



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**“Estudio de factibilidad técnica para la implementación del  
transporte eléctrico en el Ecuador como aporte a las energías  
renovables y eficiencia energética”**

AUTOR:

LEÓN JORDAN, ARIEL ALEJANDRO

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO. M.Sc.

Guayaquil, 3 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **LEÓN JORDAN, ARIEL ALEJANDRO** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

### **TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO. M.Sc.**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO. M.Sc**

**Guayaquil, 3 de marzo del 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **LEON JORDAN ARIEL ALEJANDRO**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Estudio de factibilidad técnica para la implementación del transporte eléctrico en el Ecuador como aporte a las energías renovables y eficiencia energética**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 3 de marzo del 2020**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**LEÓN JORDAN, ARIEL ALEJANDRO**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **LEÓN JORDAN, ARIEL ALEJANDRO**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Estudio de factibilidad técnica para la implementación del transporte eléctrico en el Ecuador como aporte a las energías renovables y eficiencia energética**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 3 de marzo del 2020**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**LEÓN JORDAN ARIEL ALEJANDRO**



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todopoderoso, por haberme dado salud, sabiduría, paciencia, ingenio y sobretodo, por darme unos padres, hermanos, abuelitos, tíos y primos inmejorables, gracias a Dios por la vida de ellos, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de estos, mis seres queridos.

A mis padres, Ana y Alejandro por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar en mí y en mis metas, por desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada uno de sus consejos que me guiaron a largo de mis estudios.

A mis tíos, Pamela y Rubén por siempre estar pendiente de mis actividades, que con esfuerzo me han brindado su apoyo en cualquier situación, por su constancia, cariño y respaldo incondicional, gracias por ser pilares fundamentales durante el proceso de este reto académico.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis amados abuelos Rosa y Jorge, porque con su infinito amor, comprensión y apoyo permanente, fueron factores fundamentales durante el proceso previo a la obtención de mi título. Dios les preste vida para que sigan siendose participe y disfruten con orgullo de mis próximos logros académicos y personales, y los de sus demás nietos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ, M.Sc.**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, M.Sc.**  
COORDINADOR DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**ING. JUAN CARLOS LÓPEZ CAÑARTE, M.Sc.**  
OPONENTE

## ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1 : GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Antecedentes .....	3
1.4 Planteamiento del problema .....	4
1.5 Objetivos .....	4
1.5.1 Objetivo General .....	4
1.5.2 Objetivos Específicos .....	4
1.6 Hipótesis .....	4
1.7 Metodología .....	5
Capítulo 2 : MOVILIDAD ELÉCTRICA SOSTENIBLE.....	6
2.1 Estado de la movilidad eléctrica sostenible a nivel mundial.....	6
2.1.1 Avance en ventas de vehículos eléctricos en el mundo .....	8
2.2 Tipología de vehículos eléctricos .....	11
2.2.1 Vehículos eléctricos a batería (BEVs) .....	11
2.2.2 Vehículos híbridos eléctricos (HEV) .....	12
2.2.3 Vehículos eléctricos de autonomía extendida o Extended- (E-REV) .....	13

2.2.4 Buses eléctricos .....	14
2.2.5 Motocicletas y vehículos de tres ruedas .....	15
2.3 Puntos de carga para vehículos eléctricos .....	15
2.3.1 Wallbox .....	17
2.3.2 Estaciones de carga .....	18
2.3.3 Carga inalámbrica .....	18
2.3.4 Estación de carga portátil .....	19
2.4 Los dueños de la nueva industria de cero emisiones.....	20
2.5 Noruega, el país con más vehículos eléctricos per cápita del mundo .....	22
Capítulo 3 : IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL TRANSPORTE ELÉCTRICO .....	28
3.1 Acuerdo de Paris .....	28
3.1.1 Objetivos para la reducción de emisiones de los países asociados .....	29
3.2 Emisiones GEI y consumo energético .....	30
3.3 Vehículos eléctricos versus vehículos de combustión interna .....	32
3.3.1 Materiales utilizados .....	33
3.3.2 Fabricación.....	33
3.3.3 Fase de uso: conducción.....	34
3.3.4 Mantenimiento .....	35

3.3.5 Emisión de partículas PM <sub>2,5</sub> y PM <sub>10</sub> .....	36
3.3.7 Eficiencia.....	38
3.3.8 Fin de su vida útil.....	41
3.3.9 Reciclaje de las baterías para vehículos eléctricos .....	42
Capítulo 4 : ANÁLISIS DEL TRANSPORTE ELÉCTRICO EN ECUADOR .....	44
4.1 Diagnóstico de la situación actual en el Transporte .....	44
4.2 Ecuador y su sobredimensionamiento en la potencia eléctrica instalada .....	46
4.3 Normas vehiculares e incentivos fiscales para la movilidad eléctrica .....	49
4.4 Necesidad de una política de Eficiencia Energética.....	53
4.5 Análisis económico para la implementación de electrolinerías .....	54
4.5.1 Cálculo del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno .....	60
APORTACIONES .....	61
Capítulo 5 : ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRANSPORTE ELÉCTRICO, SU EVOLUCIÓN Y PROPUESTA PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL ECUADOR.....	61
5.1 Propuestas para la implementación del transporte eléctrico sostenible como solución a largo plazo de problemas socioambientales del país .....	61
5.1.1 Expandir los programas para vehículos eléctricos de alto uso.....	62
5.1.2 Ofrecer mayores incentivos financieros .....	65
5.1.3 Incrementar los incentivos no financieros.....	66

5.1.4 Incluir vehículos eléctricos en los planes de desarrollo a largo plazo .....	67
5.1.5 Políticas de desguace (chatarización). .....	67
5.1.6 Configuración de la flota .....	68
5.1.7 Mantenimiento de Vehículos .....	68
5.1.8 Adopción de buenas prácticas de conducción. ....	69
5.2 Evolución del transporte eléctrico y sus múltiples beneficios económicos y ambientales. ....	69
5.2.1 Ventajas medioambientales y económicas de los taxis eléctricos .....	70
5.3 Incentivos para el uso de transporte eléctrico a través de la determinación del estado actual de generación y consumo de la energía eléctrica en el país .....	72
5.4 Comprobación de la viabilidad del transporte eléctrico en base al consumo de energía de vehículos eléctricos en el país .....	74
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
Conclusiones .....	76
Recomendaciones .....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	78
ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ventas de vehículos eléctricos en el mundo en miles de unidades.....	8
Figura 2.2: Los 10 países con mayores ventas de vehículos eléctricos en el primer semestre del 2019 .....	9
Figura 2.3: Matriculaciones de turismos y vehículos comerciales en Europa en el primer semestre 2019 .....	10
Figura 2.4: Vehículo eléctrico tipo VE, BEV .....	11
Figura 2.5: Vehículo híbrido eléctrico, HEV .....	12
Figura 2.6: Vehículo eléctrico tipo E-REV, PHEV .....	13
Figura 2.7: Bus eléctrico BYD K9 .....	14
Figura 2.8: Motocicleta eléctrica Emocycles 2000 .....	15
Figura 2.9: Modelo de garaje solar fabricado por Solar Watts .....	16
Figura 2.10: Wallbox para carga de vehículos eléctricos.....	17
Figura 2.11: Estación de carga en exteriores para vehículos eléctricos .....	18
Figura 2.12: Tipo de carga inalámbrica para vehículos eléctricos .....	19
Figura 2.13: Estación de carga portátil de Volkswagen.....	20
Figura 2.14: Los 10 mayores fabricantes en miles de unidades en el primer semestre 2019.....	21
Figura 2.15: Puntos de recargas en Noruega crecen en función del parque automotriz .....	23

