. Estos valores vienen por default del sistema y se pueden modificar para poder eliminar los armónicos, los valores que hacen esto posible es 5 H para la inductancia y 1,75 kVAR para el capacitor. Por último, se tiene el modelo de carga modelado como netamente resistiva de 7,2 kW a 230 Vrms.

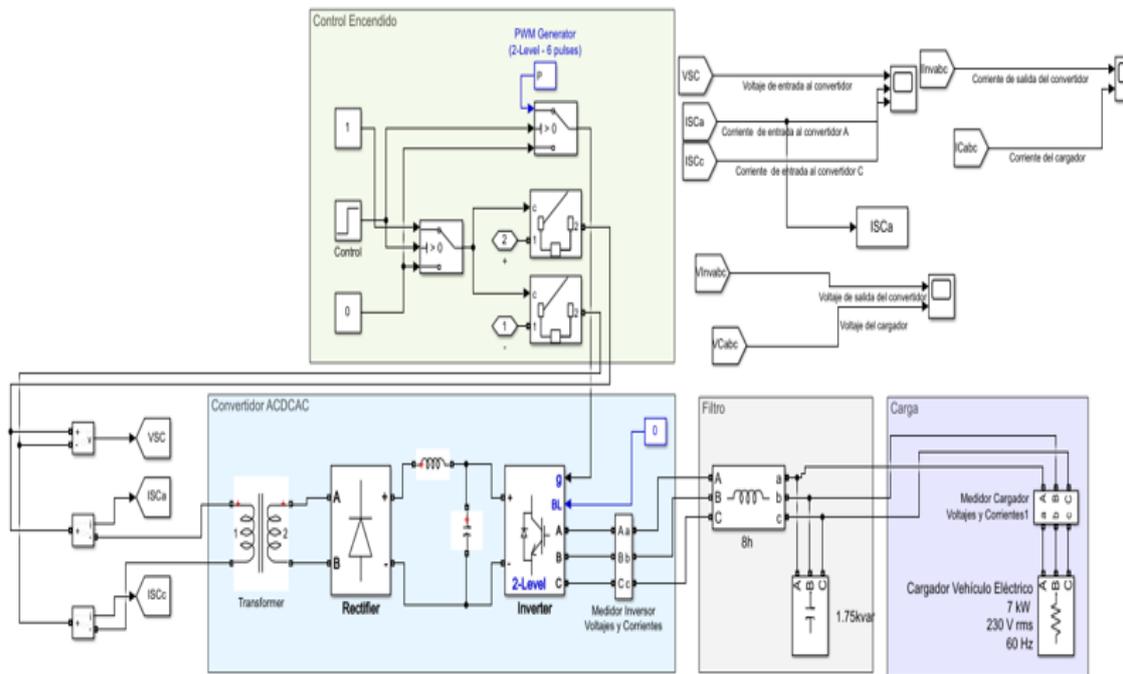


Figura 3.10: Esquema interno del cargador
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

Al analizar la influencia de la conexión del cargador en la red y evaluar si afecta a la calidad de energía del sistema, se obtienen los siguientes resultados:

a. Sin Filtrado

Al implementar el cargador sin el ajuste de filtrado, los parámetros relevantes de la red son:

PARÀMETROS SIN FILTRADO			
Voltaje Pico	302 [V]	Voltaje Rms	213,55[V]
Corriente Pico	95 [A]	Corriente Rms	67[A]
%THD	3,7	%TDD	24,02
Norma IEEE-519-2014	CUMPLE	Norma IEEE-519-2014	NO CUMPLE

Cuadro 3.7: Parámetros de la red sin filtrado
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

Las señales obtenidas en la simulación para la corriente y voltaje nos muestran que a pesar de que el voltaje tiene un porcentaje de THD aceptable, la corriente presenta un TDD que sale de lo estipulado en la norma correspondiente:

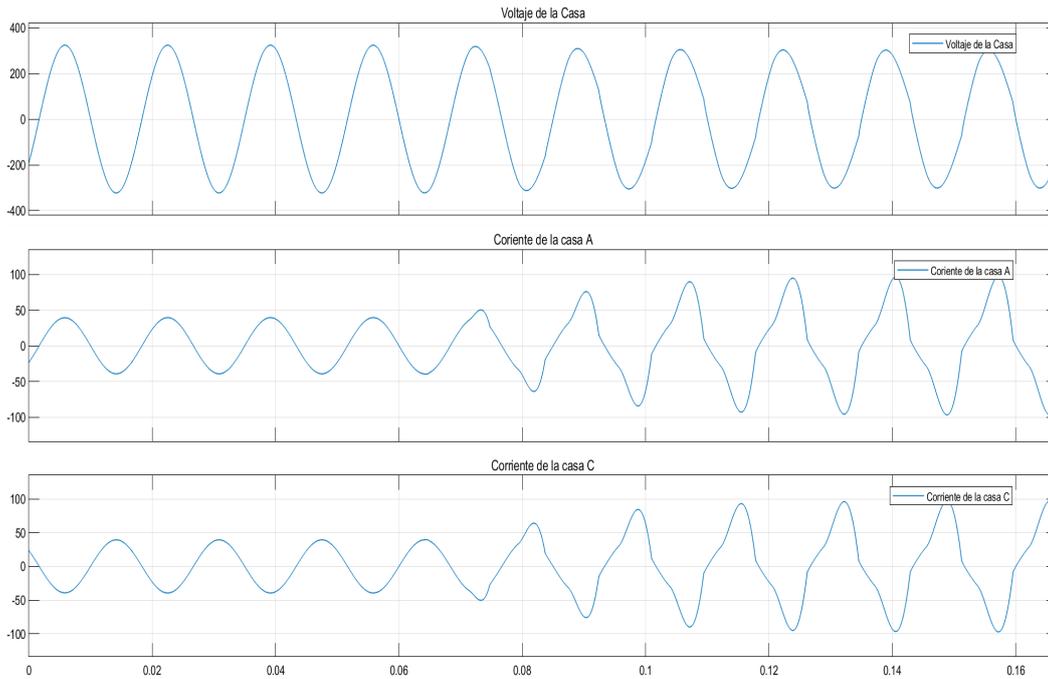


Figura 3.11: Señales de Voltaje y Corriente - Sin filtrado
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

Con respecto a los armónicos se observa en el voltaje que el 3er armónico causa problemas en la red, sin embargo, está dentro del rango permitido por la norma IEEE 519-2014 esta norma indica el porcentaje de THD debe ser menor a 5 %

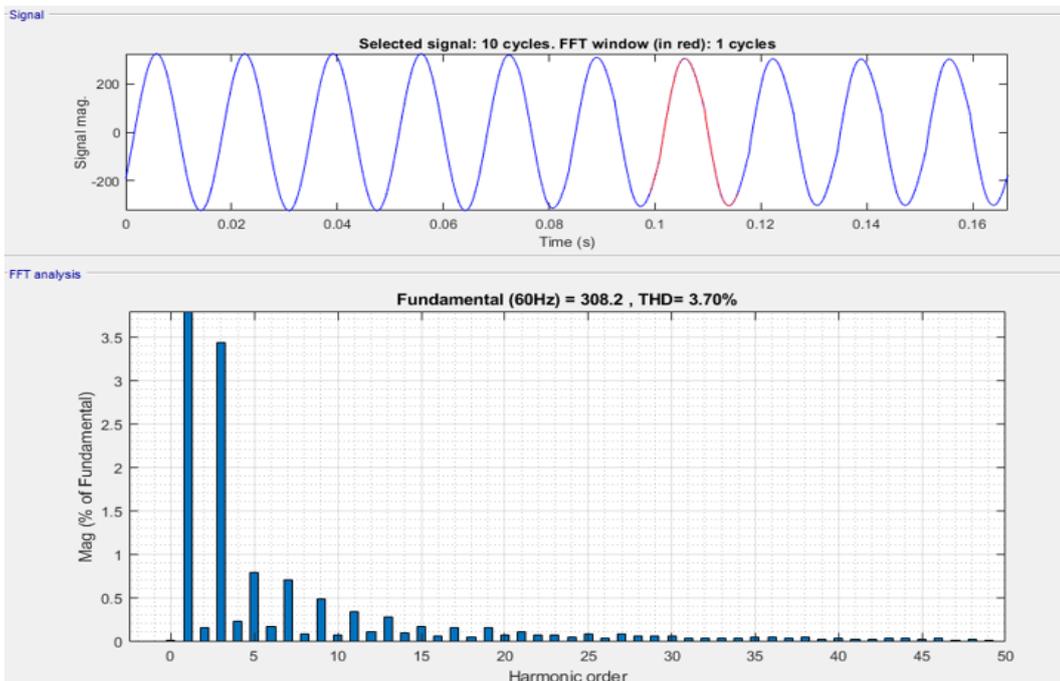


Figura 3.12: Análisis de armónicos de voltaje sin filtrado
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

3.3. Carga del vehículo eléctrico

Para la corriente nuevamente el tercer armónico es el problema y en esta ocasión el TDD es sumamente elevado, la norma indica que el porcentaje más alto de TDD es 20 % por lo que se requiere aplicar un filtrado adicional.

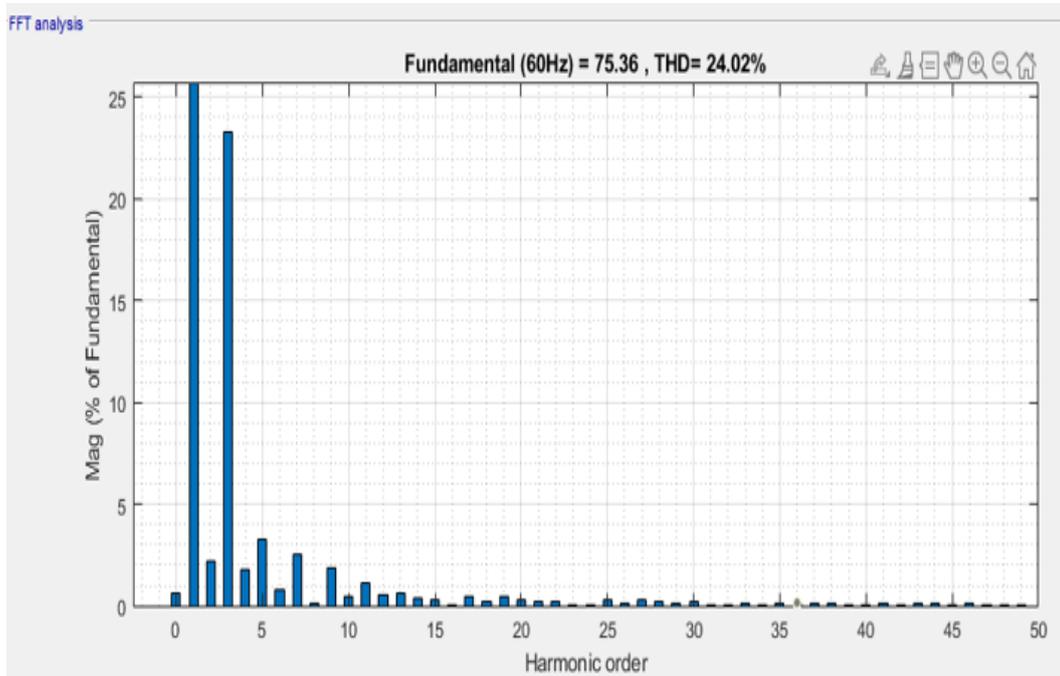


Figura 3.13: Análisis de armónicos de corriente sin filtrado

Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

b. Con Filtrado

Al implementar el cargador con el ajuste de filtrado, los parámetros relevantes de la red son:

PARÁMETROS CON FILTRADO			
Voltaje Pico	323[V]	Voltaje Rms	228,4[V]
Corriente Pico	39 [A]	Corriente Rms	28[A]
%THD	0	%TDD	0
Norma IEEE-519-2014	CUMPLE	Norma IEEE-519-2014	CUMPLE

Cuadro 3.8: Parámetros de la red sin filtrado

Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

A continuación, se presentan las gráficas de las señales sinusoidales donde se evidencia que, con el filtrado, estas han recuperado su forma sinusoidal pura.

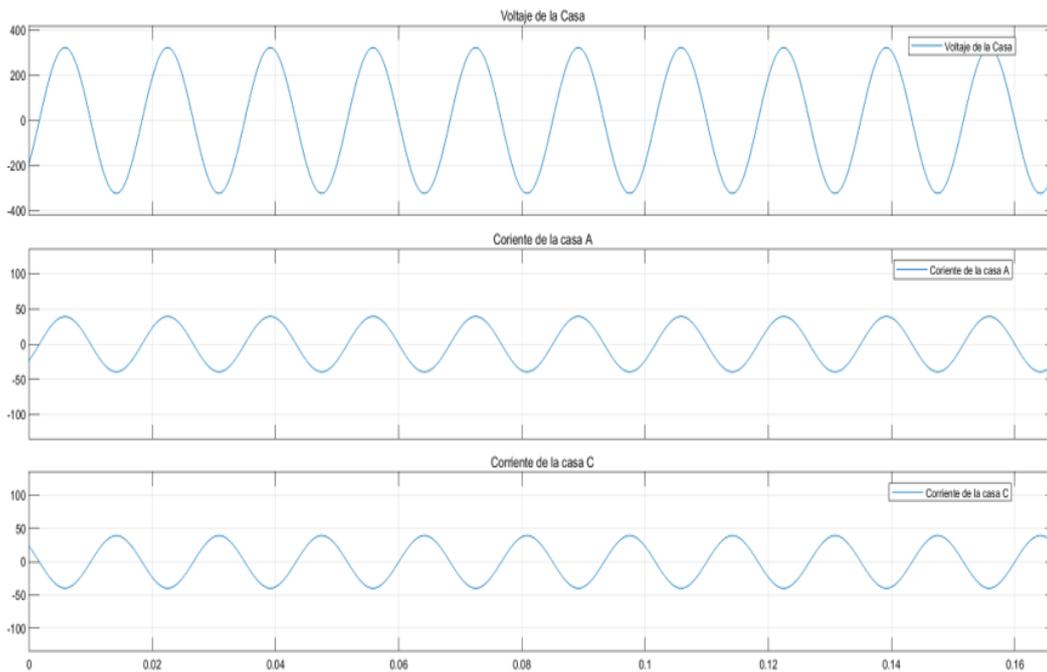


Figura 3.14: Señales de Voltaje y Corriente - Con filtrado
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

De esta manera se han suprimido las distorsiones armónicas causadas por la conexión del cargador, lo cual refleja de manera muy aproximada al comportamiento real del sistema durante la carga del vehículo eléctrico. Por lo que este módulo elaborado puede implementarse en diversos análisis como por ejemplo el estudio de cargabilidad de un transformador de distribución en un determinado sector en donde en un futuro exista una mayor presencia de vehículos eléctricos que se conecten a la red.

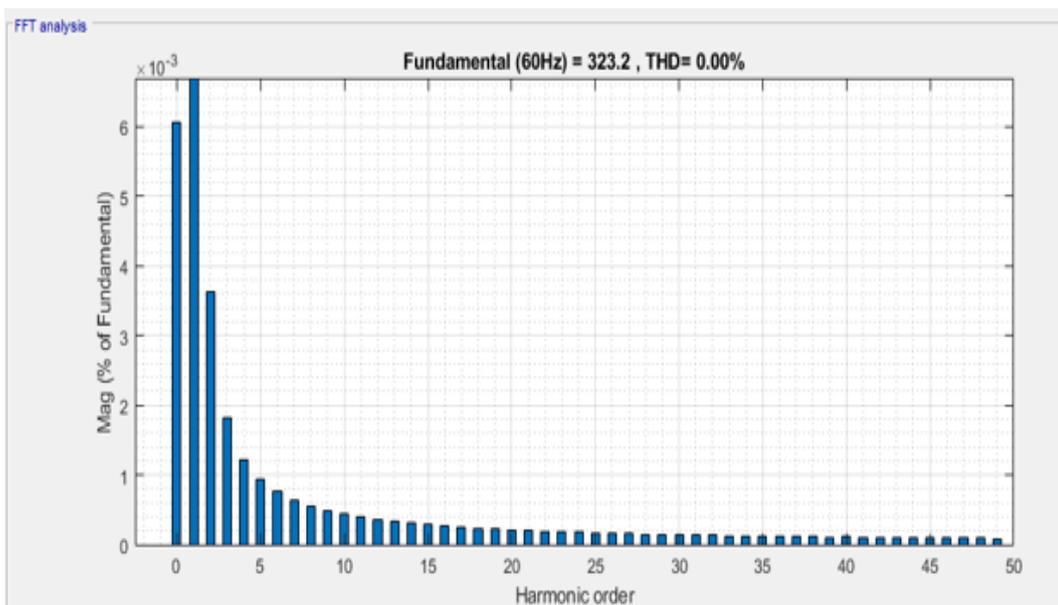


Figura 3.15: Análisis de armónicos de voltaje con ajuste de filtro
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

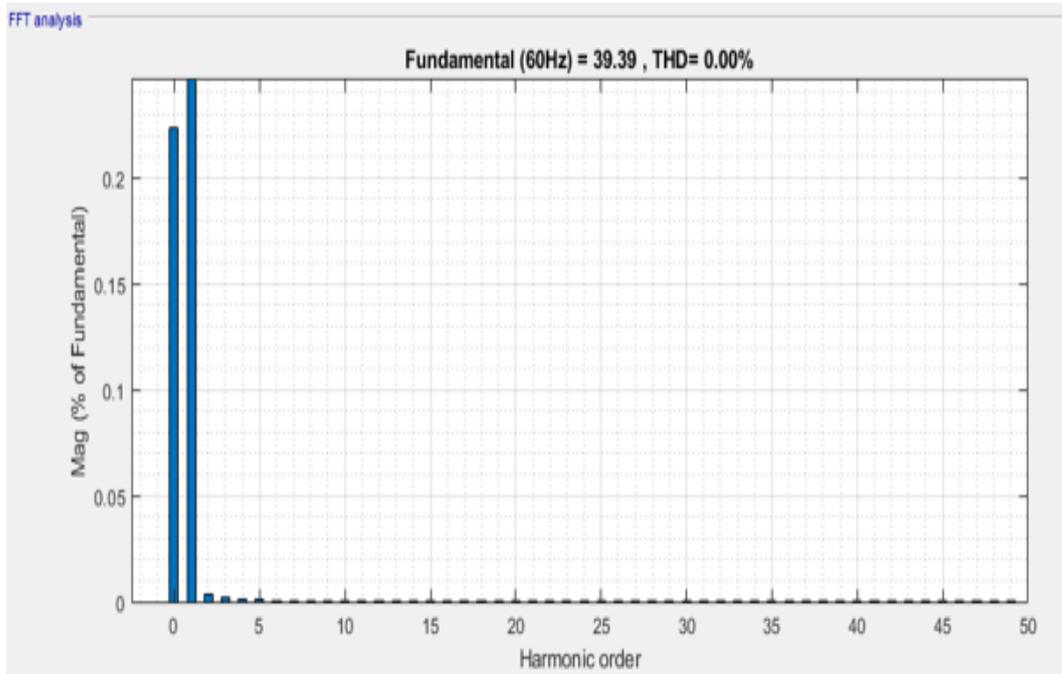


Figura 3.16: Análisis de armónicos de corriente con ajuste de filtro
Fuente: [Erwin Cazar, 2022]

3.4. Costos de operación del vehículo eléctrico

Los costos de operación de un VE se basan en los costos asociados a la facturación del servicio eléctrico del que se sirve el usuario para recargar el vehículo. Estos valores se determinan a partir del pliego tarifario establecido por ARCONEL. La facturación del servicio público de energía eléctrica para un consumidor a bajo voltaje con demanda diferenciada para VE es la sumatoria de los rubros económicos de las componentes de: energía, potencia y comercialización de acuerdo con las características del consumidor regulado, y su expresión es la siguiente:

$$FSPEE = E + P + C$$

Donde:

FSPEE = Facturación del Servicio Público de Energía Eléctrica [\$/mes]

E = Energía consumida (Costos de Energía) [\$/mes]

P = Demanda de Potencia (Costos de Demanda) [\$/mes]

C = Comercialización (Costo de Comercialización) [\$/mes]

En el presente análisis la facturación del consumo de energía eléctrica permite determinar los Costos de Operación Anual del VE (COA_{VE}) :

$$COA_{VE} = 12(FSPEE) \text{ [$/año]}$$

Finalmente, para determinar los costos totales de operación en el intervalo de estudio se ha de multiplicar el costo de operación anual por los “n” años a los que se proyecte el estudio.

3.4.1. Costo de demanda

El costo de la demanda está asociado al rubro por demanda de potencia, el cual corresponde a un valor cobrado por cada kW de demanda mensual facturable como mínimo de pago, independiente del consumo de energía, multiplicado por un factor de gestión de la demanda para VE. La demanda de potencia se determina como se muestra a continuación:

$$P = RDU * DF * FGDVE$$

Donde: P = Demanda de Potencia [\$/mes]

RDU = Rubro de Demanda Unitaria [\$/kW_(mes)]

DF = Demanda Facturable [kW]

FGDVE = Factor de Gestión de la Demanda para Vehículo Eléctrico

La demanda facturable mensual corresponde a la máxima demanda registrada en el mes por el respectivo medidor de demanda, y no podrá ser inferior al 60 % del valor de la máxima demanda de los últimos doce meses incluyendo el mes de facturación, tal como se describe a continuación:

$$DF = \left\{ \begin{array}{l} 60 \% * DM_{max12} \text{ si } DM < 60 \% * DM_{max12} \end{array} \right\}$$

$$DF = \left\{ \begin{array}{l} DM \text{ si } DM \geq 60 \% * DM_{max12} \end{array} \right\}$$

DM = Demanda Máxima Mensual [kW]

DMmax12 = Demanda Máxima de los últimos doce meses [kW]

Para los consumidores de la categoría general en bajo voltaje para vehículos eléctricos, el factor de gestión de la demanda (FGDVE) es:

3.4. Costos de operación del vehículo eléctrico

$FGDVE = \{0,60 ; \quad \text{si DM se registra en los períodos de demanda media o base}\}$

$FGDVE = \{1 ; \quad \text{si DM se registra en los períodos de demanda punta}\}$

Para el presente estudio consideramos que los usuarios evitarán recargar el VE en los períodos de demanda punta, de este modo, el FGDVE será:

$$FGDVE = 0,6$$

Además, al existir una demanda mensual regular para la recarga del VE, entonces se tendrá que:

$$DM \geq 60 \% DM_{max12}$$

Por lo tanto, la demanda facturable será:

$$DF = DM = 7 \text{ kW}$$

Este valor se define en función de la potencia de carga lenta (óptima) para un VE que es de 7 kW estables.

Finalmente, en el Pliego Tarifario el RDU para consumidores en bajo voltaje para VE es:

$$RDU = 4,05$$

Por lo tanto, el rubro correspondiente a la demanda de potencia será:

$$P = 4,05 * 7 * 0,6$$

$$P = 17,01 \text{ [$/mes]}$$

3.4.2. Costo de energía

Los costos de energía están ligados directamente a la cantidad de kWh consumidos durante el mes para recargar el VE. En primer lugar, se debe determinar la cantidad de energía consumida mensualmente por el VE, para esto se debe considerar:

CB = Capacidad de la batería [kWh]

AWLTP = Autonomía en protocolo WLTP [km]

DRM = Distancia recorrida al mes [km/mes]

NCRM = Número de ciclos de recarga mensual [ciclos/mes]

ECMVE = Energía consumida al mes por el VE [kWh/mes]

Así pues, se determina el número de ciclos de recarga mensual:

$$NCRM = \frac{DRM}{A_{WLTP}}$$

Finalmente se determina la energía consumida al mes, considerando la capacidad de almacenamiento energético de la batería:

$$ECMVE = NCRM \times CB$$

Ahora se debe considerar el costo por kWh descrito en el pliego tarifario con demanda horaria diferenciada, teniendo en cuenta el perfil conductual de carga seleccionado:

a. Uso personal y semi-intensivo

$$E = ECMVE (80\%(0,05) + 12\%(0,05) + 8\%(0,08))$$

$$E = 0,0524 \text{ ECMVE } [$/mes]$$

b. Uso intensivo

$$E = ECMVE (80\%(0,05) + 5\%(0,05) + 10\%(0,08) + 5\%(0,08))$$

$$E = 0,0545 \text{ ECMVE } [$/mes]$$

De esta manera, se ha determinado el rubro del costo de la energía, obteniéndose dos resultados asociados a los diferentes perfiles de conducción (uso del VE).

3.4.3. Costo de comercialización

El costo de comercialización es un cargo que debe pagar cada usuario independiente del consumo de energía. Para el caso de los puntos de carga a baja tensión para recargar VE, este rubro está determinado en el pliego tarifario y será:

$$C = 1,414 [$/mes]$$

3.5. Costos de mantenimiento del vehículo eléctrico

En esta sección se presenta la metodología para el cálculo de los costos de mantenimiento del VE, estos contemplarán el valor promedio anual correspondiente a los mantenimientos requeridos según el kilometraje recorrido en este intervalo de tiempo. La frecuencia, los costos de mano de obra y repuestos han sido provistos por las concesionarias que comercializan cada modelo en análisis.

Sumando todos estos rubros indicados se tiene:

$$CCM = \text{Costo del ciclo de mantenimiento [\$]}$$

Este costo corresponde al valor total de mantenimientos requeridos según las planificaciones de la casa comercial para un recorrido de cien mil km, en este se contempla la mano de obra, repuestos e I.V.A. (12 %). Cabe destacar que esta programación de mantenimientos se repite cíclicamente cada vez que se cumpla dicho kilometraje.

A partir de este rubro se puede determinar el costo anual de mantenimiento (CAM) para el vehículo eléctrico dependiendo de la distancia recorrida anualmente, de acuerdo con los perfiles de conducción presentados previamente y que se resumen a continuación:

Perfiles de Conducción	
Régimen	DRA (km/año)
Personal	25.000
Semi-Intensivo	50.000
Intensivo	100.000

Cuadro 3.9: Resumen de perfiles de conducción

De esta forma, el costo anual de mantenimiento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CAM = \frac{CCM \times DRA}{1000}$$

Finalmente, para determinar los costos totales en el intervalo de estudio se ha de multiplicar el costo anual de mantenimiento por los “n” años a los que se proyecte el estudio.

3.6. Costos de operación del vehículo con motor de combustión interna

Los costos de operación del VMCI están relacionados con el costo para abastecer el vehículo de combustible de manera que se pueda recorrer la distancia mensual estimada.