Figura 2.16: MF Ampère primer barco totalmente eléctrico .....	26
Figura 3.1: Leyenda "El Acuerdo de París es un hecho" en el Arco del Triunfo .....	28
Figura 3.2: Vehículos eléctricos versus vehículos de combustión interna.....	32
Figura 3.3: Partes principales de un vehículo eléctrico vs vehículo de combustión interna .....	35
Figura 3.4: Valoración de impactos relacionados con el cambio climático.....	37
Figura 3.5: Campaña contra la contaminación acústica en las calles .....	38
Figura 3.6: Esquema de frenado regenerativo en un Toyota Prius .....	39
Figura 3.7: Vehículo eléctrico volkswagen y su amplio espacio interior .....	40
Figura 3.8: Reciclaje de baterías en vehículos eléctricos .....	42
Figura 4.1: Estructura del consumo de energía por sectores.....	44
Figura 4.2: Producción energética acumulada de Ecuador hasta el 6 de febrero de 2020.....	47
Figura 4.3: Desglose de producción energética 2019 .....	48
Figura 4.4: Resumen de incentivos a movilidad eléctrica.....	52
Figura 4.5: Esquema de instalación de un punto de carga lenta .....	55
Figura 4.6: Esquema de instalación de un punto de carga semi-rápida .....	56
Figura 4.7: Esquema de instalación de un punto de carga rápida .....	58
Figura 4.8: Esquema de los cargadores de una electrolinera .....	59

Figura 5.1: Taxis eléctricos de la flota Kia Soul EV de la ciudad de Loja .....	62
Figura 5.2: Electrolinera de Guayaquil de 1 megavatio de potencia instalada .....	63
Figura 5.3: Pico y placa en la ciudad de Quito.....	66
Figura 5.4: Vehículos parte del pasado plan renova en el país .....	68
Figura 5.5: Taxi de combustible vs taxi eléctrico .....	71
Figura 5.6: Vehículo Kia Rio .....	72
Figura 5.7: Vehículo eléctrico Byd E5.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Emisiones de CO2 en las diferentes etapas.....	31
Tabla 3.2: Energía utilizada en las diferentes etapas .....	31
Tabla 3.3: Comparativa de mantenimiento entre EV y de combustión interna .....	36
Tabla 3.4: Consumo energético según la categoría del vehículo .....	41
Tabla 4.1: Venta de vehículos híbridos y eléctricos en Ecuador desde 2016 .....	46
Tabla 4.2: Energía neta producida por las centrales de generación en el año 2019 ..	49
Tabla 4.3: ICE para distintos vehículos por tecnología y precio de venta.....	51
Tabla 4.4: Presupuesto para punto de carga lenta .....	55
Tabla 4.5: Presupuesto para punto de carga lenta y semi-rápida .....	56
Tabla 4.6: Presupuesto para 3 puntos de carga en parqueos subterráneos .....	57
Tabla 4.7: Presupuesto para 3 puntos de carga en parqueos al aire libre .....	58
Tabla 4.8: Presupuesto para punto de carga rápida .....	60
Tabla 5.1: Valores y tiempo de recarga en la electrolinera de Guayaquil .....	64
Tabla 5.2: Ventajas medioambientales y económicas de los taxis eléctricos .....	70
Tabla 5.3: Análisis de datos en base a especificaciones kia rio .....	72
Tabla 5.4: Análisis de datos en base a especificaciones Byd E5 .....	73
Tabla 5.5: Comparativa en base a especificaciones kia rio vs Byd E5 .....	74
Tabla 5.6: Datos de consumo en base a aumento del parque automotor eléctrico.....	75

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad innovar e impulsar a la introducción de energías renovables y eficiencia energética a través del transporte eléctrico sostenible en Ecuador tanto público como privado, debido a que es un tipo de transporte con un impacto ambiental menor al común, que en su gran mayoría es alimentado a base de energía renovable como los paneles solares fotovoltaicos, asimismo la búsqueda del aprovechamiento total de la capacidad energética del Ecuador, eliminación de subsidio de los combustibles fósiles que generaría un ahorro millonario al país debido a que anualmente Ecuador gasta 1.400 millones de dólares por concepto de subsidio de combustibles, además que de esta manera se mantendría el costo del pasaje de transporte público sin afectar la economía de los ecuatorianos usuarios del transporte público y así llegar al objetivo de que nuestras ciudades sean ecológicas amigables con el medio ambiente, libres de ruido, CO2 y Diesel.

Palabras claves: Eficiencia energética, Transporte Eléctrico Sostenible, Impacto Ambiental, Subsidio, Combustibles Fósiles, Capacidad Energética, Economía.

## **ABSTRACT**

The purpose of this degree work is to innovate and promote the introduction of renewable energies and energy efficiency through sustainable electric transport in Ecuador, both public and private, because it is a type of transport with an environmental impact that is less than common, as in the great majority is powered by renewable energy such as photovoltaic solar panels, also the search for the full use of Ecuador's energy capacity, elimination of fossil fuel subsidy that would generate a millionaire savings to the country because Ecuador annually spends 1.400 million dollars for fuel subsidy, in addition to this, the cost of the public transport ticket would be maintained without affecting the economy of Ecuadorian users of public transport and thus reach the aim of making our cities environmentally friendly with The environment, free of noise, CO2 and Diesel.

Keywords: Energy efficiency, Sustainable Electric Transportation, Environmental Impact, Subsidy, Fossil Fuels, Energy Capacity, Economy.

# **CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **1.1 Introducción**

Entre los principales temas de interés a nivel mundial en el campo de programas de protección al medio ambiente, energías renovables y eficiencia energética un tema que siempre resalta y marca una tendencia es el del transporte eléctrico sostenible como reemplazo del transporte público y privado tradicional. En los últimos años se está promoviendo a gobiernos, empresas e industrias a que se sumen al transporte eléctrico sostenible e inviertan en proyectos de este tipo que ayudan al cuidado del medio ambiente y promueven el uso de energías renovables ya que los puntos de cargas o también llamadas electrolinerías en su mayoría son alimentados por paneles solares fotovoltaicos. En este contexto el objetivo a largo plazo es el cambio del transporte público y privado tradicional a base de combustibles fósiles por el transporte eléctrico sostenible y que si es alimentado a base de paneles solares fotovoltaicos mucho mejor ya que aporta el uso de energías renovables.

Pero, así como se promueve también se está innovando en el campo del transporte eléctrico privado, muestra de eso es la búsqueda de obtener una carga rápida similar a las de los smartphones pero para los vehículos y ya tuvo resultados favorables con el diseño de una batería de litio capaz de cargar un vehículo eléctrico en 10 minutos gracias al aporte de científicos de la Universidad Estatal de Pensilvania, en Estados Unidos, que han desarrollado una batería de iones de litio que se carga a una temperatura elevada para aumentar la velocidad de reacción, pero mantiene la celda fría durante la descarga, lo que permite la posibilidad de agregar más de 300 kilómetros de autonomía a un vehículo eléctrico en 10 minutos.

## **1.2 Justificación**

Con la finalidad de optimizar la capacidad energética del Ecuador y ayudar a la protección del medio ambiente se indica que es justificable realizar un estudio de factibilidad para la implementación del transporte eléctrico en el Ecuador. Además de brindar un entorno amigable con el medio ambiente, la implementación de este estudio le generaría un ahorro económico al Ecuador por concepto de eliminación de subsidios a los combustibles fósiles ya sea de forma gradual o al 100%, cabe señalar que en la Ley Orgánica de Eficiencia energética en el Art. 14., ya se establece que a partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e interparroquial, en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico.

## **1.3 Antecedentes**

El Ecuador tiene una capacidad instalada de 8.036 MW (MEER,2018), sin mencionar los miles de wattios de proyectos fotovoltaicos que están ingresando al sector privado, nuestro país en la actualidad está solo utilizando 3.700 MW, es decir 47% (MEER, 2018), por tal motivo tenemos un excedente en la capacidad energética para que actividades cotidianas como la cocción y los medios de transporte sean eléctricos.

Un bus eléctrico tiene una capacidad instalada de 300 KW, es decir con el 53% de energía que no usamos tenemos capacidad para atender 14 millones de buses, y en Ecuador solo existen 10500 buses urbanos (ANT, 2016) y el total de vehículos del Ecuador está en alrededor de 2 millones de unidades (INEC, 2017), es decir tenemos capacidad de sobra, para que nuestras ciudades sean ecológicas, libres

de ruido, libres de Diesel y CO<sub>2</sub>, pero sobre todo no afectar el bolsillo del ecuatoriano.