3.6.1. Precio de combustibles

A continuación, se presentarán los precios del combustible en Ecuador, a diciembre de 2021:

Combustible	Precio (\$/gal)
Diesel	1,90
Eco-País (Extra)	2,55
Super	3,52

Cuadro 3.10: Precio de combustibles en Ecuador

3.6.2. Costo de operación con combustible súper

El costo de operación se determinará por medio de la siguiente expresión:

$$COA_{super} = \frac{DRA \times PC_{super}}{R}$$

Donde:

COAsuper = Costo de operación anual de VMCI con Combustible Súper [\$/año]

R = Rendimiento del vehículo [km/gal]

DRA = Distancia Recorrida al Año [km/año]

PCsuper= Precio del Combustible Súper [\$/gal]

3.6.3. Costo de operación con combustible eco-país

El costo de operación se determinará por medio de la siguiente expresión:

$$COA_{eco} = \frac{DRA \times PC_{eco}}{R}$$

Donde:

COAeco = Costo de operación anual de VMCI con Combustible eco [\$/año]

R = Rendimiento del vehículo [km/gal]

DRA = Distancia Recorrida al Año [km/año]

PCeco= Precio del Combustible Eco [\$/gal]

3.6.4. Costo de operación con combustible diésel

El costo de operación se determinará por medio de la siguiente expresión:

$$COA_{diesel} = \frac{DRA \times PC_{diesel}}{R}$$

Donde:

COAdiesel = Costo de operación anual de VMCI con Combustible diésel [\$/año]

R = Rendimiento del vehículo [km/gal]

DRA = Distancia Recorrida al Año [km/año]

PCdiesel= Precio del Combustible diésel [\$/gal]

3.7. Costos de mantenimiento del vehículo con motor de combustión interna

En esta sección se presenta la metodología para el cálculo de los costos de mantenimiento del VMCI, estos contemplarán el valor promedio anual correspondiente a los mantenimientos requeridos según el kilometraje recorrido en este intervalo de tiempo. La frecuencia, los costos de mano de obra y repuestos han sido provistos por las concesionarias que comercializan cada modelo en análisis.

Sumando todos estos rubros indicados se tiene:

$$CCM = \text{Costo del ciclo de mantenimiento [\$]}$$

Este costo corresponde al valor total de mantenimientos requeridos según las planificaciones de la casa comercial para un recorrido de cien mil km, en este se contempla la mano de obra, repuestos e I.V.A. (12 %). Cabe destacar que esta programación de mantenimientos se repite cíclicamente cada vez que se cumpla dicho kilometraje.

A partir de este rubro se puede determinar el costo anual de mantenimiento (CAM) para el vehículo eléctrico dependiendo de la distancia recorrida anualmente, de acuerdo con los perfiles de conducción presentados previamente y que se resumen a continuación:

Perfiles de Conducción	
Régimen	DRA (km/año)
Personal	25.000
Semi-Intensivo	50.000
Intensivo	100.000

Cuadro 3.11: Resumen de perfiles de conducción

De esta forma, el costo anual de mantenimiento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CAM = \frac{CCM \times DRA}{1000}$$

Finalmente, para determinar los costos totales en el intervalo de estudio se ha de multiplicar el costo anual de mantenimiento por los “n” años a los que se proyecte el estudio.

3.8. **Financiamiento del vehículo**

En este apartado se analiza el impacto del precio inicial del vehículo en los intereses generados por el financiamiento de este; para los cálculos se tomará como punto de partida el porcentaje promedio que solicitan las casas comerciales como entrada para el financiamiento, el cual es de aproximadamente 20 %, es decir, que el monto a financiar considerado en este estudio será del 80 % del precio del vehículo.

Además, se considerará un porcentaje de interés anual de 16 % que es un valor referencial al promedio establecido por las entidades bancarias dentro de los límites del máximo porcentaje de interés (17.30 %) que permite el Banco Central del Ecuador.

El plazo del financiamiento del vehículo se asumirá de 5 años, lo cual es la mitad del tiempo de estudio del presente proyecto. Durante estos 5 años se deberá tener en cuenta los pagos correspondientes al seguro obligatorio del vehículo y póliza de deducibles, estos rubros se calculan sobre el valor asegurado (valor del vehículo) el cual se deprecia anualmente en un 10 %. A continuación, se presenta el resumen de los valores referenciales que se usarán en este estudio:

Rubros Relevantes del Financiamiento	
Interés Anual del Crédito	16%
Entrada	20% (VIV)
Plazo del Financiamiento	60 meses
Monto Financiado	80% (VIV)
Depreciación anual del Vehículo	10%
Seguro Vehicular	4,90% (VAi)
Póliza de Deducibles	0,7% (VAi)

Cuadro 3.12: Parámetros del financiamiento vehicular

En base a esta información se puede realizar el cálculo correspondiente al valor real que se termina pagando por el vehículo:

- Se determina en primer lugar el monto financiado y el interés mensual, de la siguiente manera:

$$MF = 0,8VIV \quad I_m = \frac{i_a}{12}$$

Donde:

VIV = Valor inicial del vehículo [\$]

ME= Monto de Entrada [\$]

MF = Monto financiado [\$]

Im = Interés mensual

Ia = Interés anual

- Posteriormente se determina el valor de las cuotas mensuales correspondientes al financiamiento en el plazo estipulado, de la siguiente manera:

$$M = \frac{MF \times i_m}{1 - (1 + i_m)^{-t}}$$

Donde:

M = Mensualidades [\$mes]

t = Plazo del financiamiento [meses]

- Se procede a determinar el monto correspondiente al seguro vehicular (SV) durante los años del financiamiento:

$$\sum_{i=1}^5 0,049xVA_i$$

Donde, VA_i corresponde al valor asegurado durante el año “i” del financiamiento se puede expresar el mismo en términos del VIV y de la depreciación anual que sufre el vehículo de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^5 0,049xVIVx0,9^{i-1}$$

- También se determinan los costos de póliza de deducibles (PD), de forma similar a lo realizado con el rubro del seguro, tal como se muestra:

$$\sum_{i=1}^5 0,007xVIVx0,9^{i-1}$$

- Finalmente se resume el precio real de adquisición del vehículo considerando los rubros de mensualidad durante los 60 meses de plazo del financiamiento, más los valores asociados al aseguramiento obligatorio del vehículo durante este período:

$$P_{real} = 60M + SV + PD + ME$$

Cabe indicar que para el análisis de autos empleados en transporte público (taxis) en régimen de uso intensivo se considerará que al final de los primeros 5 años y por motivos de confiabilidad del servicio, el vehículo será renovado por otro de iguales características, entregando el primero como parte de pago, para esto se considerará una depreciación de 15% anual del vehículo, y el financiamiento del segundo vehículo se extenderá del año 6 al año 10 del estudio.

3.9. Parámetros de evaluación de la inversión

El período de estudio que se considerará para la proyección de costos será de 10 años, sin embargo, se aplicarán dos criterios distintos para evaluar la inversión dependiendo del caso de estudio analizado. A continuación, se describen estos criterios:

3.9.1. Criterio para vehículos de uso particular

Teniendo en cuenta que la compra de un vehículo para uso particular no tiene como objetivo generar un retorno de inversión sino más bien producir bienestar y facilitar el transporte, el criterio de comparación será simple: se evaluará el costo total generado en el período de estudio de 10 años para todas las alternativas, además, se contemplará el avalúo aproximado del vehículo al final del tiempo de estudio con una tasa de depreciación anual de 10 %, estos dos factores serán determinantes para analizar la opción más conveniente.

3.9.2. Criterio para vehículos de transporte público (taxis)

En el caso de los vehículos cuya intención de compra es emplearlos en el servicio de taxi se utilizarán indicadores de rentabilidad, para ello se detallará el flujo mensual de caja durante los 120 meses del estudio (10 años), en este flujo de caja se tendrá en cuenta la cuota de entrada en el período “cero”, los flujos mensuales correspondientes a egresos (cuotas del financiamiento, costos de operación y mantenimiento, costos administrativos y legales) y los flujos mensuales correspondientes a ingresos (valor aproximado recaudado al mes en función de las carreras realizadas). Cabe destacar que este análisis toma en cuenta que el dueño del vehículo contrata a un tercero como conductor, por esta razón se destina un rubro mensual al pago de su salario.

Una vez que se obtiene el flujo de caja neto por mes se procede a determinar el Valor Actual Neto (VAN) que permitirá determinar si estos flujos traídos al presente corresponden a una inversión que produce ganancias o pérdidas. Se debe tener en cuenta que un flujo de caja (VF – Valor Futuro) en el período “n” se puede traer al presente y ser representado por un flujo de caja (VP – Valor Presente) mediante el siguiente cálculo:

$$Vp = \frac{Vf}{(1+i)^n}$$

Donde “i” representa el interés efectivo periódico del análisis. De esta manera el VAN se determinará trayendo todos los flujos al período “cero”:

$$VAN = \sum_{n=0}^{120} \frac{Vf(n)}{(1+i)^n}$$

Al determinar el VAN, se podrá realizar una primera conclusión:

Análisis del VAN		
Resultado	Interpretación	Decisión
VAN > 0	Ganancia	Aceptable
VAN < 0	Pérdida	No Aceptable
VAN = 0	Ninguna	No Aceptable

Cuadro 3.13: Criterios del Valor Actual Neto

En caso de que varias alternativas tengan un VAN mayor a cero entonces se decidirá por aquella que represente las mayores ganancias posibles.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) también se determinará como un indicador complementario al VAN, esta corresponde al valor máximo de interés que podría tener la inversión sin representar pérdidas, es decir, corresponde a la tasa de interés que produciría un VAN igual a cero para los flujos analizados. Esto nos permite analizar el margen de confiabilidad de la inversión, pues una TIR muy cercana al interés de la inversión podría representar que ante egresos no previstos en el futuro el VAN podría llegar a tomar valores negativos (pérdidas), mientras que una TIR muy superior al interés de la inversión contempla la posibilidad de gastos no previstos que no producirían un cambio de escenario en la tendencia del VAN. El cálculo de la TIR se realiza de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{n=0}^{120} \frac{V_f(n)}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Finalmente se compararán los resultados de las diferentes alternativas y se analizará cuál es la opción más rentable.

Capítulo 4

CASOS DE ESTUDIO: EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

En el presente capítulo se aplicará la metodología planteada en la sección anterior para la evaluación técnico-económica del uso del vehículo eléctrico frente a un vehículo equivalente de combustión interna. Para cada caso de estudio se tendrán en cuenta diferentes consideraciones específicas de las planteadas en capítulo anterior.

4.1. Caso 1: Comparativa de autos – uso particular

Para el caso de autos se ha escogido comparar los siguientes modelos:

Identificación	Tipo	Combustible	Marca/Modelo
Vehículo A	Eléctrico	N/A	BYD – E3
Vehículo B	Combustión Interna	Gasolina	Chevrolet – Onix Turbo Sedan Premier

Cuadro 4.1: Vehículos a comparar – Caso 1

En este primer caso de estudio se contemplarán los escenarios en los que los vehículos son sometidos a un régimen de uso personal (veinticinco mil km/año) y semi-intensivo (cincuenta mil km/año); sin embargo, este uso es de carácter particular y no se empleará el vehículo para servicios de transporte público (taxi).

4.1.1. Características de vehículos a comparar

Las características que justifican la comparación de estos modelos son:

	Vehículo A	Vehículo B
Tipo	Sedán	Sedán
Potencia (HP)	94	114
Peso (kg)	1705	1538
Precio Inicial (\$)	29990	22490

Cuadro 4.2: Características de vehículos – Caso 1

Se puede observar que el BYD E3-400 tiene un precio inicial de \$7.500 por encima del Chevrolet Onix Turbo Premier, por lo que será importante analizar si considerando todos los costos, el vehículo eléctrico puede revertir esta diferencia.

4.1.2. Costos de financiamiento

En la tabla a continuación se presenta el contraste entre los escenarios de financiamiento de los modelos a compararse:

BYD - E3		CHEVROLET - ONIX TURBO PREMIER	
Precio nominal (VIV):	\$ 29.990,00	Precio nominal (VIV):	\$ 22.490,00
Porcentaje de Entrada:	20%	Porcentaje de Entrada:	20%
Entrada:	\$ 5.998,00	Entrada:	\$ 4.498,00
Monto del crédito:	\$ 23.992,00	Monto del crédito:	\$ 17.992,00
Tasa de interés (anual):	16%	Tasa de interés (anual):	16%
Número de pagos (mensuales):	60	Número de pagos (mensuales):	60
Pago (mensual):	\$ 698,06	Pago (mensual):	\$ 523,49
% Seguro Vehicular:	4,9%	% Seguro Vehicular:	4,9%
% Poliza de Deducibles:	0,7%	% Poliza de Deducibles:	0,7%
Depreciación Anual:	10%	Depreciación Anual:	10%
PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 47.881,80	PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 35.907,36

Cuadro 4.3: Parámetros del financiamiento – Caso 1

Se puede evidenciar que, ya que el monto a financiar en el vehículo eléctrico es mayor, los intereses hacen que la diferencia entre los precios finales pagados por los vehículos sea de aproximadamente \$12.000 en contra del vehículo eléctrico, esto también se lo puede evidenciar en la cuota mensual a pagar en la que el VE supera por aproximadamente \$175 al VMCI. En la sección de Anexos se adjuntan las tablas de amortización correspondientes.



Figura 4.1: Costos de adquisición – Caso 1

En el gráfico de barras mostrado se ilustra cómo crece la diferencia de precios de los vehículos con financiamiento en relación a la que existía entre sus precios

nominales (sin el interés generado por el financiamiento), las secciones de color naranja representan el interés pagado y las azules el precio nominal.

4.1.3. Costos anuales de operación

Los costos de operación en los que incurre un vehículo eléctrico consisten en los valores facturados por el consumo de electricidad destinada a la carga de este, a continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del BYD-E3:

COSTOS DE OPERACIÓN BYD - E3			
Autonomía WLTP (km)	325		
	PERSONAL		SEMI-INTENSIVO
DRM (km/mes)	2083		4167
NCRM (ciclos/mes)	6,41		12,82
ECMVE (kWh/mes)	303,16		606,46
Costo de Energía al Mes "E" (\$/mes)	\$	15,89	\$ 31,78
Demanda de Potencia "P" (\$/mes)	\$	17,01	\$ 17,01
Comercialización "C" (\$/mes)	\$	1,41	\$ 1,41
FSPEE (\$/mes)	\$	34,31	\$ 50,20
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$	411,71	\$ 602,43

Cuadro 4.4: Costos de operación BYD E3 – Caso 1

Por otro lado, los costos equivalentes en el vehículo de combustión interna están asociados con el costo del combustible empleado para circular. A continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del Chevrolet – Onix Turbo Premier:

COSTOS DE OPERACIÓN CHEVROLET ONIX TURBO PREMIER					
Precio Combustible Eco-Pais (\$/gal)	\$	2,55	Precio Combustible Super (\$/gal)	\$	3,52
	PERSONAL		SEMI-INTENSIVO		
Distancia Recorrida al Mes (km)	2083		4167		
Distancia Recorrida al Año (km)	25000		50000		
	Eco-Pais		Súper		
	Eco-Pais	Súper	Eco-Pais	Súper	
Costos de Operación Mensual (\$/mes)	\$	90,03	\$	124,27	\$ 248,61
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$	1.080,34	\$	1.491,29	\$ 2.983,29

Cuadro 4.5: Costos de operación Chevrolet Onix Turbo – Caso 1

Los costos de operación generados por el VMCI, con combustible Eco y Súper respectivamente, son 2,62 y 3,62 veces mayores que los generados por el VE en el régimen de uso personal. Mientras que en el régimen de uso semi-intensivo los costos generados por el VMCI, con combustible Eco y Súper respectivamente, superan en un factor de 3,59 y 4,95 a los generados por el VE. Lo cual evidencia que mientras más intensivo sea el régimen de uso el vehículo eléctrico asocia ahorros más significativos en el rubro de costos de operación.

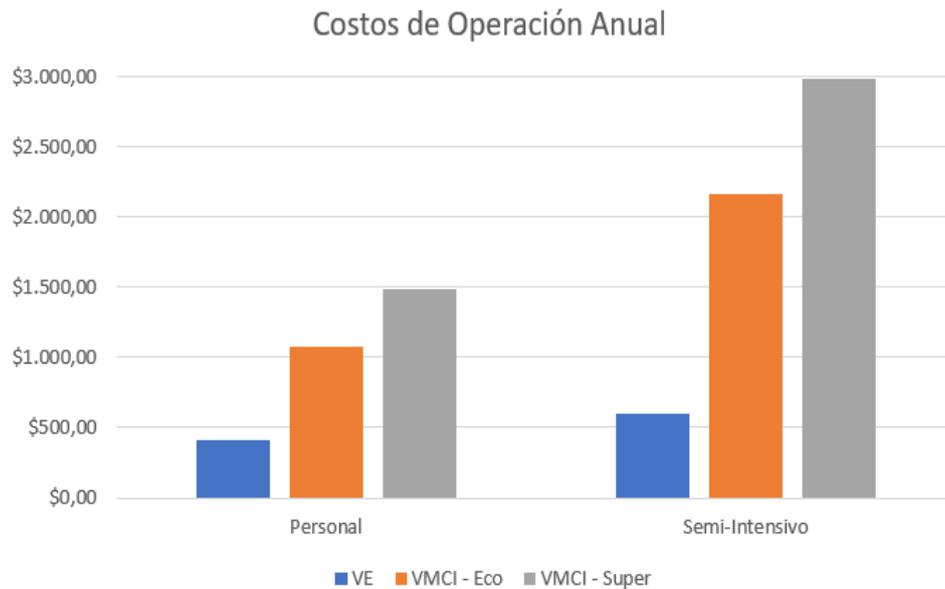


Figura 4.2: Resumen de costos de operación anual – Caso 1

En el gráfico de barras se resumen los resultados de costos de operación anual, donde se puede constatar que la diferencia entre costos de operación de la tecnología eléctrica con la de combustión se acentúa más en el régimen semi-intensivo que en el régimen de uso personal.

4.1.4. Costos anuales de mantenimiento

A continuación, se presenta un resumen de los costos anuales de mantenimientos para cada alternativa y cada régimen de uso:

COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS		
	BYD - E3	CHEVROLET ONIX
Uso Personal (\$/año)	\$ 238,00	\$ 469,55
Uso Semi-Intensivo (\$/año)	\$ 476,00	\$ 939,09

Cuadro 4.6: Costo de mantenimientos – Caso 1

En base a los cálculos realizados sobre los costos de mantenimiento se puede observar que el VMCI genera costos que superan a los del VE en un factor de 1,97. El siguiente gráfico ilustra el resumen de costos de mantenimiento:

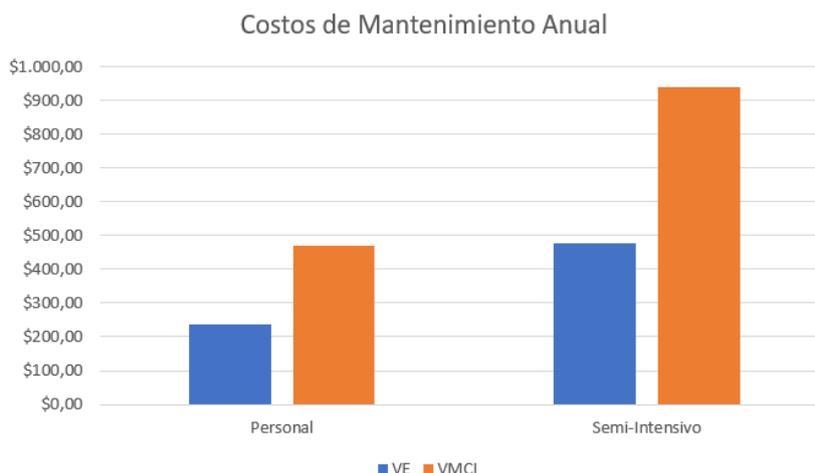


Figura 4.3: Resumen de costo de mantenimiento anual – Caso 1

Cabe señalar que estos valores están referenciados a los mantenimientos recomendados por las casas comerciales, y que pueden existir variaciones para cada caso en función de estilo de manejo, condiciones de uso, colisiones, etc., los cuales no se han contemplado en este estudio. Además, no se ha penalizado el rubro de mantenimientos con gasolina Eco debido a que actualmente los vehículos de combustión son diseñados para funcionar apropiadamente con el octanaje correspondiente a este tipo de combustible.

4.1.5. Proyección de costos en el tiempo

A partir de los costos anuales presentados en los apartados anteriores, se han proyectado los costos durante el tiempo de estudio de 10 años, obteniéndose los siguientes resultados:

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - BYD E3		
	Personal	Semi - Intensivo
Precio con Financiamiento	\$ 47.881,80	\$ 47.881,80
Costos Operativos	\$ 4.117,13	\$ 6.024,29
Costos de Mantenimiento	\$ 2.380,00	\$ 4.760,00
COSTO TOTAL	\$ 54.378,93	\$ 58.666,10

Cuadro 4.7: Proyección de costos BYD E3 – Caso 1

Se puede observar que la diferencia entre los costos del régimen de uso personal y semi-intensivo en el VE no es substancial, esto se debe a que los costos operativos son relativamente bajos en comparación a los de un VMCI, y el rubro más importante (entre el 82 % y 88 %) corresponde al precio que se termina pagando con el financiamiento.

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - CHEVROLET ONIX TURBO PREMIER				
	Personal		Semi - Intensivo	
	Eco-Pais	Súper	Eco-Pais	Súper
Precio con Financiamiento	\$ 35.907,36	\$ 35.907,36	\$ 35.907,36	\$ 35.907,36
Costos Operativos	\$ 10.803,36	\$ 14.912,87	\$ 21.611,90	\$ 29.832,89
Costos de Mantenimiento	\$ 4.695,46	\$ 4.695,46	\$ 9.390,92	\$ 9.390,92
COSTO TOTAL	\$ 51.406,18	\$ 55.515,69	\$ 66.910,18	\$ 75.131,18

Cuadro 4.8: Proyección de costos Chevrolet Onix – Caso 1

Para el VMCI el precio final que se paga con financiamiento es solo de alrededor del 75 % del correspondiente al VE, sin embargo, constituye entre el 65 % y 70 % del costo total en régimen de uso personal y entre el 48 % y 54 % del costo total en régimen de uso semi-intensivo.

4.1.6. Resumen y análisis de resultados – Caso 1

Para un análisis detallado de los resultados obtenidos en la comparación de vehículos en el presente caso, se ha elaborado una tabla de flujo de pagos anuales y de flujo acumulado, durante los 10 años de estudio, las mismas que se presentan a continuación:

FLUJO DE PAGOS ANUALES PROMEDIO - CASO 1: AUTOS						
		AÑO				
		0	1	5	6	10
PERSONAL	BYD - E3	\$ 5.998,00	\$ 9.026,47	\$ 9.026,47	\$ 649,71	\$ 649,71
	ONIX (Eco)	\$ 4.498,00	\$ 7.831,75	\$ 7.831,75	\$ 1.549,88	\$ 1.549,88
	ONIX (Super)	\$ 4.498,00	\$ 8.242,71	\$ 8.242,71	\$ 1.960,83	\$ 1.960,83
SEMI - INTENSIVO	BYD - E3	\$ 5.998,00	\$ 9.455,19	\$ 9.455,19	\$ 1.078,43	\$ 1.078,43
	ONIX (Eco)	\$ 4.498,00	\$ 9.382,15	\$ 9.382,15	\$ 3.100,28	\$ 3.100,28
	ONIX (Super)	\$ 4.498,00	\$ 10.204,25	\$ 10.204,25	\$ 3.922,38	\$ 3.922,38

Cuadro 4.9: Flujo de pagos anuales – Caso 1

Un aspecto sumamente importante que se destaca es que los valores pagados durante los 5 primeros años son significativamente mayores debido a que durante este tiempo se realiza el pago del financiamiento de los vehículos, el cual concluye en el año 5.

4.1. Caso 1: Comparativa de autos – uso particular

Durante estos primeros años la carga financiera es mayor para el VE en el régimen de uso personal y para el VMCI usando combustible súper en el régimen de uso semi-intensivo. A partir del año 6 los valores corresponden únicamente a los costos de operación y mantenimiento, por lo que, como se esperaba, el VE presenta costos muy por debajo del VMCI. La tabla de flujos acumulados mostrada a continuación permitirá evaluar a partir de qué año una de las alternativas se vuelve más económica que otra:

		FLUJO ANUAL DE PAGOS ACUMULADOS - CASO 1: AUTOS					
		AÑO					
		0	1	2	3	4	5
PERSONAL	BYD - E3	\$ 5.998,00	\$ 15.024,47	\$ 24.050,95	\$ 33.077,42	\$ 42.103,89	\$ 51.130,37
	ONIX (Eco)	\$ 4.498,00	\$ 12.329,75	\$ 20.161,51	\$ 27.993,26	\$ 35.825,02	\$ 43.656,77
	ONIX (Super)	\$ 4.498,00	\$ 12.740,71	\$ 20.983,41	\$ 29.226,12	\$ 37.468,82	\$ 45.711,53
SEMI - INTENSIVO	BYD - E3	\$ 5.998,00	\$ 15.453,19	\$ 24.908,38	\$ 34.363,57	\$ 43.818,76	\$ 53.273,95
	ONIX (Eco)	\$ 4.498,00	\$ 13.880,15	\$ 23.262,31	\$ 32.644,46	\$ 42.026,62	\$ 51.408,77
	ONIX (Super)	\$ 4.498,00	\$ 14.702,25	\$ 24.906,51	\$ 35.110,76	\$ 45.315,02	\$ 55.519,27

Cuadro 4.10: Flujo anual de pagos acumulados – Caso 1

		FLUJO ANUAL DE PAGOS ACUMULADOS - CASO 1: AUTOS				
		AÑO				
		6	7	8	9	10
PERSONAL	BYD - E3	\$ 51.780,08	\$ 52.429,79	\$ 53.079,51	\$ 53.729,22	\$ 54.378,93
	ONIX (Eco)	\$ 45.206,65	\$ 46.756,53	\$ 48.306,41	\$ 49.856,30	\$ 51.406,18
	ONIX (Super)	\$ 47.672,36	\$ 49.633,19	\$ 51.594,02	\$ 53.554,86	\$ 55.515,69
SEMI - INTENSIVO	BYD - E3	\$ 54.352,38	\$ 55.430,81	\$ 56.509,24	\$ 57.587,67	\$ 58.666,10
	ONIX (Eco)	\$ 54.509,05	\$ 57.609,33	\$ 60.709,62	\$ 63.809,90	\$ 66.910,18
	ONIX (Super)	\$ 59.441,65	\$ 63.364,03	\$ 67.286,41	\$ 71.208,80	\$ 75.131,18

Cuadro 4.11: Flujo anual de pagos acumulados – Caso 1(B)

A partir de los datos de la tabla de flujos acumulados se han ilustrado los flujos para cada alternativa con la finalidad de lograr una mejor comprensión e interpretación de los resultados. Las gráficas a continuación detallan la tendencia de flujos acumulados asociados a cada régimen de uso.

a. Régimen de Uso Personal

En el régimen de uso personal en el cual solamente se recorren alrededor de veinticinco mil km al año se han obtenido los siguientes resultados del flujo acumulado anual:

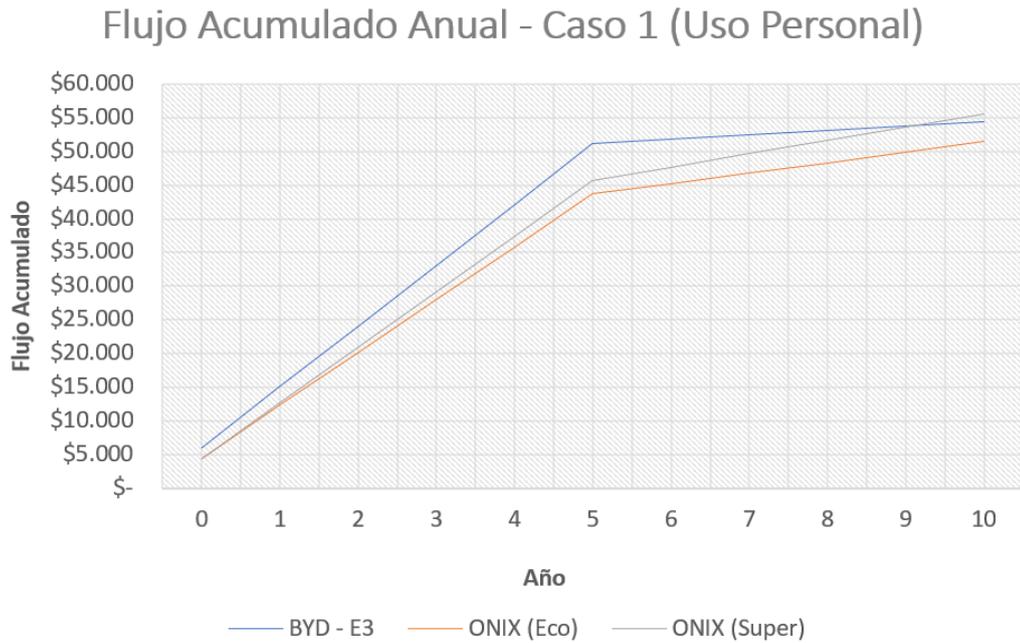


Figura 4.4: Curvas de flujo acumulado anual – Caso 1 (Uso personal)

Tal como se puede observar en la gráfica, la línea correspondiente a cada alternativa consta de dos tramos, el de mayor pendiente corresponde a los primeros años en los que se está financiando el vehículo y el de menor pendiente que corresponde a los años donde solo se cubren costos de operación y mantenimiento.

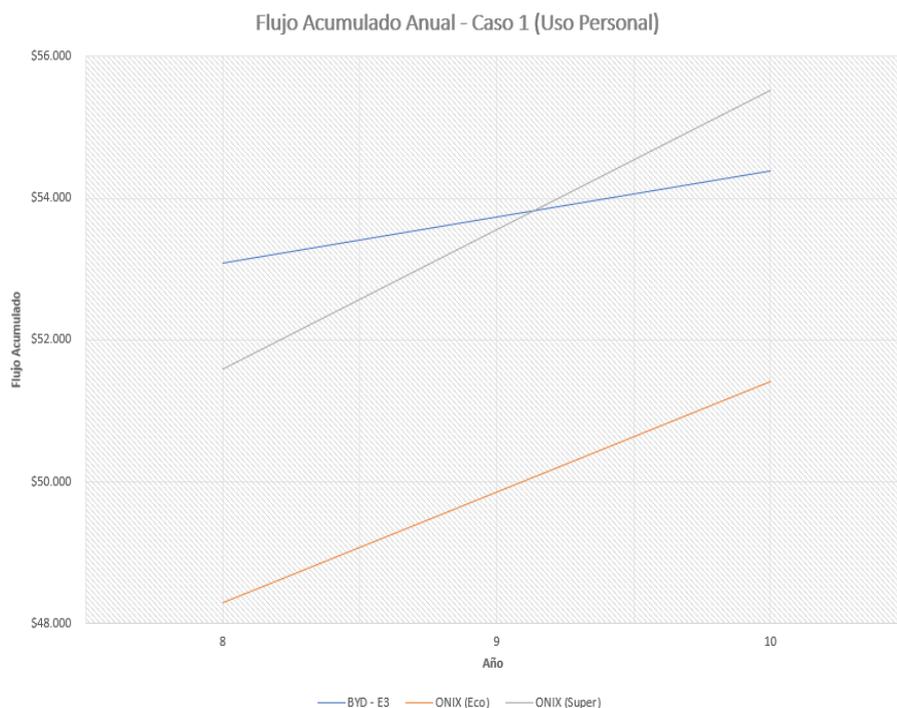


Figura 4.5: Curvas de flujo acumulado – Caso 1 (Uso personal – Vista ampliada)

4.1. Caso 1: Comparativa de autos – uso particular

En la vista ampliada mostrada, se puede evidenciar además, que al final de los 10 años de estudio la alternativa más costosa es la del VMCI usando combustible super, mientras que la más económica es la del VMCI usando combustible eco. Además, se observa que a partir de principios del décimo año de estudio el VE registra un menor flujo acumulado que el VMCI que usa combustible super.

CONTRASTE CASO 1: AUTOS DE USO PARTICULAR			
	PERSONAL		
	BYD - E3	CHEVROLET - ONIX	
	Eléctrico	Eco - País	Súper
Costo Total	\$ 54.378,93	\$ 51.406,18	\$ 55.515,69
Avalúo Final del Vehículo	\$ 11.618,74	\$ 8.713,09	\$ 8.713,09
Emisiones de CO2 (kg)	17000	35750	33248
Equivalente de árboles plantados	85	179	166

Cuadro 4.12: Contraste Caso 1 – Uso Personal

El resumen de resultados mostrados en la tabla anterior se ilustra mediante un gráfico de barras a continuación:

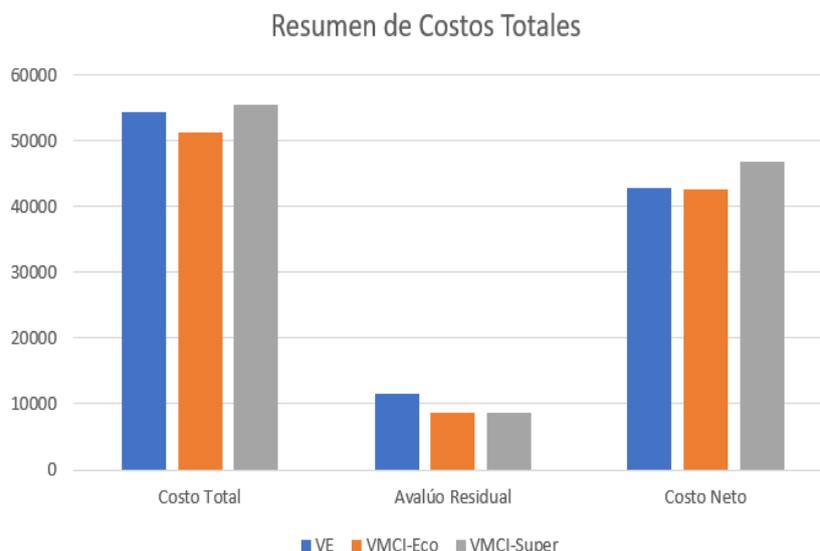


Figura 4.6: Resumen de costos totales – Caso 1 (Uso personal)

Si bien es cierto desde el punto de vista de costos generados, la alternativa del vehículo eléctrico se ve superada por el vehículo de combustión interna usando gasolina Eco, pues esta última resulta ser casi \$3.000 dólares más económica; sin embargo, si se tiene en cuenta el avalúo del vehículo al final del tiempo de estudio considerando su venta como alternativa para la recuperación de parte de la inversión o como parte de pago para la renovación del mismo, se tiene que el vehículo eléctrico presenta un avalúo que supera por alrededor de \$3.000 al de combustión interna, por

lo que en este contexto económico no existirían razones concluyentes para decidir por una de las dos tecnologías. No obstante, es importante tener en cuenta otros aspectos como el impacto ambiental. A continuación, se ilustran los resultados de impacto ambiental de cada una de las alternativas evaluadas:

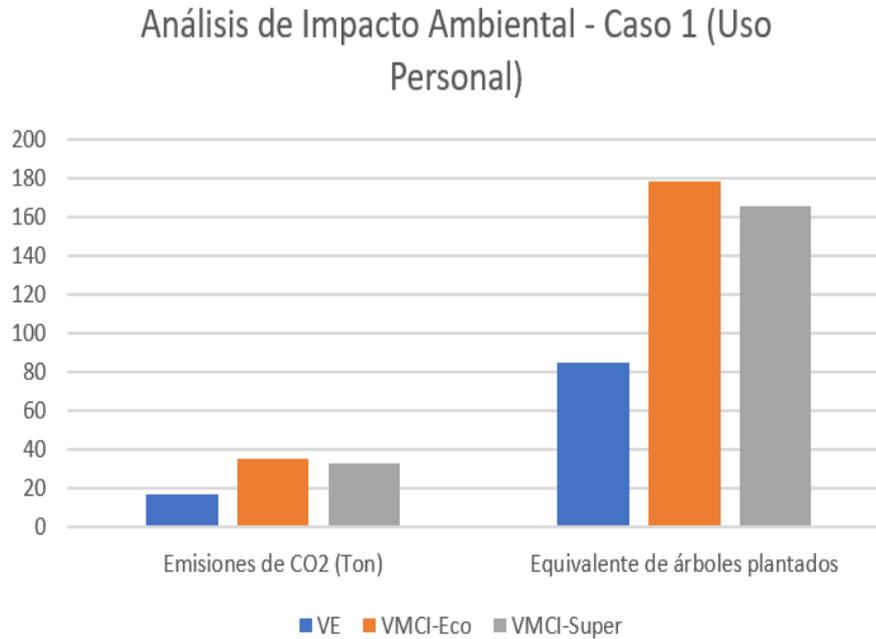


Figura 4.7: Análisis de impacto ambiental – Caso 1 (Uso personal)

Finalmente, se observa que el impacto ambiental producido por el vehículo eléctrico es drásticamente menor que el producido por el de combustión interna, siendo menor en aproximadamente 17 toneladas de CO2 emitido, esto significa que para contrarrestar las emisiones de un vehículo de combustión interna se requieren aproximadamente 85 árboles maduros adicionales que para uno eléctrico. Por tanto, ante la falta de criterios concluyentes en el aspecto económico, el aspecto ambiental inclina la balanza a favor de la alternativa del vehículo eléctrico, ya que teniendo costos iguales al de combustión interna usando gasolina Eco, su impacto ambiental es mucho menor, aportando a la reducción de emisiones que contaminan el medio ambiente.

b. Régimen de Uso Semi-Intensivo

En el régimen de uso semi-intensivo, en el cual se recorren alrededor de cincuenta mil kilómetros al año se han obtenido los siguientes resultados del flujo acumulado anual:

4.1. Caso 1: Comparativa de autos – uso particular

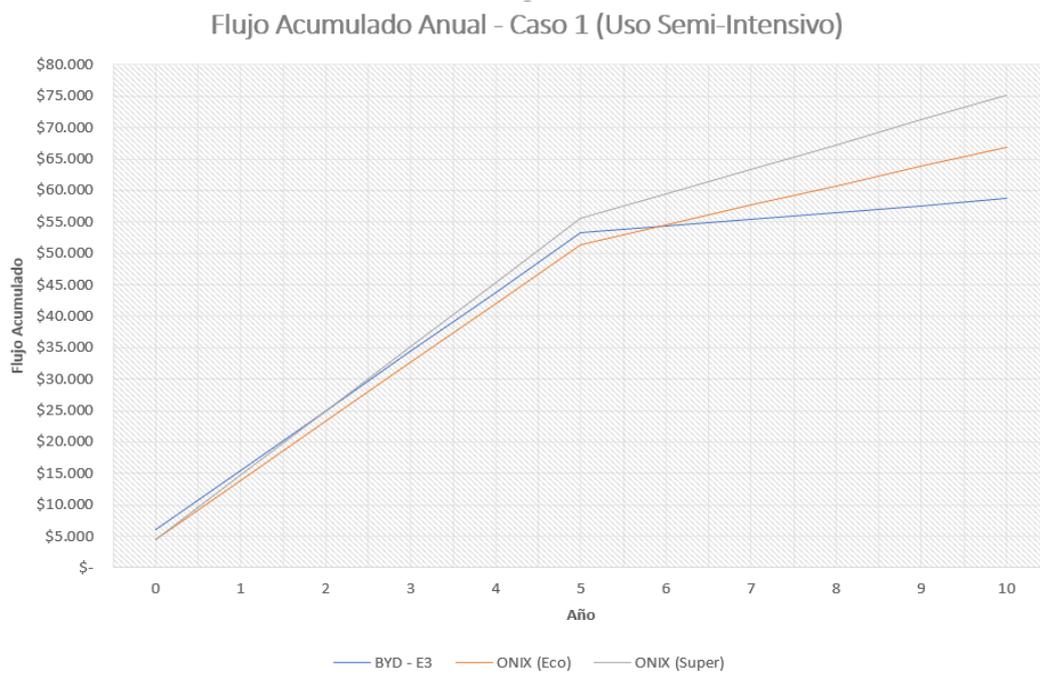


Figura 4.8: Flujo acumulado anual – Caso 1 (Semi-intensivo)

Tal como se puede observar en la gráfica, la línea correspondiente a cada alternativa consta de dos tramos, el de mayor pendiente corresponde a los primeros años en los que se está financiando el vehículo y el de menor pendiente que corresponde a los años donde solo se cubren costos de operación y mantenimiento. Se puede evidenciar, además, que al final de los 10 años de estudio la alternativa más costosa es la del VMCI usando combustible super, mientras que la más económica es la del VE.

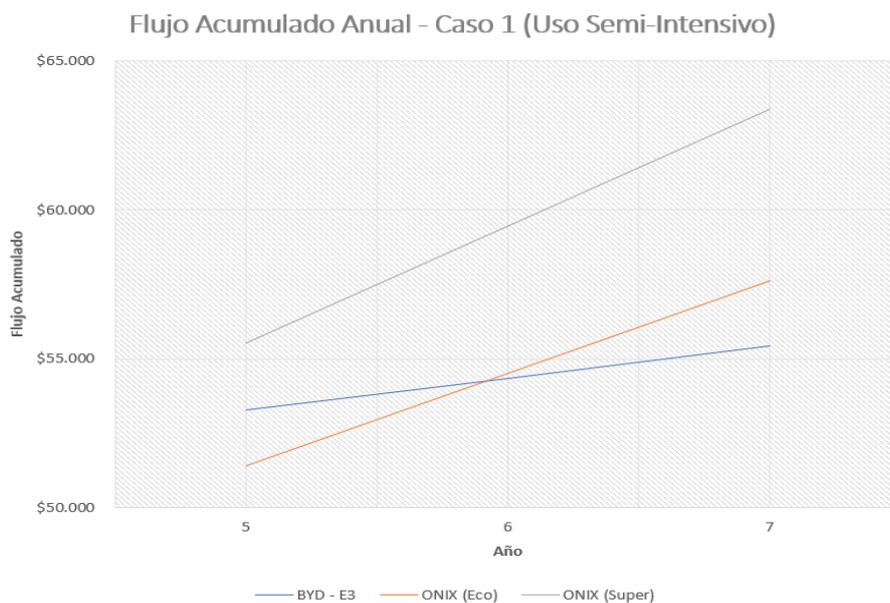


Figura 4.9: Flujo acumulado anual – Caso 1 (Semi-intensivo – Ampliado)

En la vista ampliada mostrada, se puede evidenciar, además, que a finales del sexto año del estudio el vehículo eléctrico se convierte en la alternativa más económica, con una tendencia irreversible. La tabla a continuación presenta el contraste final de las alternativas planteadas:

CONTRASTE CASO 1: AUTOS DE USO PARTICULAR			
	SEMI-INTENSIVO		
	BYD - E3	CHEVROLET - ONIX	
	Eléctrico	Eco - Pais	Súper
Costo Total	\$ 58.666,10	\$ 66.910,18	\$ 75.131,18
Avalúo Final del Vehículo	\$ 11.618,74	\$ 8.713,09	\$ 8.713,09
Emisiones de CO2 (kg)	34000	71500	66495
Equivalente de árboles plantados	170	358	332

Cuadro 4.13: Contraste Caso 1 – Uso Semi-Intensivo

El resumen de resultados mostrados en la tabla anterior se ilustra mediante un gráfico de barras a continuación:

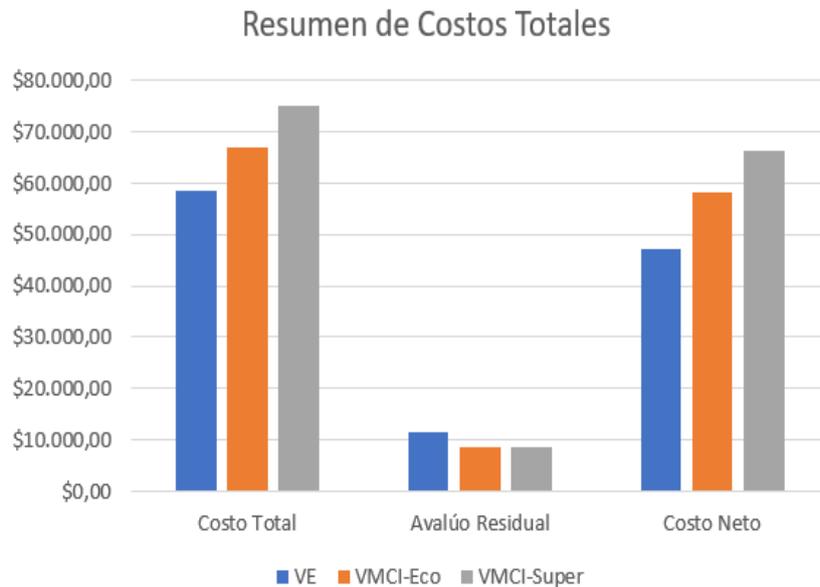


Figura 4.10: Resumen de costos totales – Caso 1 (Uso Semi-Intensivo)

Al final de los 10 años de estudio se puede observar que el vehículo eléctrico constituye la alternativa más económica en cuanto a los costos generados, teniendo en cuenta un régimen de uso semi-intensivo. El ahorro que representa el vehículo eléctrico es de más de \$8.000 usando gasolina Eco y de más de \$16.000 usando gasolina súper. Además, si se tiene en cuenta el avalúo del vehículo al final del tiempo de estudio considerando su venta como alternativa para la recuperación de parte de la inversión o como parte de pago para la renovación de este, se tiene que el vehículo eléctrico presenta un avalúo que supera por alrededor de \$3.000 al de

combustión interna, por lo que económicamente se justifica por demás considerar que la alternativa más conveniente es la del vehículo eléctrico.

A continuación, se ilustran los resultados de impacto ambiental de cada una de las alternativas evaluadas con la finalidad de ratificar que el vehículo eléctrico es la mejor opción a elegir desde un punto de vista de conciencia ambiental:

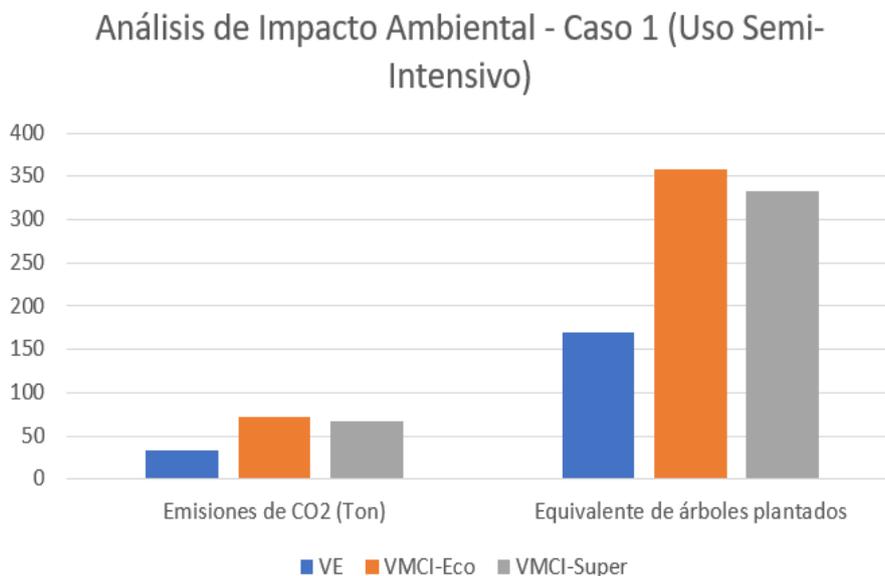


Figura 4.11: Análisis de impacto ambiental – Caso 1 (Uso Semi-Intensivo)

Finalmente, se observa que el impacto ambiental producido por el vehículo eléctrico es drásticamente menor que el producido por el de combustión interna, siendo menor en un promedio de 35 toneladas de CO2 emitido, esto significa que para contrarrestar las emisiones de un vehículo de combustión interna se requieren aproximadamente 175 árboles maduros adicionales que para uno eléctrico. Por lo tanto, en términos de la minimización del impacto ambiental el vehículo eléctrico se constituye en la opción más conveniente.

4.2. Caso 2: Comparativa de autos – taxis

Para el caso de autos se ha escogido comparar los siguientes modelos:

Identificación	Tipo	Combustible	Marca/Modelo
Vehículo A	Eléctrico	N/A	BYD – E3
Vehículo B	Combustión Interna	Gasolina	Chevrolet – Ónix Turbo Sedan Premier

Cuadro 4.14: Vehículos a comparar – Caso 2

En este segundo caso de estudio se contemplará el escenario en el que los vehículos son sometidos a un régimen de uso intensivo (cien mil km/año), correspondiente a servicio de transporte público (taxi).

4.2.1. Características de vehículos a comparar

Las características que justifican la comparación de estos modelos son:

	Vehículo A	Vehículo B
Tipo	Sedán	Sedán
Potencia (HP)	94	114
Peso (kg)	1705	1538
Precio Inicial (\$)	29990	22490

Cuadro 4.15: Características de vehículos a comparar – Caso 2

Se puede observar que el BYD E3-400 tiene un precio inicial de \$7.500 por encima del Chevrolet Ónix Turbo Premier, por lo que será importante analizar si considerando todos los costos, el vehículo eléctrico puede revertir esta diferencia.

4.2.2. Costos de financiamiento

A continuación, se detallarán los aspectos más importantes de la financiación de los vehículos comparados en el presente caso de estudio, es importante tener en cuenta que se realizarán dos financiamientos, pues al inicio del año 6 del estudio se renovará el vehículo por otro de iguales características, entregando el primero como parte de pago.

Para el vehículo eléctrico BYD – E3 se tienen los siguientes resultados en el análisis del financiamiento:

BYD - E3			
Primer Financiamiento		Segundo Financiamiento	
Precio nominal (VIV):	\$ 29.990,00	Precio nominal (VIV):	\$ 29.990,00
Porcentaje de Entrada:	20%	Porcentaje de Entrada:	59%
Entrada:	\$ 5.998,00	Entrada:	\$ 17.708,80
Monto del crédito:	\$ 23.992,00	Monto del crédito:	\$ 12.281,20
Tasa de interés (anual):	16%	Tasa de interés (anual):	16%
Número de pagos (mensuales):	60	Número de pagos (mensuales):	60
Pago (mensual):	\$ 698,06	Pago (mensual):	\$ 413,28
% Seguro Vehicular:	4,9%	% Seguro Vehicular:	4,9%
% Poliza de Deducibles:	0,7%	% Poliza de Deducibles:	0,7%
Depreciación Anual:	10%	Depreciación Anual:	10%
PRECIO A PAGAR V1:	\$ 47.881,80	PRECIO A PAGAR V2:	\$ 42.505,57
PRECIO TOTAL DE VEHÍCULOS		\$ 90.387,38	

Cuadro 4.16: Parámetros del financiamiento BYD E3 – Caso 2

4.2. Caso 2: Comparativa de autos – taxis

Para el vehículo de combustión interna Chevrolet – Ónix Turbo Premier se tienen los siguientes resultados en el análisis del financiamiento:

CHEVROLET - ONIX TURBO PREMIER			
Primer Financiamiento		Segundo Financiamiento	
Precio nominal (VIV):	\$ 22.490,00	Precio nominal (VIV):	\$ 22.490,00
Porcentaje de Entrada:	20%	Porcentaje de Entrada:	59%
Entrada:	\$ 4.498,00	Vehículo como Entrada:	\$ 13.280,12
Monto del crédito:	\$ 17.992,00	Monto del crédito:	\$ 9.209,88
Tasa de interés (anual):	16%	Tasa de interés (anual):	16%
Número de pagos (mensuales):	60	Número de pagos (mensuales):	60
Cuota (mensual):	\$ 523,49	Pago (mensual):	\$ 309,93
% Seguro Vehicular:	4,9%	% Seguro Vehicular:	4,9%
% Poliza de Deducibles:	0,7%	% Poliza de Deducibles:	0,7%
Depreciación Anual:	10%	Depreciación Anual:	10%
PRECIO A PAGAR V1:	\$ 35.907,36	PRECIO A PAGAR V2:	\$ 31.875,64
PRECIO TOTAL DE VEHÍCULOS		\$ 67.783,00	

Cuadro 4.17: Parámetros del financiamiento Chevrolet Onix – Caso 2

El resumen de los costos de adquisición de los vehículos se ilustra en el siguiente gráfico:

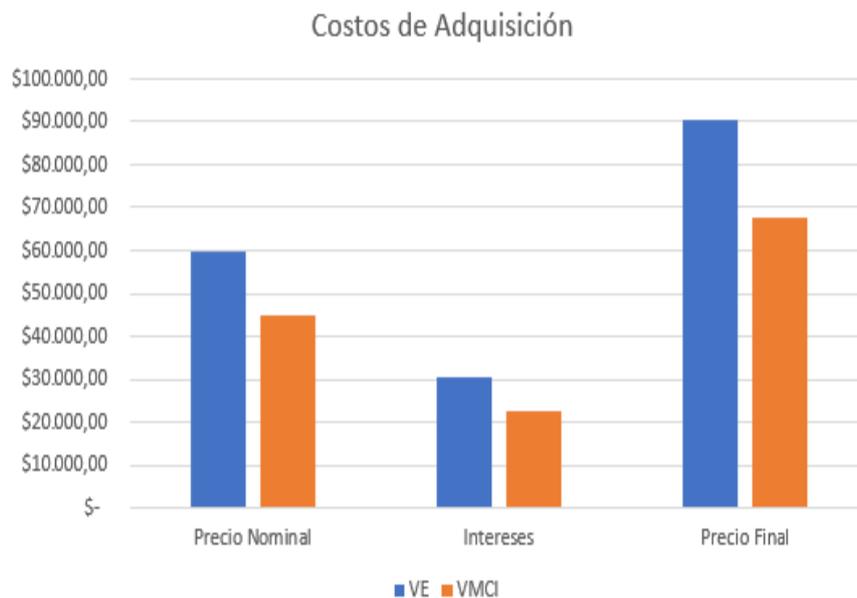


Figura 4.12: Costos de adquisición – Caso 2)

A partir de estos resultados se puede determinar que el precio final por la adquisición del VMCI considerando la renovación de este, la cual se realiza en el año 6 del estudio, es tan solo el 75 % del precio final pagado por el VE. Es importante destacar que para ambos vehículos los intereses producidos en el segundo financiamiento son substancialmente menores ya que el monto financiado es menor, pues en ambos casos el avalúo del vehículo en el año 6 alcanza el 59 % de su valor inicial, lo cual representará la entrada del segundo vehículo.