#### **1.4 Planteamiento del problema**

Los combustibles fósiles tienen las características de no ser renovables, alto costo de producción que termina subsidiado por el gobierno y genera contaminación, por lo que es necesario encontrar otra alternativa de energía renovable.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo General**

Analizar la factibilidad técnica para la implementación a través de energías renovables del transporte eléctrico masivo en el Ecuador.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la evolución del transporte eléctrico y sus múltiples beneficios económicos y ambientales.
- Incentivar el uso de transporte eléctrico a través de la determinación del estado actual de generación y consumo de la energía eléctrica en el país.
- Promover una solución a largo plazo para eliminar el subsidio a los combustibles fósiles y beneficiar la economía del Ecuador sin afectar el costo del transporte público.

#### **1.6 Hipótesis**

Mediante el estudio de factibilidad técnica se puede proponer que la utilización del excedente de la capacidad energética del parque hidroeléctrico que existe en el país podrá disminuir la utilización de los combustibles fósiles.

## **1.7 Metodología**

La metodología aplicada en esta investigación es de tipo mixta, tanto descriptiva, explicativa como bibliográfica, la cual está relacionada con un análisis de factibilidad para la implementación de energías renovables a través del transporte eléctrico en el Ecuador en la búsqueda de optimizar la capacidad energética sin afectar el medio ambiente, contribuyendo al cambio de la matriz productiva.

## MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2 : MOVILIDAD ELÉCTRICA SOSTENIBLE

#### 2.1 Estado de la movilidad eléctrica sostenible a nivel mundial

La cantidad de vehículos eléctricos ha aumentado de manera exponencial en todo el mundo en la última década. En 2017 circulaban más de tres millones de ellos, principalmente en Estados Unidos, Asia y Europa. Sin embargo, América Latina y el Caribe es una de las regiones con menor incorporación de este tipo de automotores en todo el mundo (Madrigal, 2019).

En los últimos años estamos siendo testigos de la reinención de los vehículos hacia la tracción eléctrica y su abandono a los motores de combustión y con ellos los combustibles fósiles, que como se conoce se encuentran limitados. En este contexto nace la movilidad eléctrica sostenible, a partir de la búsqueda de una alternativa en el sector del transporte ante la limitación de los combustibles fósiles, de la urgente necesidad de reducir el impacto ambiental del transporte convencional como la emisión de gases a la atmosfera que provocan el cambio climático, la reducción del ruido y su aporte tanto al uso de energías renovables como a la eficiencia energética.

La electromovilidad representa una gran oportunidad para América Latina y el Caribe. Su implementación contribuirá a incrementar la seguridad y la resiliencia energética, ayudará a reducir los efectos negativos en la salud causados por la contaminación local, mejorará los servicios de transporte y electricidad, e incidirá en el proceso de descarbonización de la región. Además, se desarrollarán nuevas cadenas de valor en la industria digital y automotriz, con la oportunidad de generar empleos de alto valor agregado (Madrigal, 2019).

Los gobiernos con sus políticas públicas ya están adoptando la movilidad eléctrica sostenible, desde los scooters o patinetas eléctricas que llegan hasta los 60km/h que en algunos países ya son y en otros están siendo regulados por los organismos competentes hasta los autos eléctricos, en principio con las ideas de que exista una mejora en la calidad del aire y para hacer frente al cambio climático, una problemática de la que es común escuchar en los últimos años y que preocupa por el avance drástico que está teniendo. La búsqueda de reforzar la seguridad energética mediante la disminución de las importaciones de combustibles fósiles, mejorar la competitividad de las flotas de automóviles y la mejora del transporte público son factores importantes también.

Si bien en la calidad del aire han existido algunas mejoras, todavía muchas ciudades de la región de Latinoamérica y el Caribe aún tienen sus niveles de contaminación muy por encima de los límites seguros establecidos por la Organización Mundial de la Salud. (Mojica & Lefevre, 2018) refieren que las estimaciones conservadoras sugieren que cada año 50,000 personas mueren prematuramente en la región debido a la contaminación del aire que es causada principalmente por el sector del transporte.

El sector del transporte tanto en Latinoamérica como el Caribe es la principal fuente de más crecimiento de emisiones relacionadas con la energía.

Si la flota actual de autobuses y taxis en 22 ciudades latinoamericanas se reemplazara inmediatamente con vehículos eléctricos, la región podría ahorrar casi USD \$ 64 mil millones en combustible para 2030 y evitar la emisión de 300 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. (Mojica & Lefevre, 2018)

Bajo este escenario los formuladores de las políticas públicas notan que no hay tiempo que perder pues la región tiene una creciente tasa de motorización. Esto implica una situación a futuro con mayores emisiones, aumento del uso de combustible y peor calidad del aire. Lo que también significaría una mayor congestión vial que afectaría la productividad y el crecimiento económico.

### 2.1.1 Avance en ventas de vehículos eléctricos en el mundo

El proceso de sustitución avanza a escala global no a la velocidad que muchos ciudadanos deseáramos, pero hay un avance y eso es lo importante, aunque hay países en los que sí que se han puesto como objetivo la implementación del transporte eléctrico sostenible a grandes escalas y que con las correctas acciones, beneficios e información a los ciudadanos están logrando realizar el cambio hacia un transporte más amigable con el medio ambiente.



Figura 2.1: Ventas de vehículos eléctricos en el mundo en miles de unidades

Fuente: (Granda, 2019)

En el plano mundial dentro del top ten de los países con mayores ventas de vehículos eléctricos se encuentran 5 países europeos: Noruega en tercer lugar, Alemania, cuarto puesto; Francia, quinto; Países Bajos, sexto y Reino Unido, en noveno lugar. Tres asiáticos: China, Corea del Sur y Japón ocupando el primer, séptimo y décimo lugar respectivamente y del continente americano: Estados Unidos

aparece en segundo lugar mientras Canadá ocupa el octavo puesto en el listado basado en datos del primer semestre del 2019.



Figura 2.2: Los 10 países con mayores ventas de vehículos eléctricos en el primer semestre del 2019

Fuente: (Granda, 2019)

Si las ventas del coche eléctrico fuesen una carrera de fórmula 1, esta sería muy aburrida. China lideró cómodamente las comercializaciones de este tipo de vehículos con el 56% de la cuota mundial en el primer semestre del año, según datos publicados por la consultora Jato. Las matriculaciones de automóviles eléctricos en China aumentaron un 111% respecto al mismo semestre del año anterior, con un total de 430.700 unidades, mientras que en todo el mundo se vendieron 765.000 automóviles (un 92,6% más). (Granda, 2019)

Detrás del gigante asiático ocupa el segundo lugar Estados Unidos, con un incremento de las comercializaciones del 87%, hasta la cifra de 116.200 vehículos eléctricos. Mientras que Europa en su conjunto no alcanzó a representar ni una cuarta parte de las matriculaciones de vehículos 100% eléctricos.

De este top ten de países en los que más vehículos eléctricos fueron vendidos durante los primeros seis meses del 2019, el único país en el que se experimentaron caídas en las comercializaciones de este tipo de autos fue en Japón, con una disminución del 27%. Mientras tanto, Países Bajos experimentó el mayor aumento, con un crecimiento del 118% en las ventas respecto al primer semestre del año pasado, llegando a la cifra total de 17.800 automóviles eléctricos.