4.2.3. Costos de operación

Los costos de operación en los que incurre un vehículo eléctrico consisten en los valores facturados por el consumo de electricidad destinada a la carga de este, a continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del BYD-E3:

COSTOS DE OPERACIÓN BYD - E3	
Autonomía WLTP (km)	325
	INTENSIVO
DRM (km/mes)	8333
NCRM (ciclos/mes)	25,64
ECMVE (kWh/mes)	1212,77
COSTO DE ENERGÍA AL MES "E" (\$/mes)	\$ 66,10
DEMANDA DE POTENCIA "P" (\$/mes)	\$ 17,01
COMERCIALIZACIÓN "C" (\$/mes)	\$ 1,41
FSPEE (\$/mes)	\$ 84,52
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$ 1.014,24

Cuadro 4.18: Costos de operación BYD E3 – Caso 2

Por otro lado, los costos equivalentes en el vehículo de combustión interna están asociados con el costo del combustible empleado para circular. A continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del Chevrolet – Onix Turbo Premier:

COSTOS DE OPERACIÓN CHEVROLET ONIX TURBO PREMIER	
Precio Combustible Eco-País (\$/gal)	\$ 2,55
	INTENSIVO
Distancia Recorrida al Mes (km)	8333
Distancia Recorrida al Año (km)	100000
	Eco-País
Costos de Operación Mensual (\$/mes)	\$ 360,16
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$ 4.321,86

Cuadro 4.19: Costos de operación Chevrolet Onix – Caso 2

En función de un escenario más realista, se consideró que el VMCI se surtirá de gasolina Eco-país para su funcionamiento pues es la más económica. Los resultados evidencian una gran ventaja del VE en este rubro, pues la operación anual del VMCI es alrededor de \$3.300 más costosa, el resumen de costos de operación se ilustra en el siguiente gráfico:

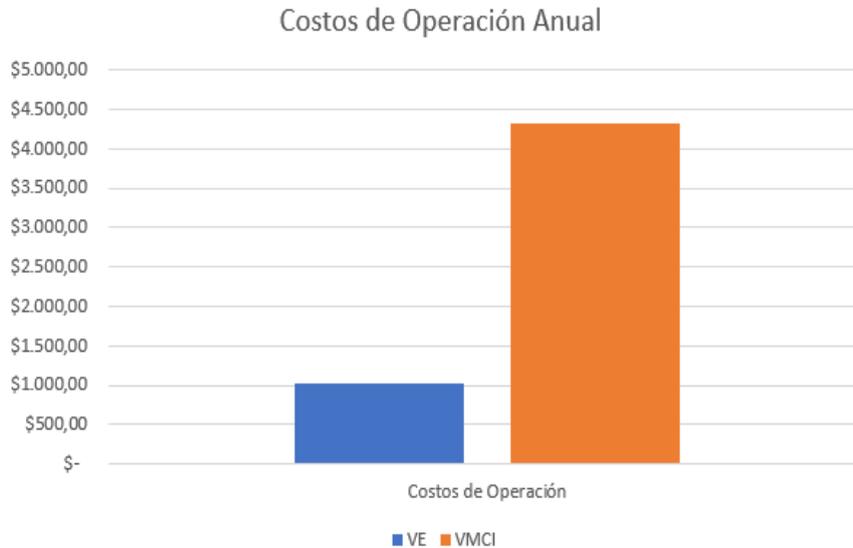


Figura 4.13: Resumen de costos de operación – Caso 2)

4.2.4. Costos de mantenimiento

A continuación, se presenta un resumen de los costos anuales de mantenimientos para cada alternativa en régimen de uso intensivo:

COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS		
	BYD - E3	CHEVROLET ONIX
Uso Semi-Intensivo (\$/año)	\$ 952,00	\$ 1.878,18

Cuadro 4.20: Costo promedio anual de mantenimientos – Caso 2

En base a los cálculos realizados sobre los costos de mantenimiento se puede observar que el VMCI genera costos que superan a los del VE en un factor de 1,97. El siguiente gráfico ilustra el resumen de costos de mantenimiento:

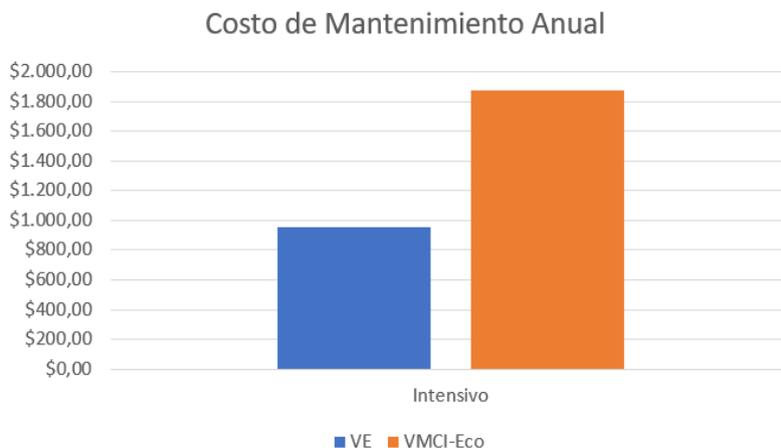


Figura 4.14: Resumen de costo de mantenimiento anual – Caso 2)

Cabe señalar que estos valores están referenciados a los mantenimientos recomendados por las casas comerciales, y que pueden existir variaciones para cada caso

en función de estilo de manejo, condiciones de uso, colisiones, etc., los cuales no se han contemplado en este estudio.

4.2.5. Flujo de caja

Desde la perspectiva de uso de un auto en régimen intensivo para funcionar como taxi, este se constituye en una herramienta de trabajo la cual demanda una fuerte inversión y que persigue como finalidad generar un retorno que refleje una ganancia con una TIR aceptable. Por ello, se ha elaborado un modelo de flujo mensual de caja durante el tiempo de estudio, considerando el intervalo de 120 meses y en cada uno de ellos los flujos salientes correspondientes a costos de operación, mantenimiento y administrativos, además de los flujos entrantes basados en ciertos supuestos del comportamiento promedio de las carreras realizadas mensualmente. Se contempla además que el dueño del vehículo es quien lo maneja por lo que no existe un rubro de remuneración a chofer. A continuación, se presentan los supuestos asociados a las carreras mensuales aplicados al análisis de ambos vehículos:

Detalle de Carreras	
Número de Carreras al día	20
Precio promedio por carrera	\$ 2,35
Días laborales al mes	26
Ingreso Mensual	\$ 1.222,00

Cuadro 4.21: Supuestos del detalle de carreras de taxi – Caso 2

A partir de estos supuestos se ha obtenido el ingreso mensual del propietario del taxi, y se procede a presentar el flujo mensual de caja:

BYD - E3						
Mes	0	1	60	61	120	
Costo de Operación	\$ -	\$ -84,52	\$ -84,52	\$ -84,52	\$ -84,52	
Costo de Mantenimiento	\$ -	\$ -79,33	\$ -79,33	\$ -79,33	\$ -79,33	
Cuotas del Financiamiento	\$ -	\$ -698,06	\$ -698,06	\$ -413,28	\$ -413,28	
Costos Legales y Administrativos	\$ -	\$ -40,00	\$ -40,00	\$ -40,00	\$ -40,00	
Ingreso Promedio	\$ -	\$ 1.222,00	\$ 1.222,00	\$ 1.222,00	\$ 1.222,00	
Flujo Neto Mensual	\$ -5.998,00	\$ 320,08	\$ -17.388,71	\$ 604,87	\$ 604,87	

Cuadro 4.22: Resumen de flujo acumulado mensual BYD E3 – Caso 2

En primer lugar, se ha presentado el flujo mensual del vehículo eléctrico BYD – E3, se muestran los períodos más relevantes (aquellos que no repiten sus flujos).

4.2. Caso 2: Comparativa de autos – taxis

CHEVROLET ONIX TURBO PREMIER					
Mes	0	1	60	61	120
Costo de Operación	\$ -	\$ -360,16	\$ -360,16	\$ -360,16	\$ -360,16
Costo de Mantenimiento	\$ -	\$ -156,52	\$ -156,52	\$ -156,52	\$ -156,52
Cuotas del Financiamiento	\$ -	\$ -523,49	\$ -523,49	\$ -309,93	\$ -309,93
Costos Legales y Administrativos	\$ -3.000,00	\$ -40,00	\$ -40,00	\$ -40,00	\$ -40,00
Ingreso Promedio	\$ -	\$ 1.222,00	\$ 1.222,00	\$ 1.222,00	\$ 1.222,00
Flujo Neto Mensual	\$ -7.498,00	\$ 141,84	\$ -9.068,04	\$ 355,40	\$ 355,40

Cuadro 4.23: Resumen de flujo acumulado mensual Chevrolet Onix – Caso 2

Finalmente, se ha presentado el flujo de caja mensual del vehículo de combustión interna CHEVROLET – ONIX TURBO.

Es importante destacar que flujo del intervalo cero corresponde a la inversión inicial de la entrada del vehículo, pero en el caso del VMCI también se incluye un gasto de legalización correspondiente a la membresía o cupo en una cooperativa de taxis, este rubro no es requerido para los VE. Los valores de costos administrativos son valores mensualizados correspondientes a las alícuotas de la cooperativa de taxis y matriculación vehicular. Los flujos entre el intervalo 1 y 59 son idénticos y corresponden a los 5 primeros años del estudio, en el mes 60 se considera el flujo de reinversión contemplando el avalúo del vehículo al finalizar los 5 primeros años, mientras que los flujos del 61 al 120 son iguales entre sí y corresponden a los 5 años finales del estudio.

4.2.6. Resumen y análisis de resultados – Caso 2

Podemos considerar un primer indicador económico el comportamiento de los flujos acumulados a lo largo del tiempo, lo que nos permite conocer periódicamente cuál es el resultado hasta ese momento de la inversión, considerando los flujos mensuales planteados en el apartado anterior:

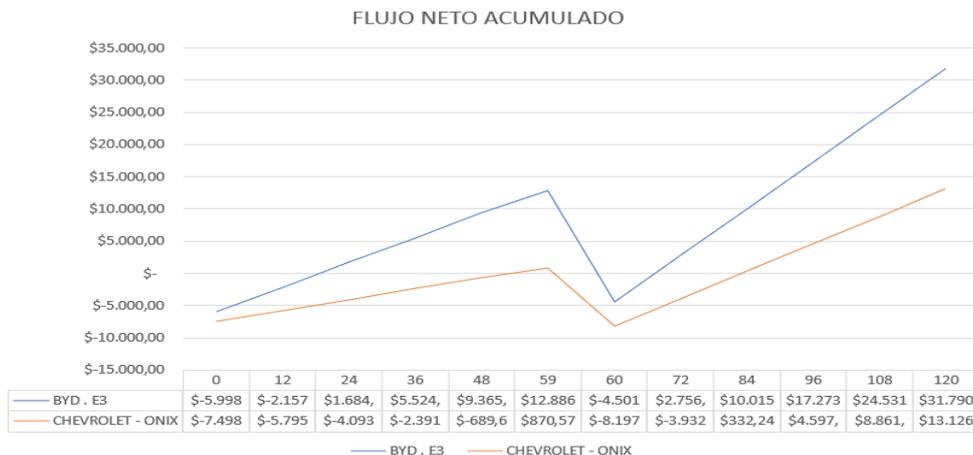


Figura 4.15: Flujo neto acumulado – Comparativa Caso 2

Podemos notar que al final de los 10 años (120 meses) el flujo neto de caja del vehículo eléctrico es superior al del vehículo de combustión por alrededor de \$18.600, lo que refleja claramente que desde una mirada rápida la alternativa del vehículo eléctrico es mucho más rentable.

Para evaluar desde un punto de vista financiero más estricto, se obtienen los indicadores que permitirán evaluar la rentabilidad de la inversión, estos indicadores son el VAN, la TIR, Payback y adicionalmente se presenta al avalúo residual del vehículo al final del tiempo de estudio, tal como se muestra a continuación:

INDICADORES DE RENTABILIDAD		
	BYD - E3	CHEVROLET - ONIX
Valor Actual Neto	\$ 10.400,59	\$ 776,19
Tasa Interna de Retorno	56,63%	18,14%
Payback	5 años y 4 meses	9 años y 2 meses
Avalúo Residual	\$ 17.708,80	\$ 13.280,12

Cuadro 4.24: Resumen de parámetros indicadores de rentabilidad

Se observa que ambas alternativas producen una ganancia en el intervalo de los 10 años de estudio, sin embargo, el valor actual neto del VE supera por aproximadamente \$9.624 al del VMCI. En esta misma línea, se obtiene que la Tasa Interna de Retorno en el VE supera en 38,5 puntos porcentuales a la del VMCI. Finalmente se tiene también que al final del tiempo de estudio el avalúo del VE supera en alrededor de \$4.400 el avalúo del VMCI. Para una mejor interpretación de la TIR se ha ilustrado el VAN obtenido para diferentes tasas de descuento, observándose siempre en ambas alternativas que mientras la tasa de descuento sea menor que la TIR hallada para cada alternativa, existirá un VAN positivo (ganancias).

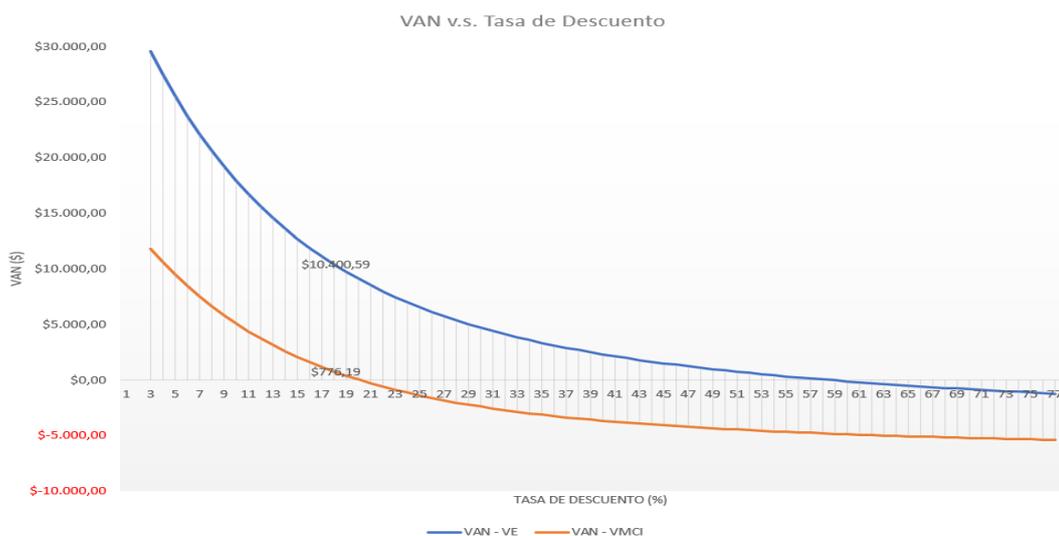


Figura 4.16: Comportamiento del VAN vs Tasa de descuento

De esta forma tenemos que existe un amplio margen porcentual para que el

VE produzca ganancias, no obstante, el VMCI tiene una TIR que supera a la tasa de descuento de la inversión en apenas 2 puntos porcentuales, lo cual representa mayor riesgo en la inversión.

En última instancia se presentan los resultados del análisis de impacto ambiental generado por estos vehículos en su operación en régimen de uso intensivo (cien mil km/año):

IMPACTO AMBIENTAL - CASO 2 (Uso Intensivo)		
	BYD - E3	CHEVROLET - ONIX
Emisiones de CO2 (Ton)	68	143
Equivalente de árboles plantados	340	715

Cuadro 4.25: Impacto ambiental – Caso 2

Esta relación de emisiones mostrada en la tabla anterior, se puede ilustrar mediante el siguiente gráfico:

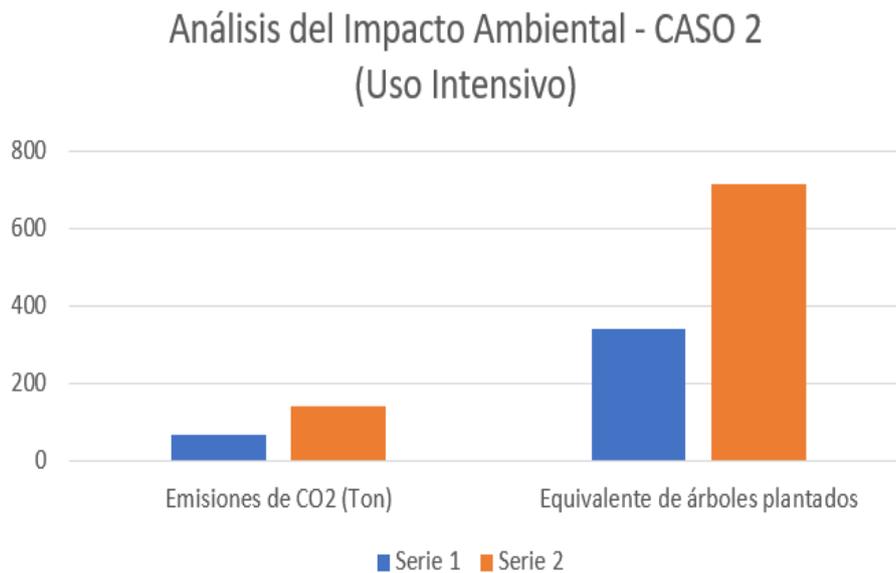


Figura 4.17: Análisis de impacto ambiental – Caso 2

De acuerdo con todas las evaluaciones citadas se concluye que para un vehículo que se ha de destinar al transporte público (taxi), la opción más rentable y también la que menos impacto ambiental produce es la adquisición de un vehículo eléctrico en comparación con un vehículo equivalente de combustión interna.

4.3. Comparativa de vehículos utilitarios (SUV) – uso particular

Para el caso de vehículos utilitarios se ha escogido comparar los vehículos:

Identificación	Tipo	Combustible	Marca/Modelo
Vehículo C	Eléctrico	N/A	BYD – S2 EV400
Vehículo D	Combustión Interna	Gasolina	Chevrolet – Groove

Cuadro 4.26: Vehículos a comparar – Caso 3

En este tercer caso de estudio se contemplarán los escenarios en los que los vehículos son sometidos a un régimen de uso personal (veinticinco mil km/año) y semi-intensivo (cincuenta mil km/año), sin embargo, este uso es de carácter particular y no se empleará el vehículo para servicios de transporte público (taxi).

Además, debido a que los fabricantes recomiendan que el vehículo de combustión opere con gasolina súper, solamente se considerará tal escenario pues de lo contrario se contribuiría al deterioro precoz de algunas partes del vehículo incrementando los costos de mantenimientos requeridos.

4.3.1. Características de vehículos a comparar

Las características que justifican la comparación de estos modelos son:

	Vehículo C	Vehículo D
Potencia (HP)	94	105
Peso (kg)	1825	1635
Precio Inicial (\$)	31990	22990

Cuadro 4.27: Características de vehículos a comparar – Caso 3

Se puede observar que el BYD – S2 EV400 tiene un precio inicial de \$9000 por encima del Chevrolet – Groove, por lo que será importante analizar si considerando todos los costos, el vehículo eléctrico puede revertir esta diferencia.

4.3.2. Costos de financiamiento

En la tabla a continuación se presenta el contraste entre los escenarios de financiamiento de los modelos a compararse:

4.3. Comparativa de vehículos utilitarios (SUV) – uso particular

BYD - S2		CHEVROLET - GROOVE	
Valor Inicial del Vehículo (VIV):	\$ 31.990,00	Valor Inicial del Vehículo (VIV):	\$ 22.990,00
Porcentaje de Entrada:	20%	Porcentaje de Entrada:	20%
Entrada:	\$ 6.398,00	Entrada:	\$ 4.598,00
Monto del crédito:	\$ 25.592,00	Monto del crédito:	\$ 18.392,00
Tasa de interés (anual):	16%	Tasa de interés (anual):	16%
Número de pagos (mensuales):	60	Número de pagos (mensuales):	60
Pago (mensual):	\$ 744,62	Pago (mensual):	\$ 535,13
Porcentaje de SV:	4,9%	Porcentaje de SV:	4,9%
Porcentaje de PD:	0,7%	Porcentaje de PD:	0,7%
Depreciación Anual:	10%	Depreciación Anual:	10%
PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 51.074,99	PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 36.705,66

Cuadro 4.28: Parámetros de financiamiento – Caso 3

Se puede evidenciar que, ya que el monto a financiar en el vehículo eléctrico es mayor, los intereses hacen que la diferencia entre los precios finales pagados por los vehículos sea de aproximadamente \$14.300 en contra del vehículo eléctrico, esto también se lo puede evidenciar en la cuota mensual a pagar en la que el VE supera por aproximadamente \$209 al VMCI. En la sección de Anexos se adjuntan las tablas de amortización correspondientes.

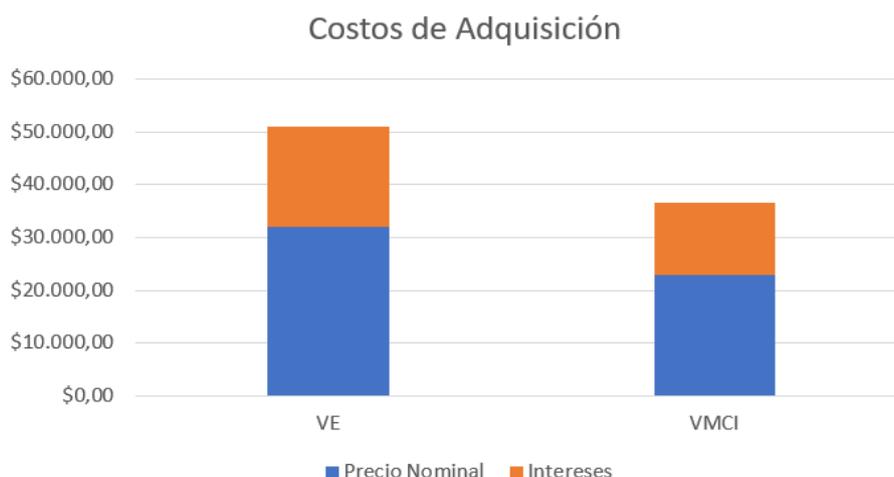


Figura 4.18: Costos de adquisición – Caso 3

En el gráfico de barras mostrado se ilustra cómo crece la diferencia de precios de los vehículos con financiamiento en relación a la que existía entre sus precios nominales (sin el interés generado por el financiamiento), las secciones de color naranja representan el interés pagado y las azules el precio nominal.

4.3.3. Costos anuales de operación

Los costos de operación en los que incurre un vehículo eléctrico consisten en los valores facturados por el consumo de electricidad destinada a la carga de este, a continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del BYD-S2 EV400:

COSTOS DE OPERACIÓN BYD - S2		
Autonomía WLTP (km)	320	
Parámetro	PERSONAL	SEMI-INTENSIVO
DRM (km/mes)	2083	4167
NCRM (ciclos/mes)	6,51	13,02
ECMVE (kWh/mes)	348,90	697,97
COSTO DE ENERGÍA AL MES "E" (\$/mes)	\$ 18,28	\$ 36,57
DEMANDA DE POTENCIA "P" (\$/mes)	\$ 17,01	\$ 17,01
COMERCIALIZACIÓN "C" (\$/mes)	\$ 1,41	\$ 1,41
FSPEE (\$/mes)	\$ 36,71	\$ 55,00
COA (\$/año)	\$ 440,48	\$ 659,97

Cuadro 4.29: Costos de operación BYD S2 – Caso 3

Por otro lado, los costos equivalentes en el vehículo de combustión interna están asociados con el costo del combustible empleado para circular.

A continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del Chevrolet – Groove:

COSTOS DE OPERACIÓN CHEVROLET - GROOVE		
Precio Combustible Super (\$/gal)	\$ 3,52	
Parámetro	PERSONAL	SEMI-INTENSIVO
Distancia Recorrida al Mes (km)	2083	4167
Distancia Recorrida al Año (km)	25000	50000
	Súper	Súper
COSTOS DE OPERACIÓN MENSUAL (\$/mes)	\$ 162,94	\$ 325,95
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$ 1.955,24	\$ 3.911,42

Cuadro 4.30: Costos de operación Chevrolet Groove – Caso 3

Para el cálculo de los costos de operación generados por el VMCI, se ha considerado únicamente que los vehículos se surten de combustible súper para su operación ya que esta es una recomendación específica para conservar en óptimas condiciones el motor y evitar gastos de reparaciones adicionales.

De acuerdo a los resultados mostrados, se tiene que los costos de operación del VMCI en régimen de uso personal y semi-intensivo respectivamente, son 4,43 y 5,92 mayores a los generados por el VE.

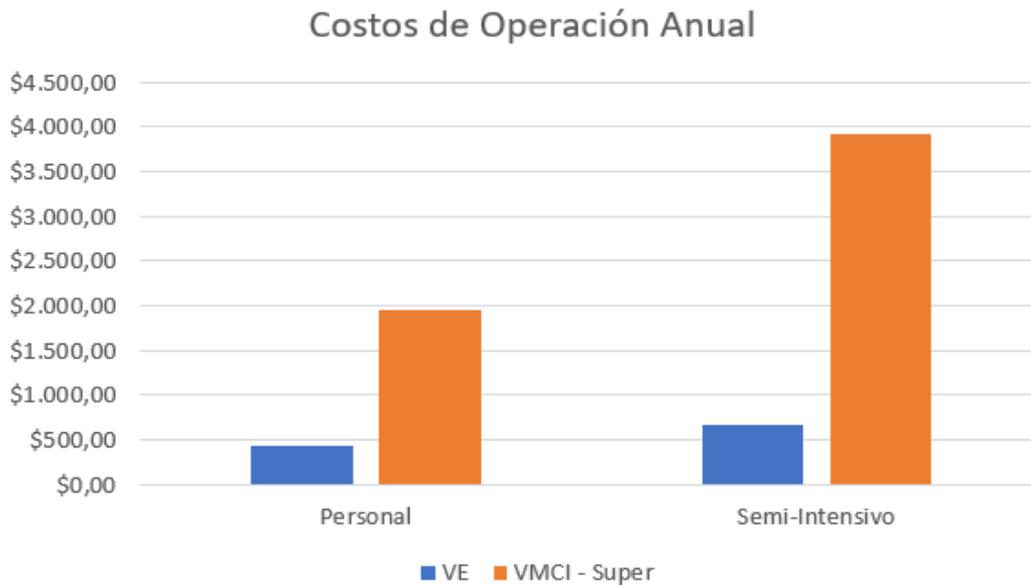


Figura 4.19: Resumen de costos de operación – Caso 3

En el gráfico de barras se resumen los resultados de costos de operación anual, donde se puede constatar que mientras el régimen de uso sea más intenso los ahorros generados por la tecnología eléctrica son más evidentes en lo que a la operación del vehículo respecta. Ya que los costos de operación del vehículo eléctrico son bastante bajos, podemos notar que el incremento relativo entre ambos regímenes de uso no es significativo en comparación al incremento registrado en el vehículo de combustión al duplicar el uso.