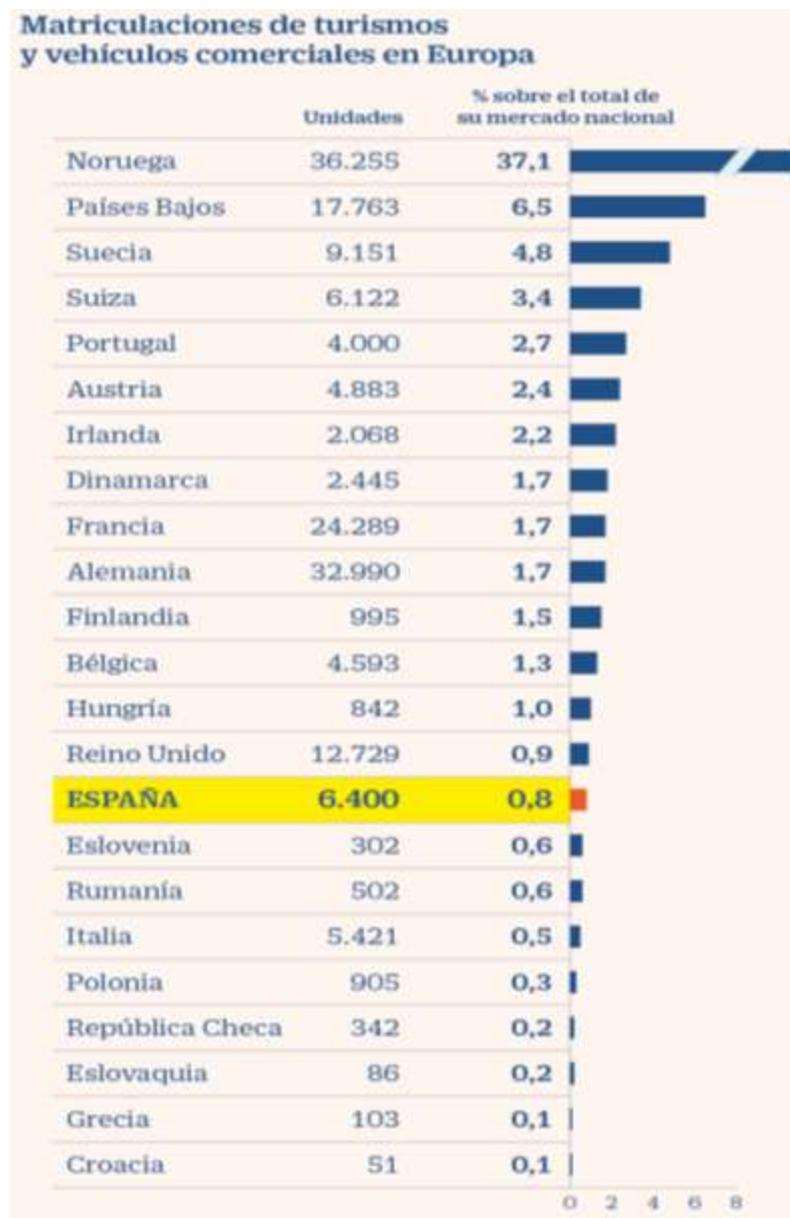


Figura 2.3: Matriculaciones de turismos y vehículos comerciales en Europa en el primer semestre 2019

Fuente: (Granda, 2019)

## 2.2 Tipología de vehículos eléctricos

En los últimos años en cuanto a la movilidad eléctrica sostenible se han desarrollado diferentes tipos de vehículos ya sean 100% eléctricos o híbridos; de los cuales muchos de ellos ya los hemos observado de cerca o tal vez usado ya que se encuentran recorriendo las distintas carreteras del país y otros disponibles al público en el mercado automotriz. A continuación, un breve resumen destacando las características más conocidas y las siglas usadas en su designación.

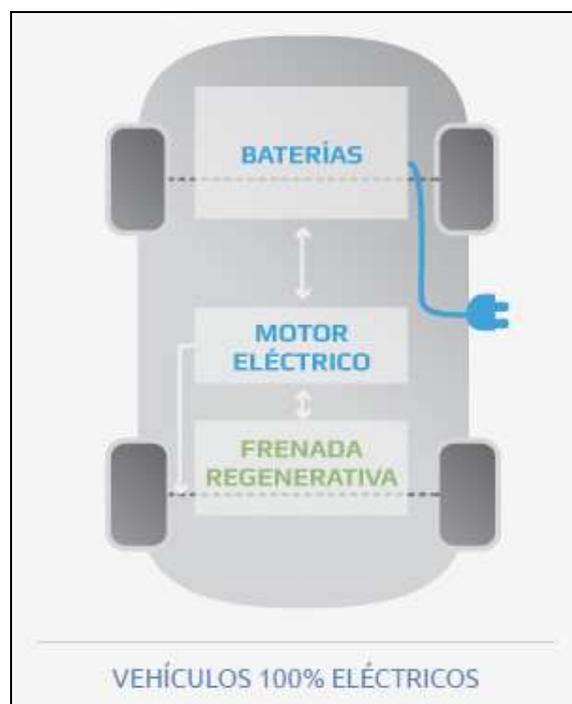


Figura 2.4: Vehículo eléctrico tipo VE, BEV

Fuente: (Quetzal, 2017)

### 2.2.1 Vehículos eléctricos a batería (BEVs)

Este tipo de vehículos son 100% eléctricos, no necesitan abastecerse de combustible para poder funcionar, son propulsados por electricidad almacenada en una batería de larga vida, diseñadas especialmente para estos vehículos y que se encuentran en constante evolución por el tema de la carga rápida. En general son baterías de Li-Ion o baterías de níquel-hierro. Dado que la fuente de propulsión es la

electricidad, en principio las emisiones de CO<sub>2</sub> del surtidor a las ruedas, T2W, es cero. Desde luego, las emisiones para generar la electricidad, producir y reciclar los vehículos, no están contabilizadas en esta última aseveración. La batería se carga de la red eléctrica convencional o puntos de cargas públicas también llamados electrolinerías, diseñados especialmente para este fin. (Gil & Prieto, 2013, p.47)



Figura 2.5: Vehículo híbrido eléctrico, HEV

Fuente: (Quetzal, 2017)

### 2.2.2 Vehículos híbridos eléctricos (HEV)

Los híbridos, este tipo de vehículos combinan automáticamente entre un motor de combustión interna eficiente y un motor eléctrico para maximizar la eficiencia de combustible. El motor de combustión interna carga la batería. De esta manera es posible recorrer varios kilómetros en estos vehículos usando sólo motores eléctricos. Algunos modelos pueden combinar los dos tipos de motores (eléctrico y combustión interna) en momentos en que se requiere mucha potencia, por ejemplo, fuertes aceleraciones. También existen otros modelos que tienen un motor eléctrico



## 2.2.4 Buses eléctricos

Los buses eléctricos autónomos tienen el mismo principio de funcionamiento y usan componentes iguales que los vehículos livianos pero adaptados a las 15 toneladas de peso de este tipo de vehículos. Los buses utilizan un sistema de propulsión eléctrica, impulsado por un sistema de baterías con sistemas de frenos regenerativos y otros componentes eléctricos.

En general, compiten dos soluciones tecnológicas diferentes. La primera consiste de buses con un gran pack de baterías, típicamente de litio-ferrofosfato (LFP por sus siglas en inglés) que les permite operar un día completo con una sola carga, efectuada durante toda una noche a través de sistemas de carga estacionaria. Mientras que la otra tecnología consiste de buses equipados con un pack de tamaño menor, pero con baterías de litio y titanio (LPO) capaces de descargarse en un corto lapso de tiempo, por lo que se recargan varias veces durante el día con un “system opportunity charging” o bien, un sistema de carga de oportunidad o en ruta, que consiste también en un sistema de carga estacionaria. (López & Galarza, 2016, p.14)



Figura 2.7: Bus eléctrico BYD K9

Fuente: (Build Your Dreams [BYD], 2018)

### 2.2.5 Motocicletas y vehículos de tres ruedas

A nivel global, se estima una cifra total de 313 millones de motocicletas convencionales, de las cuales China posee entre 198-230 millones, aproximadamente el 50% de la flota de China corresponde a motocicletas eléctricas. Estas motocicletas son enchufables y funcionan generalmente con baterías de litio al igual que las últimas generaciones de bicicletas eléctricas. Se estima que en el año 2015 se vendieron 40 millones de motocicletas y bicicletas eléctricas a nivel global, de las cuales entre 30 y 35 millones de las ventas nuevamente se llevaron a cabo en China. (López & Galarza, 2016, p15)



Figura 2.8: Motocicleta eléctrica Emocycles 2000

Fuente: (Ojea, 2018)

### 2.3 Puntos de carga para vehículos eléctricos

Los puntos de recarga pueden ser exteriores, hay instalados postes de recarga en sitios estratégicos, mientras que, en recintos cerrados, como por ejemplo un garaje, se instala una caja de recarga en la pared (WallBox) como punto de recarga. En exteriores, estos puntos de recarga se pueden combinar con el uso de energía renovables como por ejemplo las llamadas "fotolineras", estaciones de recarga

similares a las gasolineras, pero para vehículos eléctricos donde se hace uso de la energía solar para recargar los vehículos eléctricos. También, en cualquier parking o garaje en el exterior se pueden instalar paneles solares para producir energía limpia y alimentar los autos eléctricos. La empresa Solar Watts ha tomado la iniciativa y ha replicado esta idea para tipos residencial, ya está trabajando en este mercado y ofreciendo instalaciones de este tipo en su página web (holandés). Lo llaman Solar carports.(Quetzal, 2017)

Este tipo de aleación de las fotoneras con energía limpia para la recarga de los vehículos eléctricos es la más eco amigable y recomendada en especial para los países que no cuentan con diversas o al menos un tipo de energía renovable en su generación de electricidad, ya que aparte de los beneficios que ofrecen los vehículos eléctricos en comparación con los autos con motor de combustión, agregaría el plus que la energía eléctrica usada para la recarga del vehículo proviene de una energía renovable como la fotovoltaica, es decir gracias a la energía aprovechada del sol es posible recargar un vehículo eléctrico, sin usar derivados del petróleo como en los autos con motor de combustión.



Figura 2.9: Modelo de garaje solar fabricado por Solar Watts

Fuente: (Quetzal, 2017)

El método de carga de los vehículos eléctricos es tan sencillo como la forma en que se carga cualquier smartphone o tablet, tan sólo hay que acostumbrarse. Al igual que ocurre con estos dispositivos móviles, es necesario cargarlo cuando el vehículo lo necesite. En cuanto a su alimentación, los autos eléctricos o híbridos enchufables podrán cargarse en cualquier enchufe, con el cable incluido en el equipamiento de serie. Existen distintas opciones de carga (Bayerische Motoren Werke [BMW], 2019) destaca los siguientes:

### 2.3.1 Wallbox

Hoy en día existe la posibilidad de recargar un vehículo eléctrico desde la comodidad de casa. Gracias a la wallbox, una caja de recarga que se empotra en la pared junto al garaje del auto para que el usuario pueda recargar su automóvil mientras está parqueado en su casa sin usarlo o al finalizar la rutina diaria y de esta manera esté disponible y a plena carga a la hora que lo va a usar. Un punto extra de este método de carga es que no se tendrá que ir a una estación de carga al contar con una wallbox en el domicilio a menos que sea de emergencia o trayectos largos.



Figura 2.10: Wallbox para carga de vehículos eléctricos

Fuente: (BMW, 2019)

### 2.3.2 Estaciones de carga

Este tipo de estaciones se instalan en exteriores en parqueaderos, por lo general estas estaciones se realizan gracias a la gestión de las autoridades de las ciudades y algunas veces gracias a la inversión de la empresa privada o la unión de ambas para incentivar la compra de los vehículos eléctricos y que los ciudadanos al ver un buen número de estaciones de carga en la ciudad se motiven a sumarse a la transición hacia la movilidad eléctrica sostenible, estas estaciones de carga son similares a los parquímetros, algunos se encuentran en veredas y otros en parqueaderos, estas estaciones permiten que usuarios con autos eléctricos que no cuenten con un wallbox en sus domicilios puedan recargar sus vehículos como en las gasolineras.



Figura 2.11: Estación de carga en exteriores para vehículos eléctricos

Fuente: (BMW, 2019)

### 2.3.3 Carga inalámbrica

La tecnología de carga inalámbrica ya conocida y usada en múltiples smartphones, tablets y relojes inteligentes ahora ya es una realidad en la industria de la movilidad eléctrica sostenible y se encuentra disponible para los vehículos

eléctricos en primera instancia gracias a la empresa automotriz alemana BMW que se convirtió en el primer fabricante de automóviles en el mundo en ofrecer carga inalámbrica para un híbrido enchufable. La carga inalámbrica de BMW le permite conducir hacia adelante sobre la placa de carga, en cuyo punto la carga comienza inmediatamente, sin la necesidad de cables. (BMW, 2019)

A futuro se espera que demás fabricantes continúen e innoven sus modelos de vehículos con este método de carga tanto para vehículos 100% eléctricos como para vehículos híbridos enchufables. Lo que produciría confianza en los usuarios al verificar el avance tecnológico de la industria de los vehículos eléctricos.



Figura 2.12: Tipo de carga inalámbrica para vehículos eléctricos

Fuente: (BMW, 2019)

#### **2.3.4 Estación de carga portátil**

Es posible que una batería de iones de litio que estuvo en la carretera una década o más ya no sea adecuada para impulsar un vehículo, pero aún podría tener una capacidad de energía considerable. Y los vehículos eléctricos pueden necesitar carga en lugares donde talvez no haya cargadores disponibles. Esos dos problemas tienen la misma solución. Volkswagen Group planea producir esta estación portátil de carga rápida, diseñada para retener hasta 360 kilovatios por hora de energía, la

estación de carga rápida puede cargar hasta cuatro autos a la vez, con una salida máxima de carga rápida de 100 kW. Al igual que un cargador portátil para celulares, el cargador de Volkswagen Group se puede usar hasta que se agote o se conecte a una fuente de alimentación para mantenerse recargado. (Volkswagen, 2019a)



Figura 2.13: Estación de carga portátil de Volkswagen

Fuente: (Volkswagen, 2019a)

El cargador es diseñado para usar los mismos paquetes de baterías que el vehículo eléctrico MEB de Volkswagen, de modo que cuando esos paquetes lleguen al final de su vida útil, puedan tener una segunda vida como estación de recarga. (Volkswagen, 2019a)

## 2.4 Los dueños de la nueva industria de cero emisiones

Si preguntamos a nuestros amigos o conocidos ¿Cuál crees que es la marca de autos eléctricos que más vende en el mundo? Existe la gran posibilidad de que acierten a la primera y sí, Tesla es la marca que comanda la nueva industria de cero emisiones, gracias a su mediático CEO, el magnate Elon Musk, cofundador de

PayPal, Tesla Motors, SpaceX, Hyperloop, SolarCity, The Boring Company, Neuralink y OpenAI.

Musk, director general de SpaceX, Tesla Motors, presidente de SolarCity y copresidente de OpenAI ha sabido usar el marketing a su favor y el de sus emprendimientos, como en la presentación de su más reciente auto insignia la Cybertruck, más rápida que un Porsche 911 y mejor que una F-150, el pasado 21 de noviembre del presente año camioneta de la cual se presumió tener vidrios blindados y que terminaron rompiéndose en la demostración dando de qué hablar en todo el mundo y más al saber que como refiere (Frías, 2019) en 3 días ya existían 200.000 mil reservas del auto previsto a salir al mercado en 2021.



Figura 2.14: Los 10 mayores fabricantes en miles de unidades en el primer semestre 2019

Fuente: (Granda, 2019)

Es entonces Tesla Motors con el 21,7% del mercado. El fabricante de vehículos eléctricos que se quedó con más de la quinta parte de las ventas mundiales de estos coches, con un total de 166.000 unidades. “El 57% de sus ventas las realizó en Estados Unidos. El podio lo completaron dos fabricantes chinos, Byd (con 96.000

vehículos vendidos) y Baic (52.000 coches). En el top ten de productores, ocho fueron asiáticos.” (Granda, 2019)

El Nissan Leaf retrocede en el viejo continente, fue el vehículo eléctrico más vendido en Europa el año 2018, con 40.000 unidades, sus ventas decayeron durante el primer semestre de este año un 9% en Europa, con 16.195 vehículos matriculados. En el mundo, durante el primer semestre, se matricularon 35.000 unidades de este modelo. El fabricante japonés Nissan ocupa continua la lista en el cuarto lugar, con 47.000 autos eléctricos vendidos a nivel mundial.

El europeo Renault ocupó el séptimo lugar en la tabla de fabricantes de vehículos eléctricos, con 29.000 unidades matriculadas, detrás de Hyundai (coreana) y JAC (china), que vendieron 31.000 coches cada uno. Las tres marcas que completaron el top ten fueron las chinas Chery, Geely y Ora. (Granda, 2019)

## **2.5 Noruega, el país con más vehículos eléctricos per cápita del mundo**

En el país escandinavo la demanda es tan alta que los compradores deben esperar varios meses para obtener los vehículos eléctricos deseados.