4.3.4. Costos anuales de mantenimiento

A continuación, se presenta un resumen de los costos anuales de mantenimientos para cada alternativa y cada régimen de uso:

COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS		
	BYD - S2	CHEVROLET GROOVE
Uso Personal (\$/año)	\$ 238,00	\$ 574,85
Uso Semi-Intensivo (\$/año)	\$ 476,00	\$ 1.149,70

Cuadro 4.31: Costo promedio anual de mantenimientos – Caso 3

En base a los cálculos realizados sobre los costos de mantenimiento se puede observar que el VMCI genera costos que superan a los del VE en un factor de 2,42. El siguiente gráfico ilustra el resumen de costos de mantenimiento:

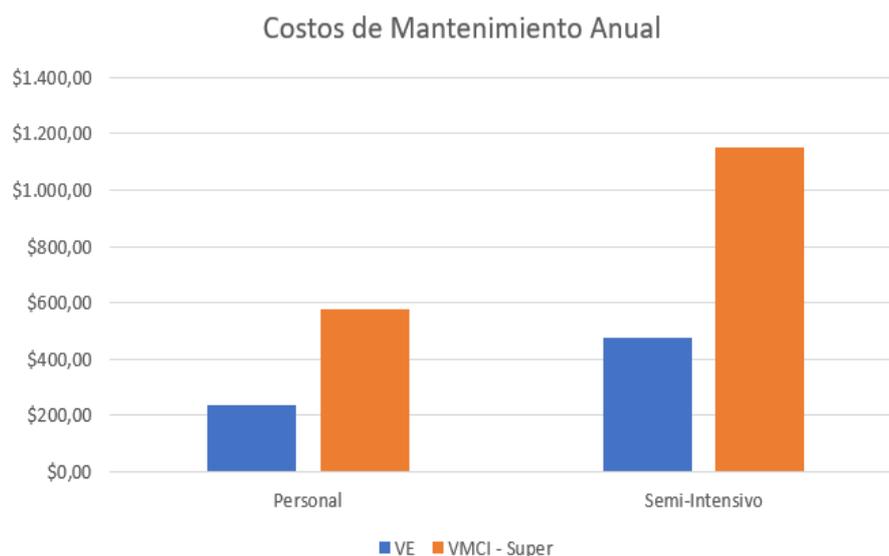


Figura 4.20: Resumen de costos de mantenimiento anual-Caso 3

Cabe señalar que estos valores están referenciados a los mantenimientos recomendados por las casas comerciales, y que pueden existir variaciones para cada caso en función de estilo de manejo, condiciones de uso, colisiones, etc., los cuales no se han contemplado en este estudio.

4.3.5. Proyección de costos en el tiempo

A partir de los costos anuales presentados en los apartados anteriores, se han proyectado los costos durante el tiempo de estudio de 10 años, obteniéndose los siguientes resultados:

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - BYD S2		
	Personal	Semi - Intensivo
Precio con Financiamiento	\$ 51.074,99	\$ 51.074,99
Costos Operativos	\$ 4.404,78	\$ 6.599,73
Costos de Mantenimiento	\$ 2.380,00	\$ 4.760,00
COSTO TOTAL	\$ 57.859,77	\$ 62.434,72

Cuadro 4.32: Proyección de costos BYD S2

Se puede observar que la diferencia entre los costos del régimen de uso personal y semi-intensivo en el VE no es substancial a pesar de que el kilometraje anual recorrido es el doble, esto se debe a que los costos operativos son relativamente bajos en comparación a los de un VMCI, y el rubro más importante (entre el 82 % y 88 %) corresponde al precio que se termina pagando con el financiamiento.

4.3. Comparativa de vehículos utilitarios (SUV) – uso particular

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - CHEVROLET GROOVE		
	Personal	Semi - Intensivo
	Súper	Súper
Precio con Financiamiento	\$ 36.705,66	\$ 36.705,66
Costos Operativos	\$ 19.552,43	\$ 39.114,24
Costos de Mantenimiento	\$ 5.748,51	\$ 11.497,02
COSTO TOTAL	\$ 62.006,60	\$ 87.316,92

Cuadro 4.33: Proyección de costos Chevrolet Groove

Para el VMCI el precio final que se paga con financiamiento constituye entre el 42 % y 59 % del costo total, en los regímenes de uso semi-intensivo y personal, respectivamente.

4.3.6. Resumen y análisis de resultados – Caso 3

Para un análisis detallado de los resultados obtenidos en la comparación de vehículos en el presente caso, se ha elaborado una tabla de flujo de pagos anuales y de flujo acumulado, durante los 10 años de estudio. Las mismas que se presentan a continuación:

FLUJO DE PAGOS ANUALES PROMEDIO - CASO 3: VEHÍCULOS DEPORTIVOS UTILITARIOS		AÑO				
		0	1	5	6	10
PERSONAL	BYD - S2	\$ 6.398,00	\$ 9.613,88	\$ 9.613,88	\$ 678,48	\$ 678,48
	GROOVE (Super)	\$ 4.598,00	\$ 8.951,63	\$ 8.951,63	\$ 2.530,09	\$ 2.530,09
SEMI - INTENSIVO	BYD - S2	\$ 6.398,00	\$ 10.071,37	\$ 10.071,37	\$ 1.135,97	\$ 1.135,97
	GROOVE (Super)	\$ 4.598,00	\$ 11.482,66	\$ 11.482,66	\$ 5.061,13	\$ 5.061,13

Cuadro 4.34: Resumen de flujo de pagos anuales – Caso 3

Un aspecto sumamente importante que se destaca es que los valores pagados durante los 5 primeros años son significativamente mayores debido a que durante este tiempo se realiza el pago del financiamiento de los vehículos, el cual concluye en el año 5, durante estos primeros años la carga financiera es mayor para el VE en el régimen de uso personal y para el VMCI usando combustible súper en el régimen de uso semi-intensivo. A partir del año 6 los valores corresponden únicamente a los costos de operación y mantenimiento, por lo que, como se esperaba, el VE presenta costos muy por debajo del VMCI.

La tabla de flujos acumulados mostrada a continuación permitirá evaluar a partir de qué año una de las alternativas se vuelve más económica que otra:

4.3. Comparativa de vehículos utilitarios (SUV) – uso particular

FLUJO ANUAL DE PAGOS ACUMULADOS - CASO 3: VEHÍCULOS DEPORTIVOS UTILITARIOS		AÑO					
		0	1	2	3	4	5
PERSONAL	BYD - S2	\$ 6.398,00	\$ 16.011,88	\$ 25.625,75	\$ 35.239,63	\$ 44.853,50	\$ 54.467,38
	GROOVE (Super)	\$ 4.598,00	\$ 13.549,63	\$ 22.501,25	\$ 31.452,88	\$ 40.404,50	\$ 49.356,13
SEMI - INTENSIVO	BYD - S2	\$ 6.398,00	\$ 16.469,37	\$ 26.540,74	\$ 36.612,11	\$ 46.683,48	\$ 56.754,85
	GROOVE (Super)	\$ 4.598,00	\$ 16.080,66	\$ 27.563,32	\$ 39.045,97	\$ 50.528,63	\$ 62.011,29

Cuadro 4.35: Flujo anual de pagos acumulados – Caso 3 (A)

FLUJO ANUAL DE PAGOS ACUMULADOS - CASO 3: VEHÍCULOS DEPORTIVOS UTILITARIOS		AÑO				
		6	7	8	9	10
PERSONAL	BYD - S2	\$ 55.145,86	\$ 55.824,33	\$ 56.502,81	\$ 57.181,29	\$ 57.859,77
	GROOVE (Super)	\$ 51.886,22	\$ 54.416,31	\$ 56.946,41	\$ 59.476,50	\$ 62.006,60
SEMI - INTENSIVO	BYD - S2	\$ 57.890,83	\$ 59.026,80	\$ 60.162,77	\$ 61.298,75	\$ 62.434,72
	GROOVE (Super)	\$ 67.072,42	\$ 72.133,54	\$ 77.194,67	\$ 82.255,80	\$ 87.316,92

Cuadro 4.36: Flujo anual de pagos acumulados Caso 3 (B)

A partir de los datos de la tabla de flujos acumulados se han ilustrado los flujos para cada alternativa con la finalidad de lograr una mejor comprensión e interpretación de los resultados, las gráficas a continuación detallan la tendencia de flujos acumulados asociados a cada régimen de uso.

a. Régimen de Uso Personal

En el régimen de uso personal en el cual solamente se recorren alrededor de veinticinco mil km al año se han obtenido los siguientes resultados del flujo acumulado anual:

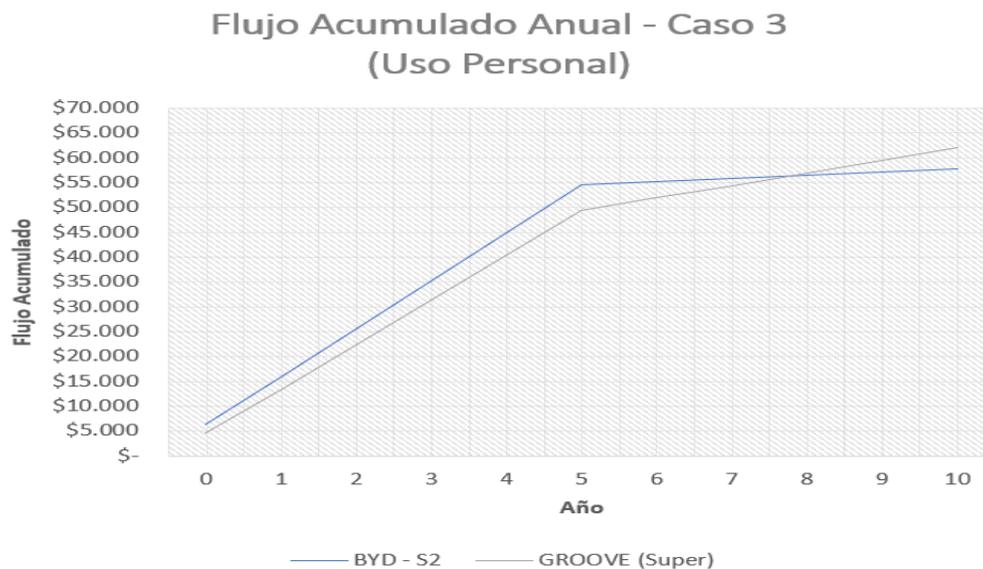


Figura 4.21: Curvas de flujo acumulado anual – Caso 3

Tal como se puede observar en la gráfica, la línea correspondiente a cada alternativa consta de dos tramos, el de mayor pendiente corresponde a los primeros años

4.3. Comparativa de vehículos utilitarios (SUV) – uso particular

en los que se está financiando el vehículo y el de menor pendiente que corresponde a los años donde solo se cubren costos de operación y mantenimiento.

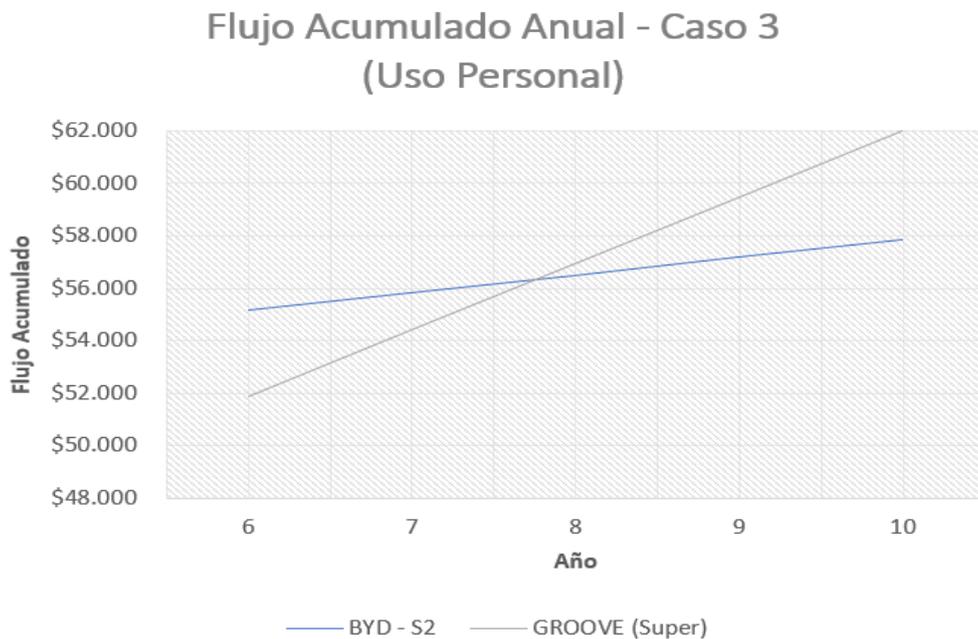


Figura 4.22: Curvas de flujo acumulado anual – Caso 3 (Uso personal – Ampliada)

En la vista ampliada mostrada, se puede evidenciar, además, que al final de los 10 años de estudio la alternativa más costosa es la del VMCI usando combustible super, mientras que la más económica es la del VE. Además, se observa que a partir de finales del séptimo año de estudio el VE registra un menor flujo acumulado que el VMCI que usa combustible super.

CONTRASTE CASO 3: VEHÍCULOS DEPORTIVOS UTILITARIOS		
PERSONAL		
	BYD - S2	CHEVROLET - GROOVE
	Eléctrico	Súper
Costo Total	\$ 57.859,77	\$ 62.006,60
Avalúo Final del Vehículo	\$ 12.393,58	\$ 8.906,80
Emisiones de CO2 (kg)	20000	52750
Equivalente de árboles plantados	100	264

Cuadro 4.37: Contraste Caso 3 – Uso personal

El resumen de resultados mostrados en la tabla anterior se ilustra mediante un gráfico de barras a continuación:

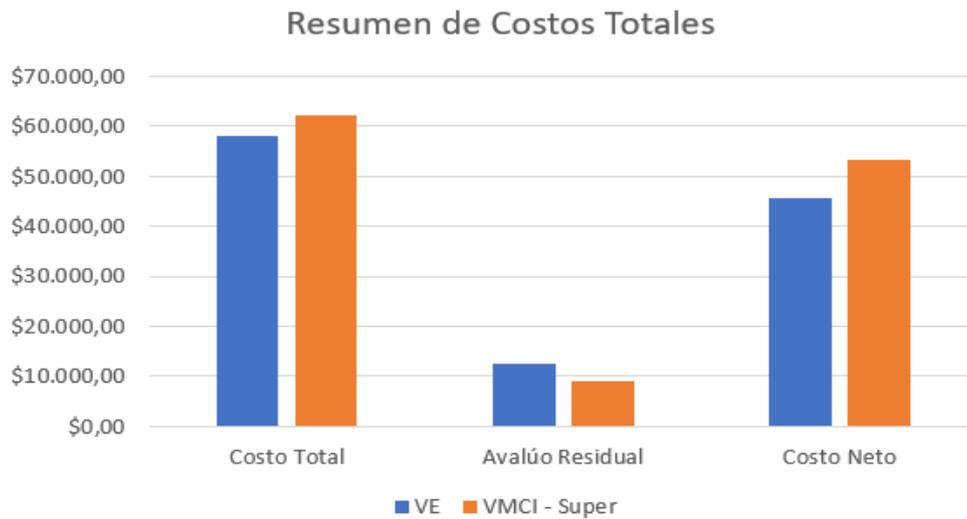


Figura 4.23: Resumen de costos totales – Caso 3 (Uso personal)

De acuerdo con estos resultados, desde el punto de vista económico la alternativa del vehículo eléctrico representa un ahorro de más de \$4.100 para el régimen de uso personal, además, al final de los 10 años de estudio el vehículo eléctrico tiene un avalúo que supera en casi \$3.500 al del vehículo de combustión interna tipo SUV. Finalmente, se muestra una representación de los resultados del análisis del impacto ambiental generado por cada una de las alternativas:

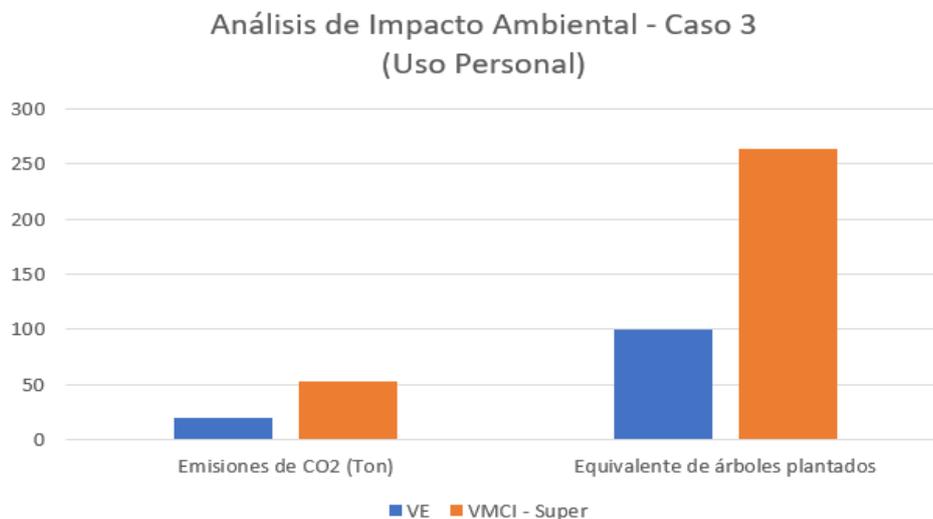


Figura 4.24: Análisis de impacto ambiental – Caso 3(Uso personal)

Se observa que el impacto ambiental producido por el vehículo eléctrico es drásticamente menor que el producido por el de combustión interna, reduciendo las emisiones de CO2 en 32,75 toneladas, esto significa que para contrarrestar las emisiones de un vehículo de combustión interna se requieren aproximadamente 164 árboles maduros adicionales en comparación a los requeridos por el vehículo eléctrico. Por tanto, el aspecto ambiental corrobora la validez del vehículo eléctrico como la alternativa más conveniente tanto desde el punto de vista económico del

usuario como desde la perspectiva de preservación ambiental.

b. Régimen de Uso Semi-Intensivo

En el régimen de uso semi-intensivo, en el cual se recorren alrededor de cincuenta mil km al año se han obtenido los siguientes resultados del flujo acumulado anual:

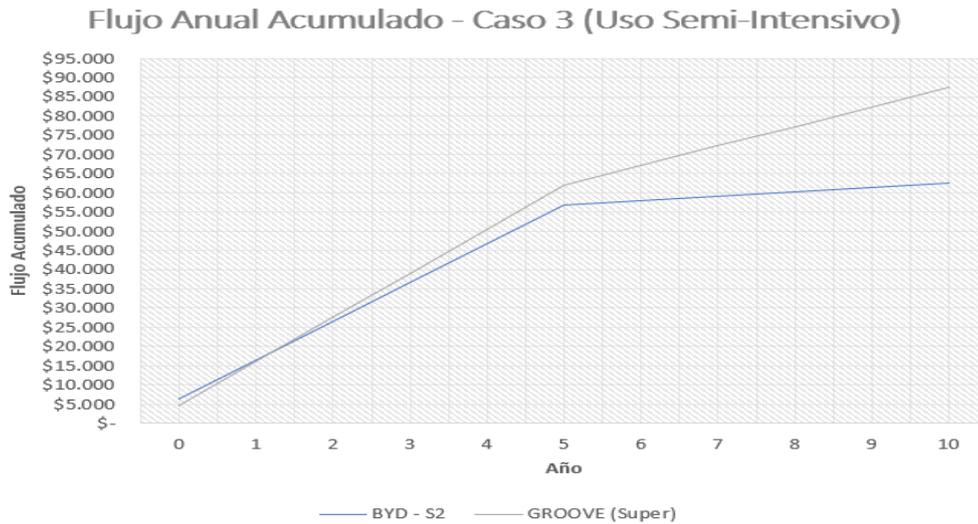


Figura 4.25: Flujo anual acumulado – Caso 3 (Uso Semi-Intensivo))

Tal como se puede observar en la gráfica, la línea correspondiente a cada alternativa consta de dos tramos, el de mayor pendiente corresponde a los primeros años en los que se está financiando el vehículo y el de menor pendiente que corresponde a los años donde solo se cubren costos de operación y mantenimiento. Se puede evidenciar, además, que al final de los 10 años de estudio la alternativa más económica es la del VE.

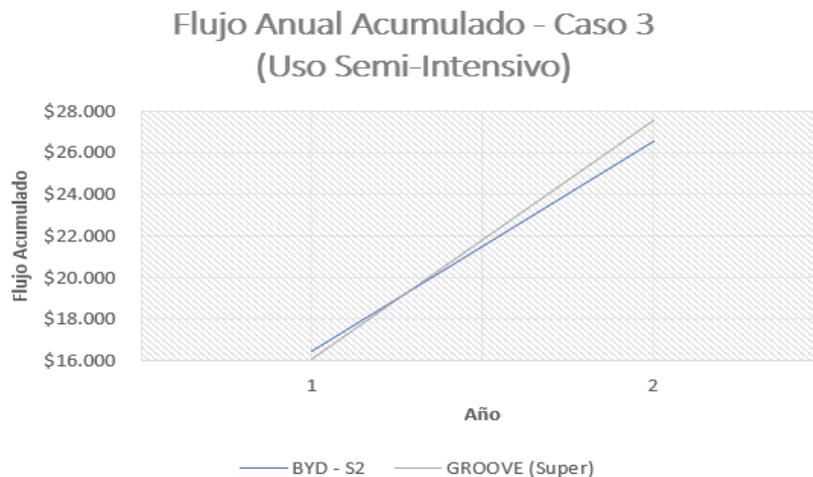


Figura 4.26: Flujo anual acumulado – Caso 3 (Uso Semi-Intensivo – Ampliada)

En la vista ampliada mostrada, se puede evidenciar, además, que a inicios del segundo año del estudio el vehículo eléctrico se convierte en la alternativa más económica, con una tendencia irreversible. La tabla a continuación presenta el contraste final de las alternativas planteadas:

CONTRASTE CASO 3: VEHÍCULOS DEPORTIVOS UTILITARIOS		
	SEMI-INTENSIVO	
	BYD - S2	CHEVROLET - GROOVE
	Eléctrico	Súper
Costo Total	\$ 62.434,72	\$ 87.316,92
Avalúo Final del Vehículo	\$ 12.393,58	\$ 8.906,80
Emisiones de CO2 (kg)	40000	105500
Equivalente de árboles plantados	200	528

Cuadro 4.38: Contraste Caso 3 – Uso Semi-Intensivo

El resumen de resultados mostrados en la tabla anterior se ilustra mediante un gráfico de barras a continuación:

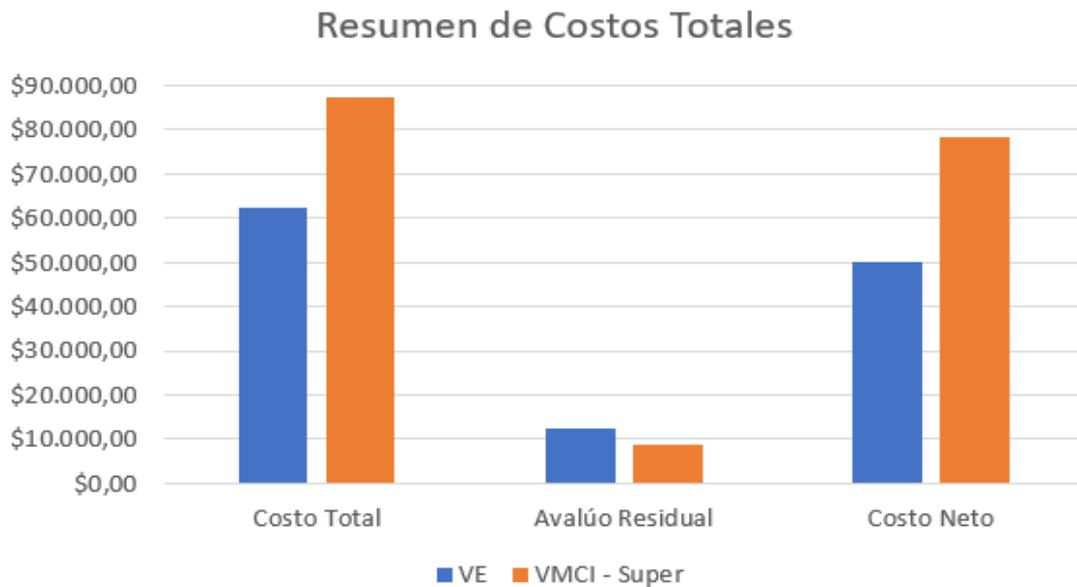


Figura 4.27: Resumen de costos totales – Caso 3 (Semi-Intensivo) En 10 años

De acuerdo con estos resultados, desde el punto de vista económico la alternativa del vehículo eléctrico representa un ahorro aproximado de \$24800, además, al final de los 10 años de estudio el vehículo eléctrico tiene un avalúo que supera en casi \$3500 al del vehículo de combustión interna tipo SUV.

Finalmente, se muestra una representación de los resultados del análisis del impacto ambiental generado por cada una de las alternativas:

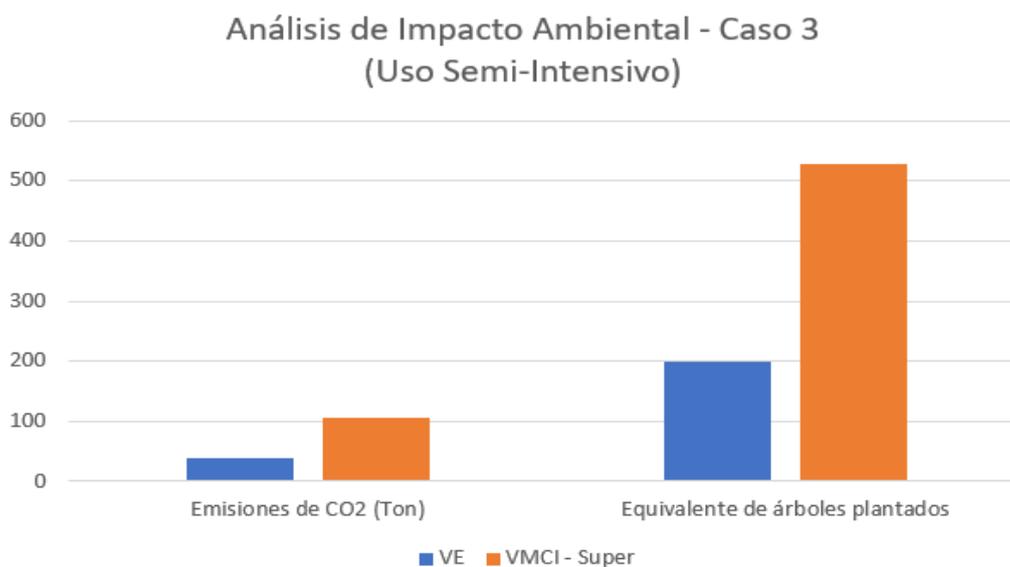


Figura 4.28: Análisis de impacto ambiental – Caso 3 (Semi-Intensivo)

Se observa que el impacto ambiental producido por el vehículo eléctrico es drásticamente menor que el producido por el de combustión interna, reduciendo las emisiones de CO2 en 65,5 toneladas, esto significa que para contrarrestar las emisiones de un vehículo de combustión interna se requieren aproximadamente 328 árboles maduros adicionales en comparación a los requeridos por el vehículo eléctrico. Por tanto, el aspecto ambiental corrobora la validez del vehículo eléctrico como la alternativa más conveniente tanto desde el punto de vista económico del usuario como desde la perspectiva de preservación ambiental.

4.4. Caso 4: Comparativa de camionetas – uso particular

Para el caso de camionetas se ha escogido comparar los vehículos:

Identificación	Tipo	Combustible	Marca/Modelo
Vehículo E	Eléctrico	N/A	Dongfeng – Rich 6EV
Vehículo F	Combustión Interna	Gasolina	Dongfeng – Rich 6 Thunder Editio
Vehículo G	Combustión Interna	Diesel	Chevrolet – Dmax CD 4x2

Cuadro 4.39: Vehículos a compararse – Caso 4

En este cuarto caso de estudio se compararán tres vehículos, una camioneta eléctrica y sus versiones equivalentes a gasolina y a diesel, además, se contemplará para estos un régimen de uso semi-intensivo (cincuenta mil km/año).

4.4.1. Características de vehículos a comparar

Las características que justifican la comparación de estos modelos son:

	Vehículo E	Vehículo F	Vehículo G
Potencia (HP)	161	156	134
Peso (kg)	3185	2800	2850
Precio Inicial (\$)	43000	25990	28600

Cuadro 4.40: Características de vehículos a comparar – Caso 4

Se puede observar la versión eléctrica de la camioneta RICH 6 tiene un precio inicial de aproximadamente \$17.000 por encima de la versión a gasolina \$14.400 por encima del vehículo a diesel, por lo que será importante analizar si considerando todos los costos, el vehículo eléctrico puede revertir esta diferencia.

4.4.2. Costos de financiamiento

En la tabla a continuación se presenta el contraste entre los escenarios de financiamiento de los modelos a compararse:

DONGFENG - RICH 6 EV		DONGFENG - RICH 6 THUNDER EDITION	
Valor Inicial del Vehículo (VIV):	\$ 43.000,00	Valor Inicial del Vehículo (VIV):	\$ 25.990,00
Porcentaje de Entrada:	20%	Porcentaje de Entrada:	20%
Entrada:	\$ 8.600,00	Entrada:	\$ 5.198,00
Monto del crédito:	\$ 34.400,00	Monto del crédito:	\$ 20.792,00
Tasa de interés (anual):	16%	Tasa de interés (anual):	16%
Número de pagos (mensuales):	60	Número de pagos (mensuales):	60
Pago (mensual):	\$ 836,54	Pago (mensual):	\$ 604,96
Porcentaje de SV:	4,9%	Porcentaje de SV:	4,9%
Porcentaje de PD:	0,7%	Porcentaje de PD:	0,7%
Depreciación Anual:	10%	Depreciación Anual:	10%
PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 68.653,47	PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 41.495,43

Cuadro 4.41: Parámetros de financiamiento – Caso 4 (A)

CHEVROLET - DMAX CD 4X2	
Precio nominal (VIV):	\$ 28.600,00
Porcentaje de Entrada:	20%
Entrada:	\$ 5.720,00
Monto del crédito:	\$ 22.880,00
Tasa de interés (anual):	16%
Número de pagos (mensuales):	60
Pago (mensual):	\$ 665,71
% Seguro Vehicular:	4,9%
% Poliza de Deducibles:	0,7%
Depreciación Anual:	10%
PRECIO FINAL A PAGAR:	\$ 45.662,54

Cuadro 4.42: Parámetros de financiamiento – Caso 4 (B)

Se puede evidenciar que, ya que el monto a financiar en el vehículo eléctrico

es mayor, los intereses hacen que la diferencia entre el precio final pagado por el vehículo a gasolina sea superior a los \$27.000 en contra del vehículo eléctrico, y en el caso del vehículo a diésel el precio es de alrededor de \$23.000 por encima del vehículo eléctrico; esto también se lo puede evidenciar en la cuota mensual a pagar en la que el VE supera por aproximadamente \$231 al vehículo a gasolina y por \$171 al vehículo a diésel. En la sección de Anexos se adjuntan las tablas de amortización correspondientes.

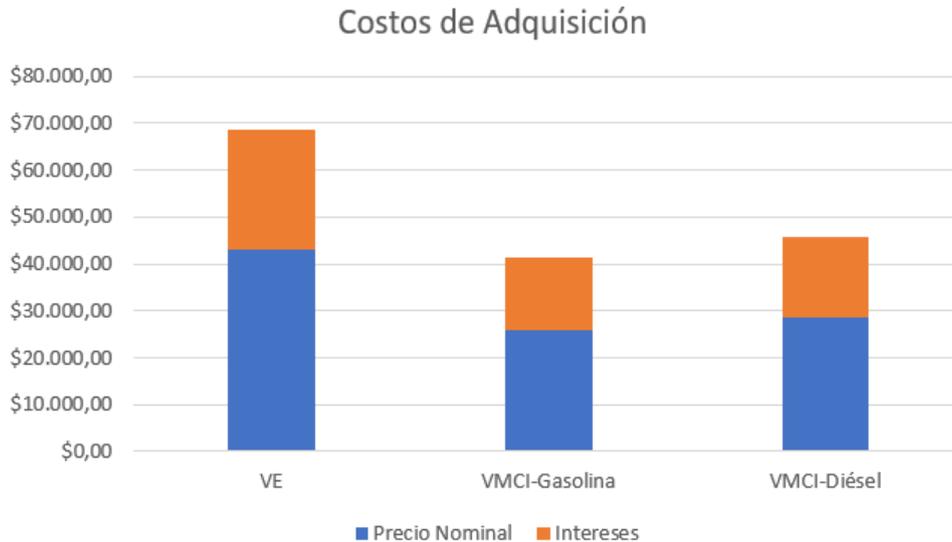


Figura 4.29: Costos de adquisición – Caso 4

En el gráfico de barras mostrado se ilustra cómo crece la diferencia de precios de los vehículos con financiamiento en relación a la que existía entre sus precios nominales (sin el interés generado por el financiamiento), las secciones de color naranja representan el interés pagado y las azules el precio nominal. El vehículo eléctrico termina pagando mayores intereses ya que su precio nominal es mayor que el de las otras alternativas.

4.4.3. Costos anuales de operación

Los costos de operación en los que incurre un vehículo eléctrico consisten en los valores facturados por el consumo de electricidad destinada a la carga de este, para este caso de estudio solamente se considerará un régimen de uso semi-intensivo.

A continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del DONGFENG – RICH 6 EV tanto para el régimen de uso personal como el semi-intensivo:

COSTOS DE OPERACIÓN DONGFENG - RICH 6 EV		
Autonomía WLTP (km)	320	
	PERSONAL	SEMI-INTENSIVO
DRM (km/mes)	2083	4167
NCRM (ciclos/mes)	6,51	13,02
ECMVE (kWh/mes)	441,99	884,19
Costo de Energía al Mes "E" (\$/mes)	\$ 23,16	\$ 46,33
Demanda de Potencia "P" (\$/mes)	\$ 17,01	\$ 17,01
Comercialización "C" (\$/mes)	\$ 1,41	\$ 1,41
FSPEE (\$/mes)	\$ 41,58	\$ 64,76
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$ 499,01	\$ 777,06

Cuadro 4.43: Costos de operación Dongfeng Rich 6 EV – Caso 4

Por otro lado, los costos equivalentes en el vehículo de combustión interna están asociados con el costo del combustible empleado para circular. A continuación, se presentan los resultados del costo anual de operación del DONGFENG – RICH 6 a gasolina:

COSTOS DE OPERACIÓN DONGFENG - RICH 6 THUNDER EDITION				
Precio Combustible Eco-País (\$/gal)	\$2,55	Precio Combustible Super (\$/gal)		\$ 3,52
	PERSONAL		SEMI-INTENSIVO	
Distancia Recorrida al Mes (km)	2083		4167	
Distancia Recorrida al Año (km)	25000		50000	
	Eco-País	Súper	Eco-País	Súper
Costos de Operación Mensual (\$/mes)	\$ 143,56	\$ 198,17	\$ 287,19	\$ 396,43
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$ 1.722,70	\$ 2.378,00	\$ 3.446,22	\$ 4.757,14

Cuadro 4.44: Costos de operación Dongfeng Rich 6 Thunder Edition – Caso 4

Finalmente se muestran los resultados del costo anual de operación de la CHEVROLET – DMAX CD 4x2 a diésel:

COSTOS DE OPERACIÓN CHEVROLET - DMAX HIGH POWER CD 4X2		
Precio Combustible Diesel (\$/gal)	\$ 1,90	
	PERSONAL	SEMI-INTENSIVO
Parámetro		
Distancia Recorrida al Mes (km)	2083	4167
Distancia Recorrida al Año (km)	25000	50000
	Diésel	Diésel
COSTOS DE OPERACIÓN MENSUAL (\$/mes)	\$ 113,08	\$ 226,21
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (\$/año)	\$ 1.356,93	\$ 2.714,50

Cuadro 4.45: Costos de operación Chevrolet Dmax CD 4x2 – Caso 4

Se puede observar que los costos de operación más bajos tanto en régimen personal como en semi-intensivo se dan para el vehículo eléctrico, seguido de los costos asociados al vehículo a diésel, los cuales en comparación son 2,71 y 3,49 veces mayores que los del vehículo eléctrico, en cada régimen, respectivamente.

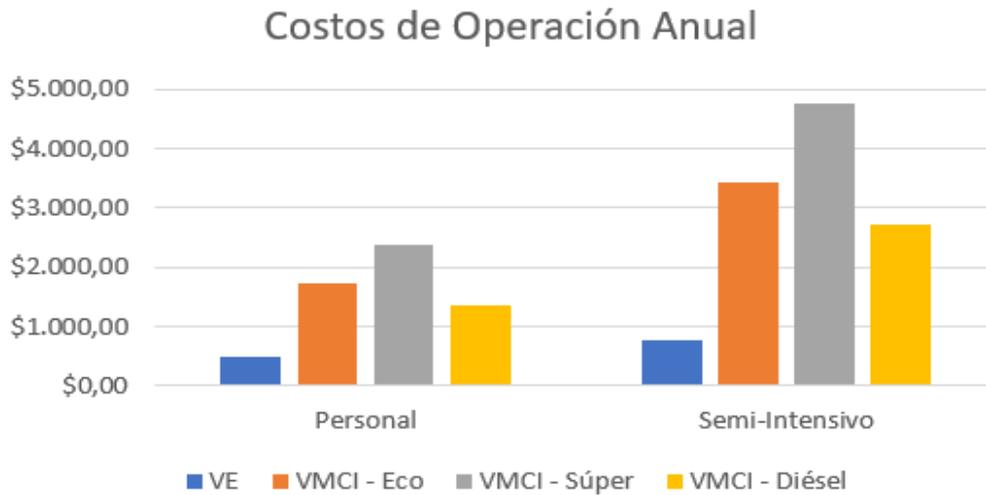


Figura 4.30: Costos de operación anual – Caso 4

En el gráfico de barras se resumen los resultados de costos de operación anual, donde se puede constatar la gran diferencia entre los costos de operación de los vehículos de combustión, en comparación con los bajos costos producidos por el vehículo eléctrico en lo que a este rubro respecta.

4.4.4. Costos anuales de mantenimiento

A continuación, se presenta un resumen de los costos anuales de mantenimientos para cada alternativa y cada régimen de uso:

	COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS			
	RICH 6 EV	RICH 6 GAS		DMAX CD 4X2
	Eléctrico	Eco-País	Súper	Diesel
Uso Personal (\$/año)	\$ 502,76	\$ 979,32	\$ 851,58	\$ 1.021,90
Uso Semi-Intensivo (\$/año)	\$ 1.005,52	\$ 1.958,64	\$ 1.703,16	\$ 2.043,79

Cuadro 4.46: Costo promedio anual de mantenimiento – Caso 4

En base a los cálculos realizados sobre los costos de mantenimiento se puede observar que el VMCI a gasolina genera costos que superan a los del VE en un factor de 1,95 y 1,69, para operación con gasolina Eco-país y Súper, respectivamente. Es importante, destacar que se ha considerado una penalización de 15% asociado a mantenimientos adicionales que se requieren en un mismo vehículo a gasolina que opera con un combustible de menor calidad. En el caso del vehículo a diésel sus costos de mantenimiento superan a los del VE en un factor de 2,03 y es el que registra los costos de mantenimiento más elevados. El siguiente gráfico ilustra el resumen de costos de mantenimiento:

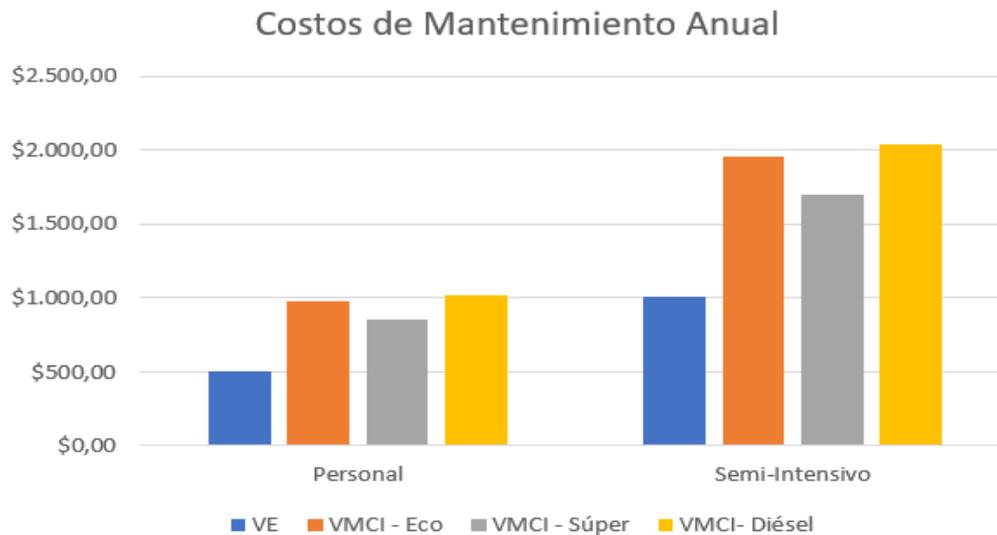


Figura 4.31: Resumen de costos de mantenimiento anual – Caso 4

Cabe señalar que estos valores están referenciados a los mantenimientos recomendados por las casas comerciales, y que pueden existir variaciones para cada caso en función de estilo de manejo, condiciones de uso, colisiones, etc., los cuales no se han contemplado en este estudio.

4.4.5. Proyección de costos en el tiempo

A partir de los costos anuales presentados en los apartados anteriores, se han proyectado los costos durante el tiempo de estudio de 10 años, obteniéndose los siguientes resultados:

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - RICH 6 EV		
	Personal	Semi - Intensivo
Precio con Financiamiento	\$ 68.653,47	\$ 68.653,47
Costos Operativos	\$ 4.990,09	\$ 7.770,64
Costos de Mantenimiento	\$ 5.027,60	\$ 10.055,19
COSTO TOTAL	\$ 78.671,16	\$ 86.479,30

Cuadro 4.47: Proyección de costos Dongfeng Rich 6 EV – Caso 4

Se puede observar que en el VE el rubro más relevante es el de adquisición del vehículo con financiamiento, el cual constituye el 79 % y 87 % del costo total. De modo que, un aumento en el valor de la entrada del vehículo reduciría significativamente los intereses y por ende el costo total.

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - RICH 6 THUNDER EDITION				
	Personal		Semi - Intensivo	
	Eco-País	Súper	Eco-País	Súper
Precio con Financiamiento	\$ 41.495,43	\$ 41.495,43	\$ 41.495,43	\$ 41.495,43
Costos Operativos	\$ 17.226,97	\$ 23.779,98	\$ 34.462,22	\$ 47.571,37
Costos de Mantenimiento	\$ 9.793,18	\$ 8.515,81	\$ 19.586,36	\$ 17.031,62
COSTO TOTAL	\$ 68.515,59	\$ 73.791,22	\$ 95.544,01	\$ 106.098,42

Cuadro 4.48: Proyección de costos Dongfeng Rich 6 Thunder Edition – Caso 4

En el VMCI a gasolina los costos operativos y de mantenimiento juegan un papel mucho más relevante en el costo total, constituyendo entre el 39 % y 44 % en régimen personal, y entre el 56 % y 60 %, en el régimen semi-intensivo, para la operación con gasolina Eco-País y Súper, respectivamente.

PROYECCIÓN DE COSTOS A 10 AÑOS - DMAX CD 4X2				
	Personal		Semi - Intensivo	
Precio con Financiamiento	\$ 45.662,54	\$ 45.662,54	\$ 45.662,54	\$ 45.662,54
Costos Operativos	\$ 13.569,26	\$ 27.145,03	\$ 27.145,03	\$ 27.145,03
Costos de Mantenimiento	\$ 10.218,97	\$ 20.437,94	\$ 20.437,94	\$ 20.437,94
COSTO TOTAL	\$ 69.450,77	\$ 93.245,51	\$ 93.245,51	\$ 93.245,51

Cuadro 4.49: Proyección de costos Chevrolet Dmax CD 4x2 – Caso 4

En el VMCI a diésel los costos operativos y de mantenimiento constituyen entre el 34 % y el 51 % del costo total.

4.5. Resumen y análisis de resultados – Caso 4

Para un análisis detallado de los resultados obtenidos en la comparación de vehículos en el presente caso, se ha elaborado una tabla de flujo de pagos anuales y de flujo acumulado, durante los 10 años de estudio, las mismas que se presentan a continuación:

		FLUJO DE PAGOS ANUALES PROMEDIO - CASO 4: CAMIONETAS - USO PARTICULAR				
		AÑO				
		0	1	5	6	10
PERSONAL	DF - RICH 6 EV	\$ 8.600,00	\$ 13.012,46	\$ 13.012,46	\$ 1.001,77	\$ 1.001,77
	DF - RICH 6 (Eco)	\$ 5.198,00	\$ 9.961,50	\$ 9.961,50	\$ 2.702,02	\$ 2.702,02
	DF - RICH 6 (Súper)	\$ 5.198,00	\$ 10.489,07	\$ 10.489,07	\$ 3.229,58	\$ 3.229,58
	DMAX CD (Diésel)	\$ 5.720,00	\$ 10.367,33	\$ 10.367,33	\$ 2.378,82	\$ 2.378,82
SEMI - INTENSIVO	DF - RICH 6 EV	\$ 8.600,00	\$ 13.793,28	\$ 13.793,28	\$ 1.782,58	\$ 1.782,58
	DF - RICH 6 (Eco)	\$ 5.198,00	\$ 12.664,34	\$ 12.664,34	\$ 5.404,86	\$ 5.404,86
	DF - RICH 6 (Súper)	\$ 5.198,00	\$ 13.719,79	\$ 13.719,79	\$ 6.460,30	\$ 6.460,30
	DMAX CD (Diésel)	\$ 5.720,00	\$ 12.746,80	\$ 12.746,80	\$ 4.758,30	\$ 4.758,30

Cuadro 4.50: Flujo de pagos anuales– Caso 4

Un aspecto sumamente importante que se destaca es que los valores pagados durante los 5 primeros años son significativamente mayores debido a que durante este tiempo se realiza el pago del financiamiento de los vehículos, el cual concluye en el año 5, durante estos primeros años la carga financiera es mayor para el VE seguido de cerca por el VMCI usando combustible súper. A partir del año 6 los valores corresponden únicamente a los costos de operación y mantenimiento, por lo que, como se esperaba, el VE presenta costos muy por debajo de los VMCI. La tabla de flujos acumulados mostrada a continuación permitirá evaluar a partir de qué año una de las alternativas se vuelve más económica que otra:

		FLUJO ANUAL DE PAGOS ACUMULADOS - CASO 4: CAMIONETAS - USO PARTICULAR					
		AÑO					
		0	1	2	3	4	5
PERSONAL	DF - RICH 6 EV	\$ 8.600,00	\$ 21.612,46	\$ 34.624,93	\$ 47.637,39	\$ 60.649,85	\$ 73.662,31
	DF - RICH 6 (Eco)	\$ 5.198,00	\$ 15.159,50	\$ 25.121,00	\$ 35.082,51	\$ 45.044,01	\$ 55.005,51
	DF - RICH 6 (Súper)	\$ 5.198,00	\$ 15.687,07	\$ 26.176,13	\$ 36.665,20	\$ 47.154,26	\$ 57.643,33
	DMAX CD (Diésel)	\$ 5.720,00	\$ 16.087,33	\$ 26.454,66	\$ 36.821,99	\$ 47.189,32	\$ 57.556,65
SEMI - INTENSIVO	DF - RICH 6 EV	\$ 8.600,00	\$ 22.393,28	\$ 36.186,55	\$ 49.979,83	\$ 63.773,11	\$ 77.566,39
	DF - RICH 6 (Eco)	\$ 5.198,00	\$ 17.862,34	\$ 30.526,69	\$ 43.191,03	\$ 55.853,38	\$ 68.519,72
	DF - RICH 6 (Súper)	\$ 5.198,00	\$ 18.917,79	\$ 32.637,57	\$ 46.357,36	\$ 60.077,14	\$ 73.796,93
	DMAX CD (Diésel)	\$ 5.720,00	\$ 18.466,80	\$ 31.213,61	\$ 43.960,41	\$ 56.707,22	\$ 69.454,02

Cuadro 4.51: Flujo anual acumulado – Caso 4(A)

		FLUJO ANUAL DE PAGOS ACUMULADOS - CASO 4: CAMIONETAS - USO PARTICULAR				
		AÑO				
		6	7	8	9	10
PERSONAL	DF - RICH 6 EV	\$ 74.664,08	\$ 75.665,85	\$ 76.667,62	\$ 77.669,39	\$ 78.671,16
	DF - RICH 6 (Eco)	\$ 57.707,53	\$ 60.409,54	\$ 63.111,56	\$ 65.813,57	\$ 68.515,59
	DF - RICH 6 (Súper)	\$ 60.872,91	\$ 64.102,49	\$ 67.332,06	\$ 70.561,64	\$ 73.791,22
	DMAX CD (Diésel)	\$ 59.935,48	\$ 62.314,30	\$ 64.693,12	\$ 67.071,95	\$ 69.450,77
SEMI - INTENSIVO	DF - RICH 6 EV	\$ 79.348,97	\$ 81.131,55	\$ 82.914,13	\$ 84.696,72	\$ 86.479,30
	DF - RICH 6 (Eco)	\$ 73.924,58	\$ 79.329,44	\$ 84.734,29	\$ 90.139,15	\$ 95.544,01
	DF - RICH 6 (Súper)	\$ 80.257,23	\$ 86.717,53	\$ 93.177,83	\$ 99.638,13	\$ 106.098,42
	DMAX CD (Diésel)	\$ 74.212,32	\$ 78.970,62	\$ 83.728,92	\$ 88.487,21	\$ 93.245,51

Cuadro 4.52: Flujo anual acumulado – Caso 4(B)

A partir de los datos de la tabla de flujos acumulados se han ilustrado los flujos para cada alternativa con la finalidad de lograr una mejor comprensión e

interpretación de los resultados, las gráficas a continuación detallan la tendencia de flujos acumulados asociados a cada alternativa.

a. Régimen de Uso Personal

En el régimen de uso personal en el cual solamente se recorren alrededor de 25.000 km/año se han obtenido los siguientes resultados del flujo acumulado anual:

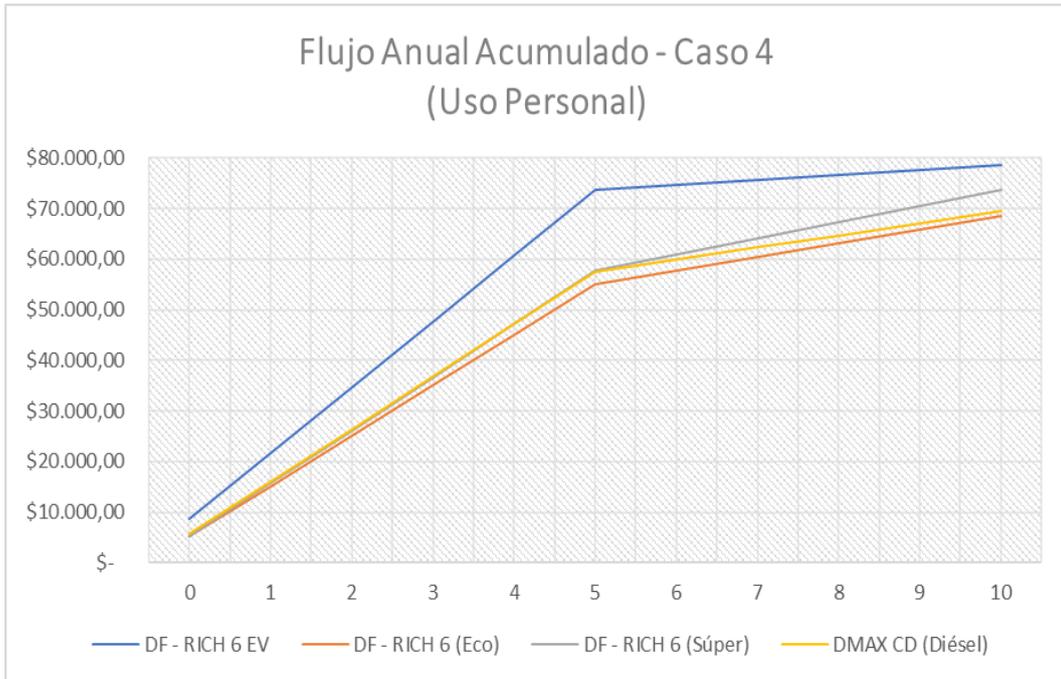


Figura 4.32: Curvas de flujo anual acumulado – Caso 4
Fuente: [Carlos Galarza, 2022]

Tal como se puede observar en la gráfica, la línea correspondiente a cada alternativa consta de dos tramos, el de mayor pendiente corresponde a los primeros años en los que se está financiando el vehículo y el de menor pendiente que corresponde a los años donde solo se cubren costos de operación y mantenimiento. En este caso se observa que la alternativa más económica será la del vehículo de combustión provisto de gasolina Eco-país.