Según destaca Steffen Kallbekken, director de investigación del Centro Internacional de Investigación Climática y Ambiental (CICERO, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Oslo, “Noruega es el país con el mayor número de autos eléctricos per cápita en el mundo. Uno de cada cinco automóviles nuevos vendidos es eléctrico, y más del 50% de los automóviles nuevos vendidos en 2017 eran híbridos eléctricos o enchufables.” (Elcacho, 2018)

Noruega es el país que se debe tener como ejemplo a seguir en cuanto a la transformación hacia un modelo de movilidad 100% eléctrica. La electrificación del

país es viable dado que, en volumen de energía lo que se precisa para el transporte, supone un cuarto del consumo total del país. Además, sus objetivos a corto, mediano y largo plazo en el ámbito de la movilidad eléctrica sostenible están alineados con el resto de metas en cuanto al impacto ambiental y como país parte del Acuerdo de París que son reducir el 40% de las emisiones en 2030 y en el año 2050 ser neutral en la emisión de carbono.

La demanda de automóviles eléctricos en Noruega está creciendo tan rápidamente que los fabricantes de automóviles no pueden seguirle el ritmo. Ya que en Noruega miles de ciudadanos han estado esperando durante varios meses sus nuevos vehículos eléctricos, los vendedores de estos automóviles han optado por extender repetidamente las fechas de entrega, asegura el equipo de Steffen Kallbekken. (Elcacho, 2018)



Figura 2.15: Puntos de recargas en Noruega aumentan en función del parque automotriz

Fuente: (Elcacho, 2018)

Noruega es el país con mayor número de vehículos eléctricos per cápita del mundo, solo en 2017 el 21% de los vehículos nuevos eran eléctricos y si sumamos los modelos híbridos, el 52% de los coches vendidos en el país durante el año pasado

fueron eléctricos o híbridos. Por lo que, por primera vez, el país escandinavo ha tenido una participación en el mercado de combustibles fósiles por debajo del 50 por ciento, a su vez como se puede observar en la figura los puntos de recarga aumentan en distintos sitios estratégicos para cubrir la demanda de los nuevos vehículos eléctricos que se van uniendo cada mes a la transición hacia la movilidad eléctrica sostenible. (Fernández, 2018)

Un dato que vale destacar es que el combustible en Noruega es muy caro (1,52 euros el litro de diésel, mientras que la gasolina rara vez está por debajo de los 1,60 euros el litro). Por muy buenos salarios que tengan sus habitantes, es evidente que el nivel de vida también es mucho más caro y, por lo tanto, estos precios del combustible son excesivos incluso para alguien que cobre 3.000 o 4.000 euros al mes.

Cabe recalcar que toda esta transición hacia la movilidad eléctrica sostenible no sería posible sin el apoyo de las políticas públicas del gobierno noruego. Para incentivar las ventas de los autos eléctricos, Noruega ayuda de varias formas a todos sus ciudadanos que adquieren un vehículo eléctrico. Entre los factores que han asegurado el éxito es su plan de ayudas que se ha puesto en ejecución y que consta de eximir a todos los vehículos eléctricos nuevos de casi la totalidad de sus impuestos, además de asignar beneficios como estacionamientos gratuitos, sistemas de puntos de recarga de energía. Algunos de los beneficios más destacados en Noruega como (Asociación Nacional Ecuatoriana de Turismo y Automovilismo [ANETA], 2018) asegura son:

- El comprador de un vehículo eléctrico queda exento de pagar casi todos sus impuestos

- En muchas ciudades como Oslo no se paga “ticket” por aparcar en zonas reguladas. Además, también se puede circular libremente por los carriles bus (lo que ha llegado a ser todo un problema).
- No se paga por circular por carreteras de peaje.
- Recargar un coche eléctrico es mucho más barato que llenar el depósito de un vehículo de combustión. Para que nos hagamos una idea, allí el kWh puede llegar a rondar los 0,10€.
- El gobierno apuesta de lleno por los puntos de recarga, y en Oslo se ha creado una instalación enorme, moderna y ambiciosa diseñada para recargar 102 coches eléctricos a la vez.

Desde el gobierno noruego han confirmado que todas estas facilidades, ayudas y apoyos que conllevan a la transición hacia la movilidad eléctrica sostenible van a continuar en vigencia al menos hasta el presente año, ya que tienen trazado como objetivo a mediano plazo declarar prohibida la venta de vehículos a gasolina y diésel para el año 2025, al igual que en teoría acabarán haciendo otros países que siguen el paradigma del transporte eléctrico como lo son Francia, Estados Unidos o China. Por lo tanto, no es aventurado decir que estamos a menos de diez años para que esta transición de tanta importancia para el mundo por sus múltiples beneficios se haga realidad con la prohibición de vender vehículos a diésel o gasolina. (ANETA, 2018)

Al comprobar las cifras que refleja la movilidad eléctrica sostenible en Noruega, a través de su ente regulador en el país que es la Federación Noruega de Carreteras, veremos que durante el año 2017 el 52% de los automóviles que se

compraron en dicho país fueron eléctricos o híbridos, cifra que aumentó con respecto al año 2016 en un 40%. De esta manera, en Noruega se ha marcado un hito, ya que los fabricantes de vehículos eléctricos y vehículos híbridos se han convertido en los primeros del mundo en conseguir vender más de la mitad de su flota en estas categorías. (ANETA, 2018)

La ambiciosa propuesta de electrificación en Noruega también tiene en cuenta el mar, (Fernández, 2018) afirma que:

En 2030 el 40% de todos los barcos en el transporte local deberán funcionar con biocombustibles o buques de emisión baja o cero. El buque Ampère inició el cambio tecnológico en el mar. Desde entonces, cuatro transbordadores eléctricos más han entrado en funcionamiento y otros 62 están en camino. Y se espera que, en 2021, un tercio de las embarcaciones noruegas serán eléctricas. (p.6)



Figura 2.16: MF Ampère primer barco totalmente eléctrico

Fuente: (Fleetmon, 2018)

La electrificación del sector de transporte es un elemento crítico para afrontar el cambio climático. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (IEA), para

limitar el incremento global de la temperatura a menos de 2°C para el año 2050 – la meta establecida por el Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) durante la 21ª sesión de la Conferencia de las Partes (COP) en diciembre del año 2015 – el 18% de la reducción en emisiones de carbono debe venir del sector del transporte. (Marchán & Viscidi, 2016, p.1)

Entonces la Agencia Internacional de Energía (IEA) dice que para llegar al cumplimiento de este propósito para el año 2050 deben estar en circulación cerca de mil millones de vehículos eléctricos que equivaldrían a una cifra mayor del 40% de la flota de vehículos livianos. (Marchán & Viscidi, 2016) aseguran que “Estas proyecciones requerirán también que la producción del sector eléctrico sea casi completamente descarbonizada a través de un aumento en la generación de la energía renovable”. (p.1). Punto que Ecuador tendría a su favor gracias a la gran cantidad de energía eléctrica que es producida a través de energías renovables impulsando el cambio de la matriz productiva en el país.

En Latinoamérica, 100 millones de personas viven en áreas susceptibles a la contaminación del aire. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que las ciudades donde se respira más aire contaminado son Lima, La Paz, Bogotá, Sao Paulo y Buenos Aires.

Por otro lado, (Banco Mundial, 2019) establece que:

La necesidad de responder a los desafíos de la movilidad es inapelable, tomando en cuenta que 8 de cada 10 latinoamericanos viven en las ciudades, y que para 2050 las urbes mundiales albergarán unos 5.400 millones de habitantes, lo que equivaldría a las dos terceras partes de la población global.

## CAPÍTULO 3 : IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL TRANSPORTE ELÉCTRICO

### 3.1 Acuerdo de París

En el mes diciembre de 2015, todos los países del mundo a excepción de Siria y Nicaragua, 195 en total, se unieron al primer pacto global para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al aumento de la temperatura global. Fue un logro diplomático histórico. Este pacto global es el llamado Acuerdo de París. (Plumer, 2017). Incluso hasta se llegó a iluminar el Arco del Triunfo en París con la leyenda “Accord DeParis c’est fait” celebrando la ratificación del pacto



Figura 3.1: Leyenda "El Acuerdo de París es un hecho" en el Arco del Triunfo

Fuente: (Plumer, 2017)

Diversos estudios científicos señalan ya las perspectivas del planeta en caso de los gases de efecto invernadero (GEI) como (Organización de Naciones Unidas [ONU], 2018) que asegura “El transporte tradicional emite unas 8 gigatoneladas de emisiones de carbono a la atmósfera anualmente, una cantidad que podría duplicarse

para 2040 y acelerar el cambio climático”. Es decir, de seguir al ritmo actual, la temperatura de la atmósfera seguirá en aumento y hasta podría pasar el umbral de dos grados Celsius más respecto a la temperatura preindustrial. Lo que provocaría que el planeta será más caliente, un incremento en los niveles del mar, las tormentas e inundaciones serían más fuertes, al igual que las sequías y más condiciones extremas.

### **3.1.1 Objetivos para la reducción de emisiones de los países asociados**

El Acuerdo de París tiene como meta específica evitar que el aumento de la temperatura media global del planeta llegue a superar los 2°C respecto a los niveles preindustriales y busca, además, promover esfuerzos adicionales que hagan todo lo posible para que el calentamiento global no supere los 1,5°C. De esta manera, el Acuerdo de París recoge la mayor ambición posible para reducir tanto los riesgos como los impactos del cambio climático en todo el mundo y, al mismo tiempo, incluye todos los elementos necesarios para que se pueda alcanzar este objetivo. (Miteco, 2019)

El Acuerdo de París exige a todas las Partes a que realicen todo lo que esté en su mano por medio de contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) y que redoblen sus esfuerzos en años próximos. Esto abarca la obligación de que todas las Partes informen periódicamente sobre sus emisiones y sobre sus múltiples esfuerzos de aplicación. También existirá un inventario mundial cada cinco años para evaluar el avance colectivo hacia el logro del propósito del acuerdo, y para informar sobre nuevas medidas individuales de todas las Partes. (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC], 2018)

### 3.2 Emisiones GEI y consumo energético

Al abordar temas de debate que salen a relucir en discusiones sobre el versus entre el transporte convencional por motores de combustión con el de los autos eléctricos y sobre el impacto ambiental en la movilidad eléctrica sostenible como lo son las emisiones de gases de efecto invernadero o GEI y el consumo de energía en el transporte se debe considerar las etapas en los diferentes niveles funcionales que subyacen a la prestación de los servicios del sector del transporte ya sea de personas o mercancías. Que están determinadas por tres etapas:

**WTT** = Del pozo de petróleo al tanque del vehículo o **Well-To-Tank** significado de su abreviatura en inglés, esta es la primera etapa y concierne a las transformaciones de la energía para pasar de la extracción de la fuente primaria a la disponibilidad en el vehículo. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018, p.3)

**TTW** = Del tanque a la rueda o **Tank-to-Wheel** por sus siglas en inglés, esta es la segunda etapa, conocida por ser el proceso que conduce a la movilidad, conlleva, los cambios en el vehículo para la transformación de la energía almacenada en el tanque o batería, en la fuerza de tracción capaz de asegurar el mismo movimiento del vehículo y su carga útil. (CEPAL, 2018, p.4)

**WTW** = Del pozo a la rueda o **Well-to-Wheel** por sus siglas en inglés, es la unión de las anteriores dos etapas, también definida muchas veces conjuntamente como el consumo total de energía involucrada en las transformaciones y las características operacionales de los vehículos. (CEPAL, 2018, p.4)

En las siguientes tablas se realiza una comparativa entre los principales tipos de vehículos y sus emisiones de CO<sub>2</sub> y energía utilizada en sus distintas etapas:

Tabla 3.1: Emisiones de CO2 en las diferentes etapas

Tipo de vehículo	Emisión de CO2 (g CO2 /km)		
	WTT	TTW	WTW
Eléctrico	78	0	78
Hibrido Gasolina-Electricidad	36	75	111
Hibrido Diesel-Electricidad	36	68	105
GLP	17	142	160
Gasolina	29	156	185
Diesel	25	120	145

Fuente: (CEPAL, 2018)

Tabla 3.2: Energía utilizada en las diferentes etapas

Tipo de vehículo	Energía utilizada (MJ/100km)		
	WTT	TTW	WTW
Eléctrico	118	52	170
Hibrido Gasolina-Electricidad	52	116	168
Hibrido Diesel-Electricidad	52	107	159
GLP	17	142	160
Gasolina	26	216	241
Diesel	33	163	196

Fuente: (CEPAL, 2018)

### 3.3 Vehículos eléctricos versus vehículos de combustión interna

La Agencia Europea de Medio Ambiente, EIA o EEA por sus siglas en español e inglés, publicó en noviembre del 2018 el informe “Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives”, un análisis profundo de los actuales impactos de los vehículos eléctricos tomando en consideración todo su ciclo de vida: la extracción de los materiales para fabricarlo, su producción, su conducción y su tratamiento como residuo. En lo que respecta específicamente al cambio climático, aunque las emisiones de los vehículos eléctricos asociadas a las materias primas y a la fabricación son entre 1,3 y 2 veces más altas que las de los automóviles convencionales de motor de combustión, el conjunto de ellas a lo largo de todo su ciclo de vida son un 17-21% más bajas que un automóvil diésel y un 26-30% inferiores a otro de gasolina. Esto es suponiendo que su batería se recargaría con el tipo de electricidad media existente hoy en día en la Unión Europea, pues en caso de que la energía eléctrica que se usaría para la recarga de los vehículos eléctricos llegue de parques eólicos entonces sus emisiones serían casi un 90% menores que las de un coche convencional. (Álvarez, 2018)



Figura 3.2: Vehículos eléctricos versus vehículos de combustión interna

Fuente: (Asociación Valenciana del vehículo eléctrico [AVVE], 2018)

Por tales razones (European Environment Agency [EEA], 2018) indica que “Aunque los vehículos eléctricos generan mayores impactos en el uso de materiales y en su fabricación, estos ofrecen importantes oportunidades para reducir las emisiones causantes del calentamiento global y la contaminación del aire en las ciudades”. (p.62)

### **3.3.1 Materiales utilizados**

En comparación con un vehículo de gasolina o diésel, un EV necesita por lo general una serie de materiales suplementarios por la batería y el motor. Según el informe de la EIA, Agencia Europea de Medio Ambiente por sus siglas en inglés, un vehículo eléctrico puede usar de media cuatro veces más cobre, y potencialmente, más níquel, así como otros materiales críticos y tierras raras. Esto puede suponer en el futuro alguna complicación en cuanto al suministro, pero también conlleva unos impactos en la extracción y procesamiento de esos materiales. En lo que corresponde a la carrocería y resto de sistemas no existen diferencias entre un coche de motor de combustión y otro eléctrico. (Álvarez, 2018)

Para la EEA (como se cita en Álvarez, 2018), “Estos impactos relacionados con los materiales extra se podrían reducir usando otros materiales alternativos, buscando formas de utilizar menos o favoreciendo el reciclaje y la reutilización de estos componentes”.(p.5)

### **3.3.2 Fabricación**

Esta es la etapa que suele suponer más emisiones que otro convencional de gasolina o diésel, debido fundamentalmente a la energía utilizada en la batería (relacionada con el 33-44% del total de emisiones en la producción del vehículo). Sin embargo, el impacto real va a depender mucho de dónde se fabrique esa batería y de

qué energía se utilice. Hoy en día, estas se producen en su mayoría en países como China, que utilizan todavía muchas centrales eléctricas contaminantes, por ello esta fase de fabricación supone un tercio de todas las emisiones relacionadas con el vehículo durante su vida útil. También resulta clave el tipo de batería utilizada. Según el informe, las de menor impacto en la fabricación serían las de litio fosfato de hierro (LiFePO<sub>4</sub>) y las de litio níquel manganeso óxido de cobalto (LiNMC), aunque las primeras no pueden suministrar hoy en día suficiente autonomía para la mayoría de vehículos eléctricos y están principalmente restringidas a los vehículos híbridos. Con todo, se espera que sigan mejorando las prestaciones de las baterías de Li-ion y apareciendo otras nuevas. (Álvarez, 2018)

La (EEA, 2018) considera que “Los impactos de la fabricación se podrían reducir aumentando el uso de energía renovables en aquellos países donde se producen más baterías (China, Corea del Sur y Japón), usando coches pequeños o utilizando las baterías con menor impacto.”