CONTRASTE CASO 4: CAMIONETAS - USO PARTICULAR				
PERSONAL				
	DONGFENG - RICH 6			DMAX - CD 4X2
	Eléctrico	Eco - País	Súper	Diesel
Costo Total	\$ 78.671,16	\$ 68.515,59	\$ 73.791,22	\$ 69.450,77
Avalúo Final del Vehículo	\$ 16.659,08	\$ 10.069,06	\$ 10.069,06	\$ 11.080,23
Emisiones de CO2 (kg)	29000	55000	51150	50050
Equivalente de árboles plantados	145	275	255,75	250,25

Cuadro 4.53: Contraste Caso 4 – Uso particular
Fuente: [Carlos Galarza, 2022]

El resumen de resultados mostrados en la tabla anterior se ilustra mediante un gráfico de barras a continuación:

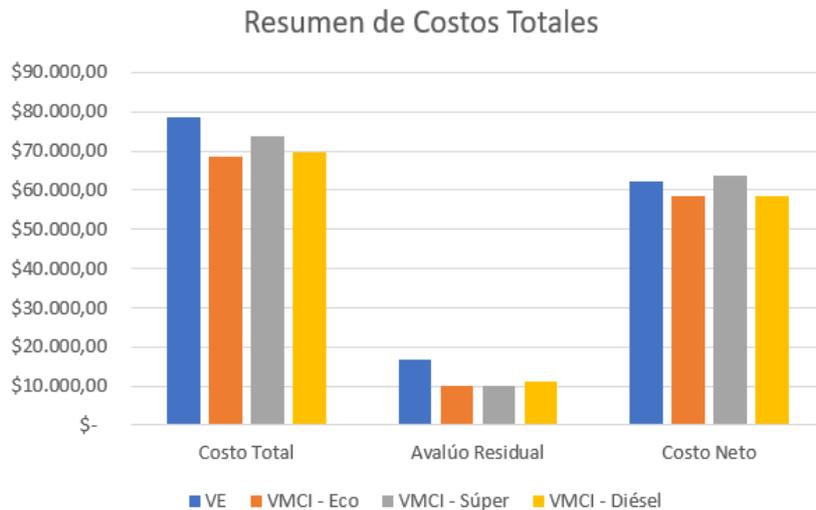


Figura 4.33: Resumen de costos totales – Caso 4

De acuerdo con estos resultados, desde el punto de vista económico la alternativa del vehículo eléctrico no es la menos costosa para el régimen de uso personal, puesto que se ve superada por el VMCI, esto se debe principalmente al precio nominal de la camioneta eléctrica el cual difiere considerablemente de los correspondientes a las otras alternativas y considerando un régimen de poco uso, los ahorros que se presentan en los costos de operación y mantenimiento no logran compensar esta diferencia inicial.

Finalmente, se muestra una representación de los resultados del análisis del impacto ambiental generado por cada una de las alternativas:

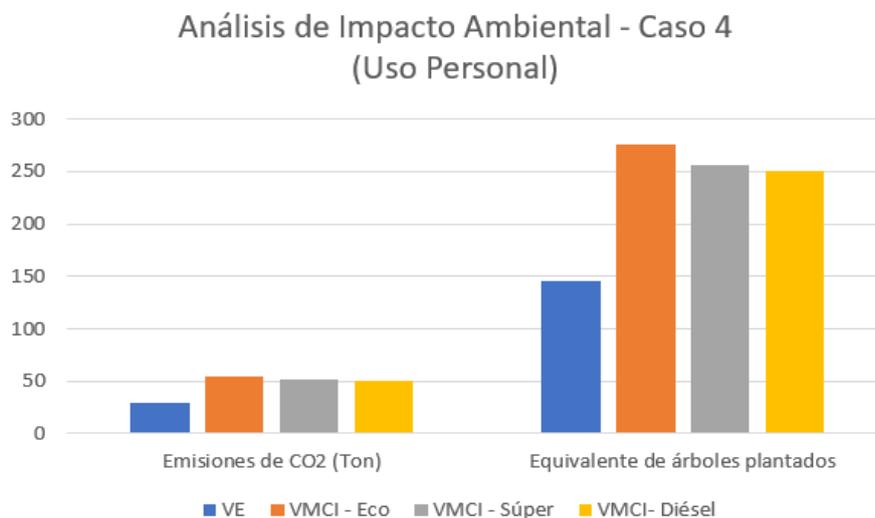


Figura 4.34: Análisis de impacto ambiental – Caso 4

Se observa que el impacto ambiental producido por el vehículo eléctrico es

drásticamente menor que el producido por el de combustión interna, reduciendo las emisiones de CO2 en un promedio de 23 toneladas, esto significa que para contrarrestar las emisiones de un vehículo de combustión interna se requieren un promedio de 115 árboles maduros adicionales en comparación a los requeridos por el vehículo eléctrico. Por tanto, aunque en este régimen el vehículo eléctrico no es el más económico se puede considerar su adquisición teniendo en cuenta el impacto ambiental reducido que esta alternativa genera en comparación con la contraparte.

b. Régimen de Uso Semi-Intensivo

En el régimen de uso semi-intensivo, en el cual se recorren alrededor de cincuenta mil km al año se han obtenido los siguientes resultados del flujo acumulado anual:

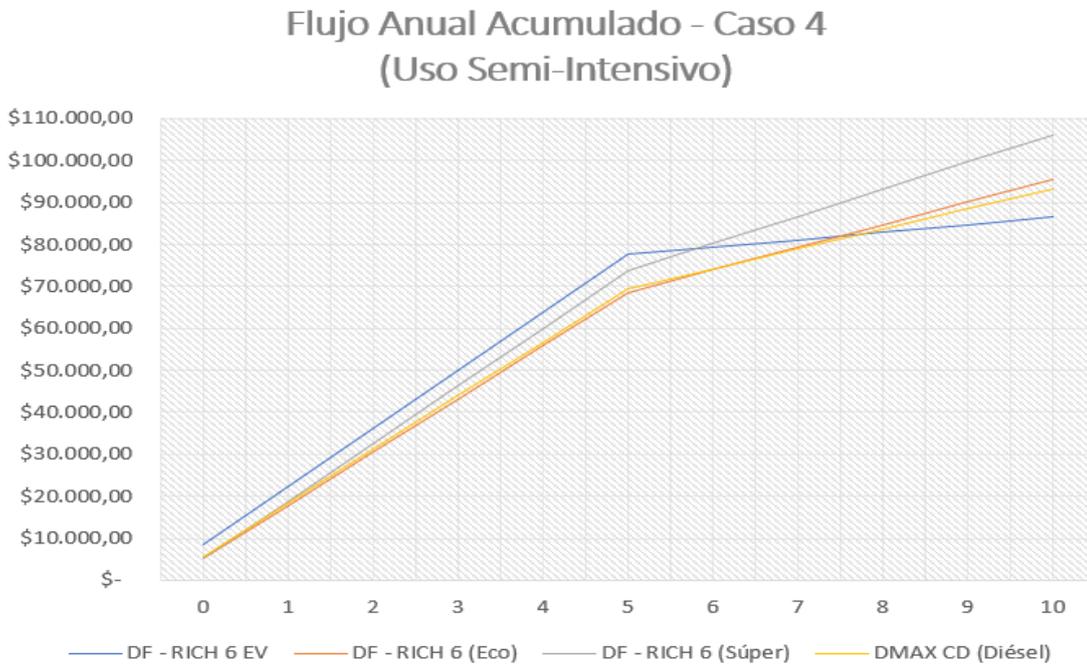


Figura 4.35: Curvas de flujo anual acumulado – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo)

Tal como se puede observar en la gráfica, la línea correspondiente a cada alternativa consta de dos tramos, el de mayor pendiente corresponde a los primeros años en los que se está financiando el vehículo y el de menor pendiente que corresponde a los años donde solo se cubren costos de operación y mantenimiento. Se puede evidenciar, además, que al final de los 10 años de estudio la alternativa más económica es la del VE.

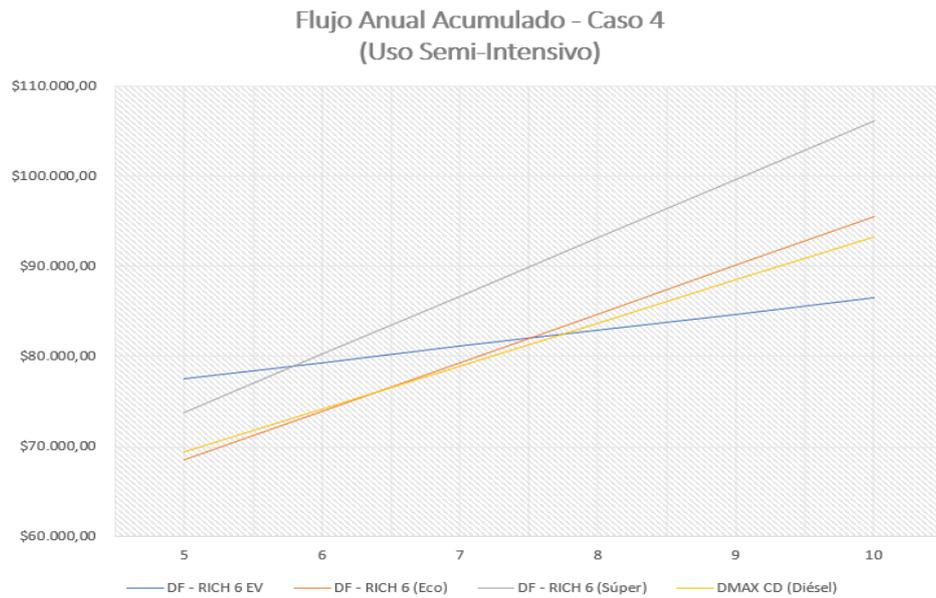


Figura 4.36: Curvas de flujo acumulado – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo – Ampliada)

En la vista ampliada mostrada, se puede evidenciar, además, que a fines del sexto año de estudio el vehículo eléctrico se vuelve más económico que el vehículo de combustión operando con gasolina Súper, mientras que a mediados del octavo año del estudio el vehículo eléctrico se convierte en la alternativa más económica de todas, con una tendencia irreversible.

La tabla a continuación presenta el contraste final de las alternativas planteadas el las instancias de costo total, avalúo de los vehículos al final de los diez años de estudio, emisiones de CO₂ y el equivalente de árboles requeridos para compensar dichas emisiones:

CONTRASTE CASO 4: CAMIONETAS - USO PARTICULAR				
	SEMI INTENSIVO			
	DONGFENG - RICH 6			DMAX - CD 4X2
	Eléctrico	Eco - País	Súper	Diesel
Costo Total	\$ 86.479,30	\$ 95.544,01	\$ 106.098,42	\$ 93.245,51
Avalúo Final del Vehículo	\$ 16.659,08	\$ 10.069,06	\$ 10.069,06	\$ 11.080,23
Emisiones de CO₂ (kg)	58000	110000	102300	100100
Equivalente de árboles plantados	290	550	511,5	500,5

Cuadro 4.54: Contraste Caso 4 – Uso Semi-Intensivo

Fuente: [Carlos Galarza, 2022]

El resumen de resultados mostrados en la tabla anterior se ilustra mediante un gráfico de barras a continuación:

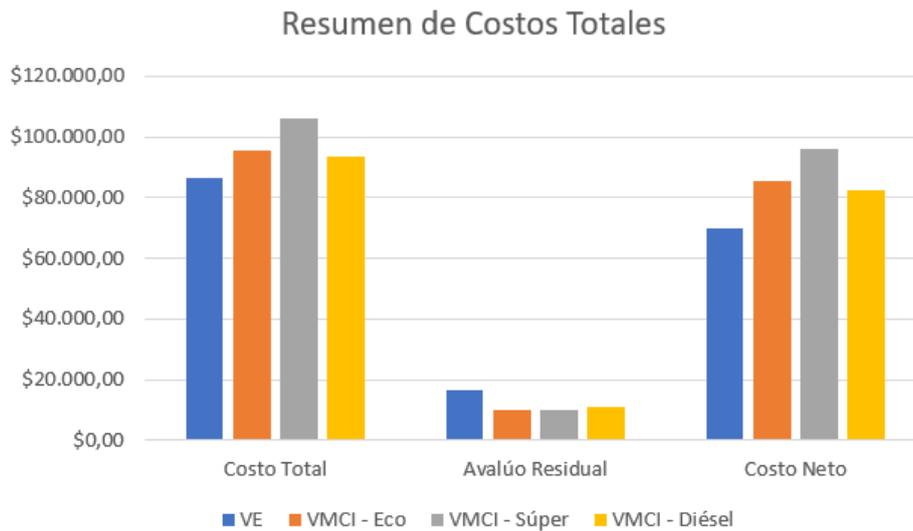


Figura 4.37: Resumen de costos totales – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo)

De acuerdo con estos resultados, desde el punto de vista económico la alternativa del vehículo eléctrico es la más conveniente y representa un ahorro de aproximadamente \$9000 en operación con gasolina eco-país, de \$19600 en operación con gasolina súper y de \$6700 en operación con diésel, además, al final de los 10 años de estudio el vehículo eléctrico tiene un avalúo que supera en un promedio de \$6000 al de los vehículos de combustión interna tipo camioneta. Finalmente, se presenta una representación de los resultados del análisis del impacto ambiental generado por cada una de las alternativas:

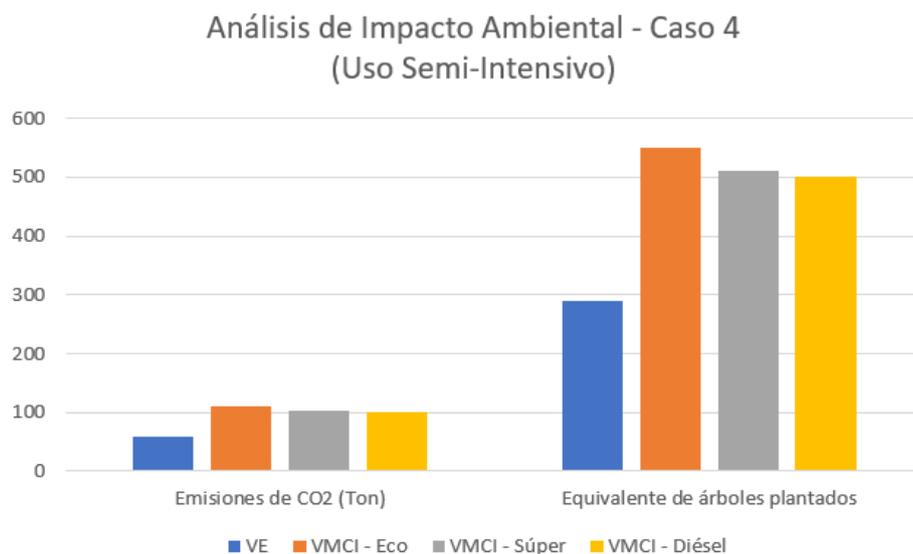


Figura 4.38: Análisis de impacto ambiental – Caso 4 (Uso Semi-Intensivo)

Se observa que el impacto ambiental producido por el vehículo eléctrico es drásticamente menor que el producido por el de combustión interna, reduciendo las emisiones de CO₂ en un promedio de 46 toneladas, esto significa que para contrarrestar las emisiones de un vehículo de combustión interna de este tipo se requieren un promedio de 230 árboles maduros adicionales en comparación a los requeridos por el vehículo eléctrico. Por tanto, el aspecto ambiental corrobora la validez del vehículo eléctrico como la alternativa más conveniente tanto desde el punto de vista económico del usuario como desde la perspectiva de preservación ambiental.

Capítulo 5

CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En esta sección se presentarán las conclusiones a las que se ha podido llegar a partir del estudio de los diferentes casos planteados, además se plantearán las recomendaciones pertinentes para poder profundizar en esta temática y ampliar su alcance.

1. En el caso de uso intensivo(100.000 Km/año) el ahorro es mas significativo ya que implica menos costos de mantenimiento ,operación y legalización correspondiente a la membresía o cupo en una cooperativa de taxis, comparado con el de combustión interna. Dicho régimen es usado por taxis donde se presencia un flujo neto mensual al termino de los 60 meses de \$604,87 en el vehículo eléctrico y \$355,40 en el vehículo de combustión interna.
2. En el caso de uso semi-intensivo(50.000 Km/año) la predominancia del eléctrico es superior en todos los de tipos de vehículos(auto,Suv y camioneta) esto se debe al uso mas prolongado del vehículo, en donde la brecha de precios es mas grande cuando el automóvil que se usa, utiliza gasolina súper.
3. La principal adversidad que afronta la tecnología de vehículos eléctricos en el Ecuador, es el elevado costo de adquisición que estos tienen en comparación con su contra-parte de combustión, esto hace que en escenarios de poco uso(25.000Km/año) no se evidencie notablemente sus bondades en el ahorro económico.
4. Los costos de operación y mantenimiento son la principal fortaleza de la tecnología eléctrica, ya que son significativamente menores a los de un vehículo de combustión, debido a esto, el ahorro será más significativo y evidente conforme el régimen de uso del vehículo fuere más intenso.

5. El vehículo eléctrico conectado a la red durante su recarga se comporta como una carga aproximadamente resistiva, es decir, no perjudica al factor de potencia ni inyecta un componente significativo de armónicos a la red, manteniendo el sistema dentro de los límites aceptables de calidad de energía.
6. El impacto ambiental generado por un vehículo eléctrico, considerando desde su fabricación hasta su desecho, es aproximadamente la mitad de lo que genera un vehículo de combustión, siempre y cuando la electricidad que utiliza para recargarse fuese producida principalmente en una central de fuente renovable (eólica, solar, hidráulica, etc.), como es el caso de Ecuador.
7. Al final de un determinado intervalo de tiempo, el vehículo eléctrico tendrá siempre un valor residual más alto que el de combustión, este rubro se lo puede considerar como un valor favorable disponible en caso de su venta.

5.2. Recomendaciones

- A pesar de que ya existen beneficios tributarios asociados a la adquisición de vehículos eléctricos, se puede recomendar un convenio entre el Estado y la banca privada para otorgar créditos blandos para el financiamiento de vehículos eléctricos, con una menor tasa de interés que aquella que se brinda para los vehículos de combustión. Esta medida puede ser temporal, con la intención de incentivar el crecimiento de la demanda de los vehículos eléctricos, esto produciría una respuesta natural de reducción de precios de comercialización.
- Si se desea realizar consultorías de asesoramiento de viabilidad económica para un particular, se recomienda elaborar un perfil específico del usuario respecto a su régimen de uso, de esta manera se podrá evaluar si en el escenario actual y bajo sus requerimientos el vehículo eléctrico representará para el usuario un ahorro económico.
- Se debe promover la infraestructura de carga de vehículos eléctricos por parte del estado en su primera fase de fomento o migración de combustible a electricidad como energía primaria del transporte.

5.3. Trabajos futuros

A partir de este tema troncal existen algunos tópicos que pueden desarrollarse en lo posterior, estos se describen a continuación:

- Estudio de cargabilidad del sistema de distribución en sectores específicos donde empiece a existir una mayor penetración de vehículos eléctricos para determinar el redimensionamiento necesario para abastecer esta nueva carga durante los horarios nocturnos (tarifa preferencial para recarga de vehículos eléctricos).
- Análisis de participación de vehículos eléctricos en la red como fuentes distribuidas durante horarios de mayor demanda.
- Estudio del impacto de la implantación de electrolineras en la red eléctrica de la ciudad de Guayaquil

5.4. Cronograma de actividades

En este apartado se detallan las actividades desarrolladas correspondientes a cada etapa del proyecto, tal como se muestra en el cuadro a continuación:

	Actividades realizadas															
	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Planteamiento del tema																
Capítulo 1 (Estructura y objetivos)																
Capítulo 2 (Marco teórico)																
Capítulo 3 (Metodología)																
Capítulo 4 (Casos de estudio)																
Capítulo 5 (Conclusiones y trabajos futuros)																

Figura 5.1: Cronograma de Actividades

Fuente: [Carlos Galarza, 2022]

Bibliografía

- [1] Diario El Comercio (2019), «Parque automotor de Ecuador creció en la última década».
- [2] AEADE (2021), «Ventas históricas de vehículos livianos».
- [3] Fayals Autos (2021), «Autos eléctricos en Ecuador aumentan ventas en 2021».
- [4] LugEnergy (2021), «¿Quién inventó el primer vehículo eléctrico de la historia?».
- [5] A. Tintelecan, A. C. Dobra and C. Marţiş (2019), «LCA Indicators in Electric Vehicles Environmental Impact Assessment».
- [6] Motorpasión (2019), «Anatomía del coche eléctrico».
- [7] VARUS Ecuador (2021), «Baterías para Vehículos Eléctricos».
- [8] Nogales, M (2021), «Lo que hay que saber sobre el mantenimiento de un coche eléctrico».
- [9] ABCmotor (2021), «¿Qué mantenimiento requiere un coche eléctrico?».
- [10] Motorpasión (2019), «El funcionamiento de un motor de combustión».
- [11] Grupo Novelec (2018), «Puntos de recarga domésticos para vehículos eléctricos».
- [12] Lijó Rubén (2018), «Guerra de estándares de cargadores de vehículos eléctricos».
- [13] Motorpasión (2019), «Tipos de conectores y modos de carga».
- [14] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019), «Ley Orgánica de Eficiencia Energética».
- [15] Agencia Europea de Medio Ambiente (2019), «Emisiones de CO2 originadas por el transporte».
- [16] López Javier – Movilidad Eléctrica (2020), «Diferencias entre protocolos WLTP y NEDC».
- [17] Moreno Luis (2021), «Estudio de viabilidad de vehículos eléctricos».
- [18] A. Megha, N. Mahendran and R. Elizabeth (2020), «Analysis of Harmonic Contamination in Electrical Grid due to Electric Vehicle Charging - Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)».

Apéndice

Apéndice A

FICHAS TÉCNICAS DE VEHÍCULOS

A.1. Ficha Técnica – BYD E3

BYD e3 400		100% ELÉCTRICO
ESPECIFICACIONES		
Parámetros básicos	GL 400	
Largo (mm)	4450	
Ancho (mm)	1760	
Alto (mm)	1520	
Distancia entre ejes (mm)	2610	
Ancho de vía (mm) (D/T)	1490/1470	
Min. distancia al suelo (mm) (carga completa)	120	
Radio de giro (mm)	5400	
Peso en vacío (kg)	1330	
Peso bruto (kg)	1705	
Número de Pasajeros	5	
Ruedas	205/60 R16	
Motor		
Max. potencia (kW)	70	
Max. torque (N·m)	180	
Transmisión		
Tipo de transmisión	Automática	
Batería		
Tipo de batería	NCM	
Capacidad (kWh)	47.3	
Voltage (V)	350.4	
Número de celdas	96	
Carga		
Podencia de carga	EU AC 7kW / GB AC 7kW / DC 50kW	
Tiempo de carga	6h (7kW) / 1h (50kW)	
Rendimiento		
Autonomía modo EV (km) (NEDC)	405	
Velocidad máxima (km/h)	130	
Aceleración de 0-100 km/h (s)	10.3	
Chasis		
Modo de conducción	Tracción delantera	
Suspensión delantera	Suspensión independiente de Macpherson	
Suspensión trasera	Suspensión no independiente de la barra de torsión	
Freno delantero	Disco	
Freno trasero	Disco	

Fuente: [BYD Ecuador, 2021]

A.2. Ficha Técnica – BYD S2

BYD S2 100% ELÉCTRICO		
ESPECIFICACIONES		
Parámetros básicos	GL 300	GL 400
Largo (mm)	4100	4360
Ancho (mm)	1785	1785
Alto (mm)	1680	1680
Distancia entre ejes (mm)	2535	2535
Ancho de vía (mm) (D/T)	1525/1535	1525/1535
Min. distancia al suelo (mm) (carga completa)	150	150
Radio de giro (mm)	5500	5500
Peso en vacío (kg)	1450	1580
Peso bruto (kg)	1825	1955
Número de asientos	5	5
Capacidad de carga (kg)	375	375
Ruedas	205/60 R16	205/60 R16
Motor		
Max. potencia (kW)	70	70
Max. torque (N-m)	180	180
Transmisión		
Tipo de transmisión	Automática	Automática
Batería		
Tipo de batería	NCM	NCM
Capacidad (kWh)	40.6	53.6
Voltage (V)	386.9	394.2
Amperaje (A)	105A	135A
Cantidad de celdas	106	100
Capacidad de cada celda (Ah)	105	115
Cargador		
Podencia de carga	GB AC 7kW/DC 40kW	EU AC 7kW/DC 50kW GB AC 7kW/DC 50kW
Tiempo de carga	6h/1h	
Rendimiento		
Autonomía modo EV (km) (NEDC)	305	400
Pendiente	30%	24%
Aceleración de 0-100 km/h (s)	13.9	15.6
Chasis		
Modo de conducción	Tracción delantera	
Suspensión delantera	Suspensión independiente de Macpherson	
Suspensión trasera	Suspensión no independiente de la barra de torsión	
Freno delantero	Disco	
Freno trasero	Disco	
Tren Motriz		
Modo de conducción	Tracción delantera	Tracción delantera
Potencia de batería	40.6kW-h	42kW-h
Autonomía (velocidad constante)	360km	500km
Nueva Energía		
Sistema de carga inteligente	●	●
Sistema de calefacción de baterías	●	●
Sistema de enfriamiento de baterías	●	●

Fuente: [BYD Ecuador, 2021]

A.3. Ficha Técnica - Dongfeng Rich 6 EV

PICKUP ELÉCTRICA DONGFENG RICH 6EV

Vehicle Model		ZN1032U5PBEV
Vehicle type		Electric RICH 6
Parameters	length / width / height (mm)	5290×1850×1820
	Wheelbase(mm)	3150
	Front / rear track width (mm)	1570/ 1570
	Maximum speed (km/h)	100
	Minimum ground clearance (mm)	180
	Curb weight (kg)	1985
	Minimum turning radius (m)	6.4
	Passenger numbers	5
	Tire size	255/60R18
	Driving range (km mode method)	403

Fuente: [Znissan China, 2021]

A.4. Ficha Técnica - Chevrolet Onix Turbo

NUEVO CHEVROLET ONIX SEDÁN

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	L1Z, N11, L1T	PREMIER1, L1T AT	
Tipo Motor	Turbo 1.0L	Turbo 1.0L	CAPACIDADES Y PESOS <hr/> Peso Bruto Vehicular (kg) 1538 <hr/> Peso Neto (kg) 1122 <hr/> Capacidad de carga (kg) 416 <hr/> Capacidad de cajuela (lt) 470 <hr/> Capacidad de tanque de combustible (lts) 44
Válvulas	12 (DOHC)	12 (DOHC)	
Dirección electrónica	●	●	
Frenos de discos delanteros	●	●	
Potencia máxima (HP @ rpm)	114 HP @5500	114 HP @5500	
Torque máximo (Nm @ rpm)	160 nm @2000	160 nm @2000	
Tipo de combustible	Gasolina	Gasolina	
Transmisión	Manual 5 velocidades	Automática 6 velocidades	

Fuente: [Chevrolet Ecuador, 2021]

A.5. Ficha Técnica – Chevrolet Groove

ALL NEW CHEVROLET GROOVE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor	1.5L DOHC (Tecnología DVCP)
Potencia (HP @ RPM)	110 @ 5.800
Torque (Nm @ RPM)	147 @ 3.600
Dirección	Eléctricamente asistida
Tracción	FWD
Transmisión	MT 6 Velocidades
Suspensión delantera	Independiente Mcpherson
Suspensión Trasera	Semi-independiente + barra de torsión
Frenos delanteros	Discos ventilados
Frenos traseros	Discos ventilados
Combustible	Gasolina
Cilindros	4



Fuente: [Chevrolet Ecuador, 2021]

A.6. Ficha Técnica - Dongfeng Rich 6 Gasolina

RICH 6 4X2 GASOLINA	
DONGFENG	
MOTOR	
Cilindrada:	2,438 cc
Cilindros:	4 cilindros
Número de válvulas:	16 válvulas
Relación de compresión:	10,5:1
Potencia:	156 HP @ 4600-5000 RPM
Torque:	235 Nm @ 2600-3200 RPM
Tipo de combustible:	Gasolina
Estándar de emisiones:	Euro V
Alimentación de combustible:	Inyección electrónica multipunto
Admisión de aire:	Aspiración natural
TRANSMISIÓN	
Caja:	Manual de 5 velocidades + reversa
Tracción:	2 WD
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y NEUMÁTICOS	
Tipo de dirección:	Hidráulica
Suspensión delantera:	Suspensión independiente de doble horquilla y amortiguadores de doble acción
Suspensión trasera:	Suspensión de ballestas con amortiguadores de doble acción
Neumáticos:	265 / 75 R16 / AT*
Tipo de aro:	Aluminio en color negro*
Radio de giro:	6,4 m
Kit de altura*	

Fuente: [Dongfeng Ecuador, 2021]

A.7. Ficha Técnica - Chevrolet D-Max CD 4x2 Diésel

CHEVROLET D-MAX CD 4x2 DIÉSEL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor	2.5L Turbo Diesel CRDI
Válvulas	16
Potencia Neta (HP@rpm)	134 @ 3600
Torque Neto (Nm@rpm)	320 @ 1800
Alimentación	CRDI
Transmisión	Manual 5 Velocidades
Tracción	4x2
Dirección	Hidráulica Piñón y Cremallera
Suspensión Delantera	Independiente Tipo Doble Wishbone
Suspensión Posterior	Rígida con Ballesta
Frenos Delanteros	Disco Ventilado
Frenos Posteriores	Tambor
Freno de Parqueo	Entre Asientos
Llantas	225/70 R15

CAPACIDADES Y PESOS

Peso Bruto Vehicular (kg)	2850
Capacidad Eje Delantero (kg)	1250
Capacidad Eje Posterior (kg)	1870
Capacidad de Carga (kg)	1090



Fuente: [Chevrolet Ecuador, 2021]

Apéndice B

TABLAS DE AMORTIZACIÓN DEL FINANCIAMIENTO

B.1. Tabla de amortización – Chevrolet Onix Turbo

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$197,64	\$200,27	\$202,94	\$205,65	\$208,39	\$211,17	\$213,98	\$216,84	\$219,73	\$222,66
Intereses	\$239,89	\$237,26	\$234,59	\$231,88	\$229,14	\$226,36	\$223,55	\$220,69	\$217,80	\$214,87
Subtotal Cuota	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53
Seguros	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96
Cuota Mensual	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49
Saldo	\$ 17.794,36	\$ 17.594,09	\$ 17.391,15	\$ 17.185,50	\$ 16.977,11	\$ 16.765,94	\$ 16.551,96	\$ 16.335,12	\$ 16.115,39	\$ 15.892,73
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
\$225,63	\$228,64	\$231,68	\$234,77	\$237,90	\$241,08	\$244,29	\$247,55	\$250,85	\$254,19	
\$211,90	\$208,89	\$205,85	\$202,76	\$199,63	\$196,45	\$193,24	\$189,98	\$186,68	\$183,34	
\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	
\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	
\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	
\$ 15.667,10	\$ 15.438,47	\$ 15.206,78	\$ 14.972,01	\$ 14.734,11	\$ 14.493,03	\$ 14.248,74	\$ 14.001,19	\$ 13.750,34	\$ 13.496,15	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
\$257,58	\$261,02	\$264,50	\$268,02	\$271,60	\$275,22	\$278,89	\$282,61	\$286,37	\$290,19	
\$179,95	\$176,51	\$173,03	\$169,51	\$165,93	\$162,31	\$158,64	\$154,92	\$151,16	\$147,34	
\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	
\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	
\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	
\$ 13.238,57	\$ 12.977,55	\$ 12.713,06	\$ 12.445,03	\$ 12.173,44	\$ 11.898,22	\$ 11.619,33	\$ 11.336,73	\$ 11.050,35	\$ 10.760,16	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
\$294,06	\$297,98	\$301,96	\$305,98	\$310,06	\$314,20	\$318,38	\$322,63	\$326,93	\$331,29	
\$143,47	\$139,55	\$135,57	\$131,55	\$127,47	\$123,33	\$119,15	\$114,90	\$110,60	\$106,24	
\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	
\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	
\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	
\$ 10.466,10	\$ 10.168,12	\$ 9.866,16	\$ 9.560,18	\$ 9.250,12	\$ 8.935,92	\$ 8.617,54	\$ 8.294,91	\$ 7.967,97	\$ 7.636,68	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
\$335,71	\$340,18	\$344,72	\$349,32	\$353,97	\$358,69	\$363,48	\$368,32	\$373,23	\$378,21	
\$101,82	\$97,35	\$92,81	\$88,21	\$83,56	\$78,84	\$74,05	\$69,21	\$64,30	\$59,32	
\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	
\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	
\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	
\$ 7.300,98	\$ 6.960,79	\$ 6.616,07	\$ 6.266,76	\$ 5.912,78	\$ 5.554,09	\$ 5.190,61	\$ 4.822,29	\$ 4.449,06	\$ 4.070,85	
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
\$383,25	\$388,36	\$393,54	\$398,79	\$404,11	\$409,49	\$414,95	\$420,49	\$426,09	\$431,77	
\$54,28	\$49,17	\$43,99	\$38,74	\$33,43	\$28,04	\$22,58	\$17,04	\$11,44	\$5,76	
\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	\$437,53	
\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	\$85,96	
\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	\$523,49	
\$ 3.687,59	\$ 3.299,23	\$ 2.905,69	\$ 2.506,90	\$ 2.102,80	\$ 1.693,30	\$ 1.278,35	\$ 857,87	\$ 431,77	\$ -	

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

B.2. Tabla de amortización – BYD E3

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$263,55	\$267,06	\$270,62	\$274,23	\$277,88	\$281,59	\$285,34	\$289,15	\$293,00	\$296,91
Intereses	\$319,89	\$316,38	\$312,82	\$309,21	\$305,55	\$301,85	\$298,09	\$294,29	\$290,43	\$286,53
Subtotal Cuota	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44
Seguros	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62
Cuota Mensual	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06
Saldo	\$ 23.728,45	\$ 23.461,40	\$ 23.190,77	\$ 22.916,55	\$ 22.638,66	\$ 22.357,07	\$ 22.071,73	\$ 21.782,58	\$ 21.489,57	\$ 21.192,66
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
\$300,87	\$304,88	\$308,95	\$313,07	\$317,24	\$321,47	\$325,76	\$330,10	\$334,50	\$338,96	
\$282,57	\$278,56	\$274,49	\$270,37	\$266,20	\$261,97	\$257,68	\$253,34	\$248,94	\$244,48	
\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	
\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	
\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	
\$ 20.891,79	\$ 20.586,91	\$ 20.277,96	\$ 19.964,90	\$ 19.647,66	\$ 19.326,19	\$ 19.000,43	\$ 18.670,33	\$ 18.335,83	\$ 17.996,87	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
\$343,48	\$348,06	\$352,70	\$357,40	\$362,17	\$367,00	\$371,89	\$376,85	\$381,87	\$386,97	
\$239,96	\$235,38	\$230,74	\$226,04	\$221,27	\$216,44	\$211,55	\$206,59	\$201,56	\$196,47	
\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	
\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	
\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	
\$ 17.653,39	\$ 17.305,33	\$ 16.952,63	\$ 16.595,22	\$ 16.233,05	\$ 15.866,06	\$ 15.494,16	\$ 15.117,32	\$ 14.735,44	\$ 14.348,47	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
\$392,13	\$397,35	\$402,65	\$408,02	\$413,46	\$418,97	\$424,56	\$430,22	\$435,96	\$441,77	
\$191,31	\$186,08	\$180,79	\$175,42	\$169,98	\$164,46	\$158,88	\$153,22	\$147,48	\$141,67	
\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	
\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	
\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	
\$ 13.956,35	\$ 13.558,99	\$ 13.156,34	\$ 12.748,32	\$ 12.334,86	\$ 11.915,89	\$ 11.491,33	\$ 11.061,10	\$ 10.625,15	\$ 10.183,38	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
\$447,66	\$453,63	\$459,68	\$465,81	\$472,02	\$478,31	\$484,69	\$491,15	\$497,70	\$504,34	
\$135,78	\$129,81	\$123,76	\$117,63	\$111,42	\$105,13	\$98,75	\$92,29	\$85,74	\$79,10	
\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	
\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	
\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	
\$ 9.735,72	\$ 9.282,09	\$ 8.822,41	\$ 8.356,60	\$ 7.884,58	\$ 7.406,27	\$ 6.921,59	\$ 6.430,43	\$ 5.932,73	\$ 5.428,40	
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
\$511,06	\$517,87	\$524,78	\$531,78	\$538,87	\$546,05	\$553,33	\$560,71	\$568,19	\$575,76	
\$72,38	\$65,56	\$58,66	\$51,66	\$44,57	\$37,39	\$30,11	\$22,73	\$15,25	\$7,68	
\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	\$583,44	
\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	\$114,62	
\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	\$698,06	
\$ 4.917,34	\$ 4.399,46	\$ 3.874,69	\$ 3.342,91	\$ 2.804,04	\$ 2.257,99	\$ 1.704,66	\$ 1.143,95	\$ 575,76	\$ -	

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

B.3. Tabla de amortización – Chevrolet Groove

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$202,03	\$204,72	\$207,45	\$210,22	\$213,02	\$215,86	\$218,74	\$221,66	\$224,61	\$227,61
Intereses	\$245,23	\$242,53	\$239,80	\$237,04	\$234,23	\$231,39	\$228,52	\$225,60	\$222,64	\$219,65
Subtotal Cuota	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26
Seguros	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87
Cuota Mensual	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13
Saldo	\$ 18.189,97	\$ 17.985,24	\$ 17.777,79	\$ 17.567,57	\$ 17.354,55	\$ 17.138,68	\$ 16.919,94	\$ 16.698,28	\$ 16.473,67	\$ 16.246,06
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
\$230,64	\$233,72	\$236,84	\$239,99	\$243,19	\$246,44	\$249,72	\$253,05	\$256,42	\$259,84	
\$216,61	\$213,54	\$210,42	\$207,26	\$204,06	\$200,82	\$197,54	\$194,21	\$190,83	\$187,41	
\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	
\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	
\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	
\$ 16.015,42	\$ 15.781,70	\$ 15.544,86	\$ 15.304,87	\$ 15.061,68	\$ 14.815,24	\$ 14.565,52	\$ 14.312,47	\$ 14.056,04	\$ 13.796,20	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
\$263,31	\$266,82	\$270,38	\$273,98	\$277,63	\$281,34	\$285,09	\$288,89	\$292,74	\$296,64	
\$183,95	\$180,44	\$176,88	\$173,28	\$169,62	\$165,92	\$162,17	\$158,37	\$154,52	\$150,61	
\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	
\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	
\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	
\$ 13.532,89	\$ 13.266,07	\$ 12.995,70	\$ 12.721,71	\$ 12.444,08	\$ 12.162,74	\$ 11.877,65	\$ 11.588,77	\$ 11.296,02	\$ 10.999,38	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
\$300,60	\$304,61	\$308,67	\$312,78	\$316,95	\$321,18	\$325,46	\$329,80	\$334,20	\$338,66	
\$146,66	\$142,65	\$138,59	\$134,47	\$130,30	\$126,08	\$121,79	\$117,45	\$113,06	\$108,60	
\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	
\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	
\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	
\$ 10.698,78	\$ 10.394,17	\$ 10.085,51	\$ 9.772,72	\$ 9.455,77	\$ 9.134,59	\$ 8.809,12	\$ 8.479,32	\$ 8.145,12	\$ 7.806,46	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
\$343,17	\$347,75	\$352,38	\$357,08	\$361,84	\$366,67	\$371,56	\$376,51	\$381,53	\$386,62	
\$104,09	\$99,51	\$94,87	\$90,18	\$85,41	\$80,59	\$75,70	\$70,75	\$65,73	\$60,64	
\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	
\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	
\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	
\$ 7.463,29	\$ 7.115,54	\$ 6.763,16	\$ 6.406,08	\$ 6.044,23	\$ 5.677,57	\$ 5.306,01	\$ 4.929,50	\$ 4.547,97	\$ 4.161,35	
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
\$391,77	\$397,00	\$402,29	\$407,65	\$413,09	\$418,60	\$424,18	\$429,83	\$435,57	\$441,37	
\$55,48	\$50,26	\$44,97	\$39,60	\$34,17	\$28,66	\$23,08	\$17,42	\$11,69	\$5,88	
\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	\$447,26	
\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	\$87,87	
\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	\$535,13	
\$ 3.769,58	\$ 3.372,58	\$ 2.970,29	\$ 2.562,64	\$ 2.149,55	\$ 1.730,95	\$ 1.306,77	\$ 876,94	\$ 441,37	\$ -	

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

B.4. Tabla de amortización – BYD S2

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$281,12	\$284,87	\$288,67	\$292,52	\$296,42	\$300,37	\$304,37	\$308,43	\$312,54	\$316,71
Intereses	\$341,23	\$337,48	\$333,68	\$329,83	\$325,93	\$321,98	\$317,97	\$313,92	\$309,80	\$305,64
Subtotal Cuota	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35
Seguros	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27
Cuota Mensual	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62
Saldo	\$ 25.310,88	\$ 25.026,01	\$ 24.737,34	\$ 24.444,83	\$ 24.148,41	\$ 23.848,04	\$ 23.543,67	\$ 23.235,23	\$ 22.922,69	\$ 22.605,98
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	\$320,93	\$325,21	\$329,55	\$333,94	\$338,40	\$342,91	\$347,48	\$352,11	\$356,81	\$361,57
	\$301,41	\$297,13	\$292,80	\$288,40	\$283,95	\$279,44	\$274,87	\$270,23	\$265,54	\$260,78
	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35
	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27
	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62
	\$ 22.285,04	\$ 21.959,83	\$ 21.630,28	\$ 21.296,33	\$ 20.957,94	\$ 20.615,03	\$ 20.267,55	\$ 19.915,44	\$ 19.558,63	\$ 19.197,06
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	\$366,39	\$371,27	\$376,22	\$381,24	\$386,32	\$391,47	\$396,69	\$401,98	\$407,34	\$412,77
	\$255,96	\$251,08	\$246,13	\$241,11	\$236,03	\$230,87	\$225,66	\$220,37	\$215,01	\$209,58
	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35
	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27
	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62
	\$ 18.830,67	\$ 18.459,40	\$ 18.083,18	\$ 17.701,94	\$ 17.315,62	\$ 16.924,15	\$ 16.527,45	\$ 16.125,47	\$ 15.718,13	\$ 15.305,36
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	\$418,28	\$423,85	\$429,50	\$435,23	\$441,03	\$446,91	\$452,87	\$458,91	\$465,03	\$471,23
	\$204,07	\$198,49	\$192,84	\$187,12	\$181,31	\$175,43	\$169,47	\$163,44	\$157,32	\$151,12
	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35
	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27
	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62
	\$ 14.887,08	\$ 14.463,23	\$ 14.033,72	\$ 13.598,49	\$ 13.157,46	\$ 12.710,54	\$ 12.257,67	\$ 11.798,76	\$ 11.333,73	\$ 10.862,49
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	\$477,51	\$483,88	\$490,33	\$496,87	\$503,50	\$510,21	\$517,01	\$523,91	\$530,89	\$537,97
	\$144,83	\$138,47	\$132,01	\$125,48	\$118,85	\$112,14	\$105,34	\$98,44	\$91,46	\$84,38
	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35
	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27
	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62
	\$ 10.384,98	\$ 9.901,10	\$ 9.410,77	\$ 8.913,89	\$ 8.410,40	\$ 7.900,19	\$ 7.383,18	\$ 6.859,27	\$ 6.328,38	\$ 5.790,41
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	\$545,14	\$552,41	\$559,78	\$567,24	\$574,80	\$582,47	\$590,23	\$598,10	\$606,08	\$614,16
	\$77,21	\$69,94	\$62,57	\$55,11	\$47,54	\$39,88	\$32,11	\$24,24	\$16,27	\$8,19
	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35	\$622,35
	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27	\$122,27
	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62	\$744,62
	\$ 5.245,27	\$ 4.692,86	\$ 4.133,08	\$ 3.565,84	\$ 2.991,04	\$ 2.408,57	\$ 1.818,34	\$ 1.220,24	\$ 614,16	\$ -

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

B.5. Tabla de amortización – Dongfeng Rich 6 Gasolina

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$228,39	\$231,44	\$234,53	\$237,65	\$240,82	\$244,03	\$247,29	\$250,58	\$253,92	\$257,31
Intereses	\$277,23	\$274,18	\$271,10	\$267,97	\$264,80	\$261,59	\$258,34	\$255,04	\$251,70	\$248,31
Subtotal Cuota	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62
Seguros	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34
Cuota Mensual	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96
Saldo	\$ 20.563,61	\$ 20.332,17	\$ 20.097,64	\$ 19.859,99	\$ 19.619,17	\$ 19.375,13	\$ 19.127,85	\$ 18.877,27	\$ 18.623,34	\$ 18.366,03
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
\$260,74	\$264,22	\$267,74	\$271,31	\$274,93	\$278,59	\$282,31	\$286,07	\$289,89	\$293,75	
\$244,88	\$241,40	\$237,88	\$234,31	\$230,69	\$227,03	\$223,31	\$219,55	\$215,73	\$211,87	
\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	
\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	
\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	
\$ 18.105,29	\$ 17.841,07	\$ 17.573,33	\$ 17.302,02	\$ 17.027,10	\$ 16.748,50	\$ 16.466,20	\$ 16.180,12	\$ 15.890,24	\$ 15.596,49	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
\$297,67	\$301,64	\$305,66	\$309,73	\$313,86	\$318,05	\$322,29	\$326,59	\$330,94	\$335,35	
\$207,95	\$203,98	\$199,96	\$195,89	\$191,76	\$187,57	\$183,33	\$179,03	\$174,68	\$170,27	
\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	
\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	
\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	
\$ 15.298,82	\$ 14.997,18	\$ 14.691,52	\$ 14.381,79	\$ 14.067,93	\$ 13.749,88	\$ 13.427,59	\$ 13.101,00	\$ 12.770,06	\$ 12.434,71	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
\$339,82	\$344,36	\$348,95	\$353,60	\$358,31	\$363,09	\$367,93	\$372,84	\$377,81	\$382,85	
\$165,80	\$161,27	\$156,67	\$152,02	\$147,31	\$142,53	\$137,69	\$132,78	\$127,81	\$122,77	
\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	
\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	
\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	
\$ 12.094,88	\$ 11.750,53	\$ 11.401,58	\$ 11.047,98	\$ 10.689,66	\$ 10.326,57	\$ 9.958,64	\$ 9.585,80	\$ 9.207,99	\$ 8.825,14	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
\$387,95	\$393,13	\$398,37	\$403,68	\$409,06	\$414,51	\$420,04	\$425,64	\$431,32	\$437,07	
\$117,67	\$112,50	\$107,25	\$101,94	\$96,56	\$91,11	\$85,58	\$79,98	\$74,30	\$68,55	
\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	
\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	
\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	
\$ 8.437,19	\$ 8.044,06	\$ 7.645,70	\$ 7.242,02	\$ 6.832,96	\$ 6.418,44	\$ 5.998,40	\$ 5.572,76	\$ 5.141,44	\$ 4.704,37	
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
\$442,90	\$448,80	\$454,79	\$460,85	\$466,99	\$473,22	\$479,53	\$485,92	\$492,40	\$498,97	
\$62,72	\$56,82	\$50,84	\$44,77	\$38,63	\$32,40	\$26,09	\$19,70	\$13,22	\$6,65	
\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	\$505,62	
\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	\$99,34	
\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	\$604,96	
\$ 4.261,47	\$ 3.812,67	\$ 3.357,89	\$ 2.897,04	\$ 2.430,05	\$ 1.956,82	\$ 1.477,29	\$ 991,37	\$ 498,97	\$ -	

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

B.6. Tabla de amortización – Chevrolet D-Max CD 4x2 Diésel

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$251,33	\$254,68	\$258,08	\$261,52	\$265,01	\$268,54	\$272,12	\$275,75	\$279,42	\$283,15
Intereses	\$305,07	\$301,72	\$298,32	\$294,88	\$291,39	\$287,86	\$284,28	\$280,65	\$276,97	\$273,25
Subtotal Cuota	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40
Seguros	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31
Cuota Mensual	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71
Saldo	\$ 22.628,67	\$ 22.373,99	\$ 22.115,91	\$ 21.854,39	\$ 21.589,39	\$ 21.320,85	\$ 21.048,73	\$ 20.772,98	\$ 20.493,56	\$ 20.210,41
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
\$286,93	\$290,75	\$294,63	\$298,56	\$302,54	\$306,57	\$310,66	\$314,80	\$319,00	\$323,25	
\$269,47	\$265,65	\$261,77	\$257,84	\$253,86	\$249,83	\$245,74	\$241,60	\$237,40	\$233,15	
\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	
\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	
\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	
\$ 19.923,48	\$ 19.632,73	\$ 19.338,10	\$ 19.039,55	\$ 18.737,01	\$ 18.430,44	\$ 18.119,78	\$ 17.804,98	\$ 17.485,99	\$ 17.162,74	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
\$327,56	\$331,93	\$336,35	\$340,84	\$345,38	\$349,99	\$354,65	\$359,38	\$364,18	\$369,03	
\$228,84	\$224,47	\$220,04	\$215,56	\$211,01	\$206,41	\$201,74	\$197,01	\$192,22	\$187,37	
\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	
\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	
\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	
\$ 16.835,18	\$ 16.503,25	\$ 16.166,89	\$ 15.826,06	\$ 15.480,67	\$ 15.130,68	\$ 14.776,03	\$ 14.416,65	\$ 14.052,47	\$ 13.683,44	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
\$373,95	\$378,94	\$383,99	\$389,11	\$394,30	\$399,56	\$404,88	\$410,28	\$415,75	\$421,29	
\$182,45	\$177,46	\$172,41	\$167,29	\$162,10	\$156,84	\$151,51	\$146,12	\$140,65	\$135,10	
\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	
\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	
\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	
\$ 13.309,49	\$ 12.930,55	\$ 12.546,56	\$ 12.157,45	\$ 11.763,15	\$ 11.363,60	\$ 10.958,72	\$ 10.548,44	\$ 10.132,68	\$ 9.711,39	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
\$426,91	\$432,60	\$438,37	\$444,22	\$450,14	\$456,14	\$462,22	\$468,39	\$474,63	\$480,96	
\$129,49	\$123,79	\$118,02	\$112,18	\$106,26	\$100,26	\$94,17	\$88,01	\$81,77	\$75,44	
\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	
\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	
\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	
\$ 9.284,48	\$ 8.851,87	\$ 8.413,50	\$ 7.969,28	\$ 7.519,14	\$ 7.063,00	\$ 6.600,78	\$ 6.132,39	\$ 5.657,76	\$ 5.176,80	
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
\$487,37	\$493,87	\$500,46	\$507,13	\$513,89	\$520,74	\$527,69	\$534,72	\$541,85	\$549,08	
\$69,02	\$62,53	\$55,94	\$49,27	\$42,51	\$35,65	\$28,71	\$21,68	\$14,55	\$7,32	
\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	\$556,40	
\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	\$109,31	
\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	\$665,71	
\$ 4.689,43	\$ 4.195,55	\$ 3.695,10	\$ 3.187,97	\$ 2.674,08	\$ 2.153,34	\$ 1.625,65	\$ 1.090,93	\$ 549,08	\$ -	

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]

B.7. Tabla de amortización – Dongfeng Rich 6 EV

AMORTIZACIÓN										
N° de Cuota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitalización	\$377,87	\$382,91	\$388,02	\$393,19	\$398,43	\$403,75	\$409,13	\$414,59	\$420,11	\$425,71
Intereses	\$458,67	\$453,63	\$448,52	\$443,35	\$438,11	\$432,79	\$427,41	\$421,96	\$416,43	\$410,83
Subtotal Cuota	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54
Seguros	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35
Cuota Mensual	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89
Saldo	\$ 34.022,13	\$ 33.639,21	\$ 33.251,19	\$ 32.858,00	\$ 32.459,57	\$ 32.055,82	\$ 31.646,69	\$ 31.232,11	\$ 30.811,99	\$ 30.386,28
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
\$431,39	\$437,14	\$442,97	\$448,88	\$454,86	\$460,93	\$467,07	\$473,30	\$479,61	\$486,01	
\$405,15	\$399,40	\$393,57	\$387,66	\$381,68	\$375,61	\$369,47	\$363,24	\$356,93	\$350,53	
\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	
\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	
\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	
\$ 29.954,89	\$ 29.517,74	\$ 29.074,77	\$ 28.625,90	\$ 28.171,03	\$ 27.710,11	\$ 27.243,03	\$ 26.769,73	\$ 26.290,12	\$ 25.804,11	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
\$492,49	\$499,05	\$505,71	\$512,45	\$519,28	\$526,21	\$533,22	\$540,33	\$547,54	\$554,84	
\$344,05	\$337,49	\$330,83	\$324,09	\$317,26	\$310,34	\$303,32	\$296,21	\$289,01	\$281,70	
\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	
\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	
\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	
\$ 25.311,63	\$ 24.812,58	\$ 24.306,87	\$ 23.794,42	\$ 23.275,14	\$ 22.748,93	\$ 22.215,71	\$ 21.675,38	\$ 21.127,84	\$ 20.573,00	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
\$562,23	\$569,73	\$577,33	\$585,03	\$592,83	\$600,73	\$608,74	\$616,86	\$625,08	\$633,42	
\$274,31	\$266,81	\$259,21	\$251,52	\$243,72	\$235,81	\$227,80	\$219,69	\$211,46	\$203,13	
\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	
\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	
\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	
\$ 20.010,77	\$ 19.441,04	\$ 18.863,71	\$ 18.278,69	\$ 17.685,86	\$ 17.085,13	\$ 16.476,39	\$ 15.859,54	\$ 15.234,46	\$ 14.601,04	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
\$641,86	\$650,42	\$659,09	\$667,88	\$676,78	\$685,81	\$694,95	\$704,22	\$713,61	\$723,12	
\$194,68	\$186,12	\$177,45	\$168,66	\$159,76	\$150,73	\$141,59	\$132,32	\$122,93	\$113,42	
\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	
\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	
\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	
\$ 13.959,18	\$ 13.308,76	\$ 12.649,67	\$ 11.981,79	\$ 11.305,01	\$ 10.619,20	\$ 9.924,25	\$ 9.220,03	\$ 8.506,42	\$ 7.783,30	
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
\$732,76	\$742,53	\$752,43	\$762,47	\$772,63	\$782,93	\$793,37	\$803,95	\$814,67	\$825,53	
\$103,78	\$94,01	\$84,11	\$74,07	\$63,91	\$53,61	\$43,17	\$32,59	\$21,87	\$11,01	
\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	\$836,54	
\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	\$164,35	
\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	\$1.000,89	
\$ 7.050,54	\$ 6.308,00	\$ 5.555,57	\$ 4.793,10	\$ 4.020,47	\$ 3.237,53	\$ 2.444,16	\$ 1.640,21	\$ 825,53	\$ -	

Fuente: [Carlos Galarza, 2021]