### **3.3.3 Fase de uso: conducción**

Para comparar de forma científica y correctamente un vehículo eléctrico con otro auto de motor de combustión durante su uso en lo que respecta a los gases causantes del cambio climático, se debe considerar no solo las emisiones de sus motores sino también las generadas para obtener el combustible o electricidad, lo denominado “del pozo a la rueda” (well-to-wheel). En este caso, el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente afirma que un automóvil de motor de combustión de tamaño mediano emite de media unos 143 gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro y uno eléctrico de características similares (que utilice para recargarse el actual mix eléctrico medio de la UE) entre 60 y 76 gramos de CO<sub>2</sub>, es decir, entre un

47% y un 58% menos. Por otro lado, se espera que las emisiones producidas por la generación de la electricidad se reduzcan en Europa, al aumentar las energías renovables. (Álvarez, 2018)

### 3.3.4 Mantenimiento

Los vehículos eléctricos tienen un menor mantenimiento en comparación con los autos con motor de combustión y además este mantenimiento es más barato, debido a que el motor de los vehículos eléctricos es mucho más simple que el de uno a combustión, sobre todo al tener menos piezas y que estas sufren menos desgaste al no tener que exponerse a altas temperaturas. Los automóviles eléctricos por ejemplo no tienen depósitos de aceite, cárter, filtros, carburador, bujías, correas de distribución, tubo de escape, tanque de combustible, bomba de combustible, entre otras piezas.

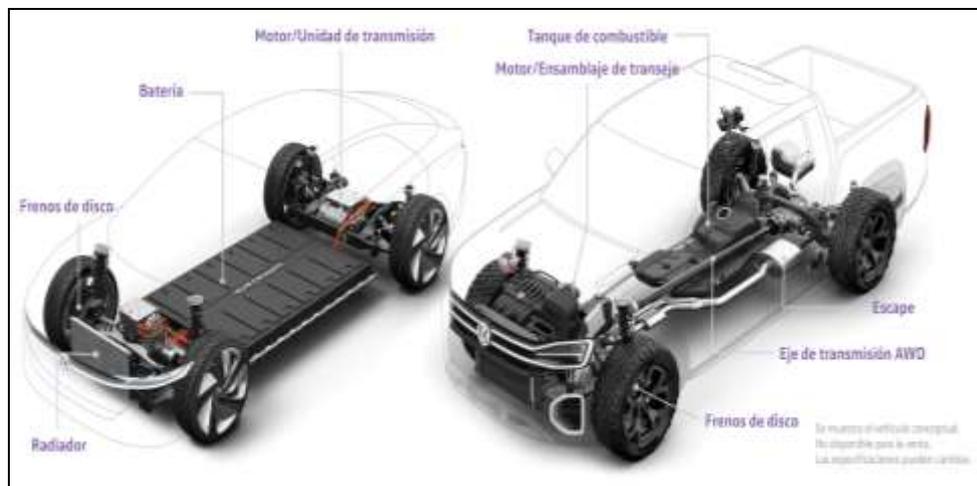


Figura 3.3: Partes principales de un vehículo eléctrico vs vehículo de combustión interna

Fuente: (Volkswagen, 2019b)

En la imagen se puede apreciar las principales partes internas entre un vehículo eléctrico y otro de motor de combustión resaltando el menor número de piezas en el vehículo eléctrico.

Tabla 3.3: Comparativa de mantenimiento entre EV y de combustión interna

<b>Mantenimiento del vehículo</b>		
	<b>Eléctrico</b>	<b>De combustión interna</b>
Aceite de caja y motor	NO	SI
Bujías	NO	SI
Correas de distribución	NO	SI
Filtro de aire	NO	SI
Filtro de combustible	NO	SI
Líquido de frenos	SI	SI
Pastillas de freno	SI	SI
Discos de freno	SI	SI
Baterías	SI	SI
Amortiguadores	SI	SI
Refrigerante	SI	SI

Fuente: (Fernández, 2019)

### **3.3.5 Emisión de partículas $PM_{2,5}$ y $PM_{10}$**

Si bien un vehículo eléctrico no tiene tubo de escape y su motor no produce contaminantes como el caso de los autos convencionales y su motor de combustión, estos al igual que los vehículos convencionales sí generan partículas  $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$  por la abrasión de las ruedas contra el asfalto y, en menor medida, por el freno,

ya que gracias al uso del freno regenerativo en los vehículos eléctricos estos emiten menos partículas. Según el informe de la European Environment Agency, en condiciones reales resulta complicado comparar este tipo de contaminación, pero considera que es igual en ambos tipos o solo un poco menor en los EV. Con todo, si se tiene en cuenta también la contaminación que sale de los tubos de escape de los vehículos convencionales, entonces un coche eléctrico genera localmente la octava parte de PM<sub>10</sub> de uno diésel. De esta manera, en lo que respecta a las emisiones dañinas para la salud, aunque se produzcan emisiones extra en las centrales para producir la electricidad con la que se van a recargar los vehículos eléctricos, estos suponen una reducción de la contaminación del aire a escala local en las ciudades, lo que es sinónimo de un gran beneficio para la salud de todos los ciudadanos ya sea que estén de acuerdo o en contra de la movilidad eléctrica sostenible. El informe cita como ejemplo un estudio de modelización que encontró que la electrificación de un 40% de los vehículos en Barcelona y Madrid reduciría las concentraciones de NO<sub>2</sub> en más de un 16% (30 y 35 µg/m<sup>3</sup> in Barcelona and Madrid, respectivamente). (Álvarez, 2018)

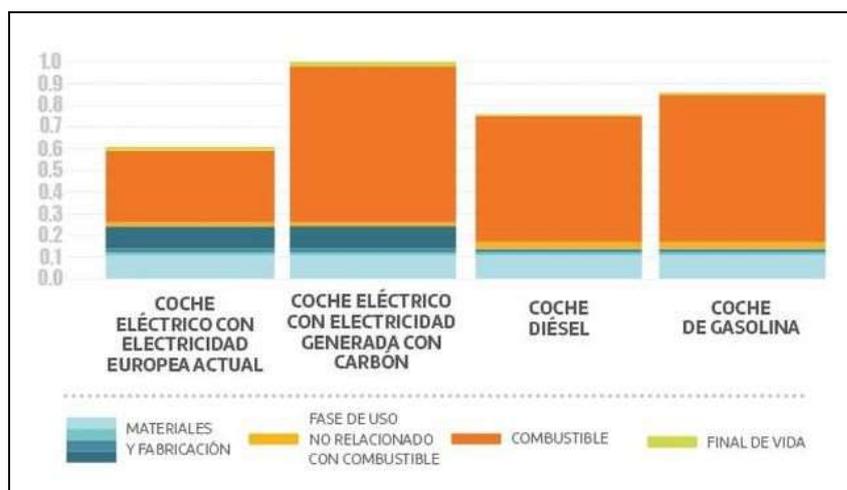


Figura 3.4: Valoración de impactos relacionados con el cambio climático

Fuente: (Álvarez, 2018)

### 3.3.6 Contaminación acústica

Otro tipo de contaminación a la que no se le da tanta prioridad como a la de los GEI, pero que no por ello tiene menos relevancia es la contaminación acústica, que incluso muchas veces se puede observar campañas en contra de esta. En lo que respecta a los impactos en la salud de los habitantes debido a esta clase de contaminación, la (EEA, 2018) determina que “El vehículo eléctrico es menos ruidoso a velocidades lentas, pero esta diferencia se reduce según se va acelerando el coche (al aumentar el ruido de las ruedas contra el asfalto).”



Figura 3.5: Campaña contra la contaminación acústica en las calles

Fuente: (Álef, 2017)

### 3.3.7 Eficiencia

El informe también incide en la mayor eficiencia de los vehículos eléctricos, destacando en éstos que convierten en movimiento el 70-90% de la energía almacenada en la batería, mientras que el coche de combustión convencional solo lo hace con un 10-15% de la energía con la que cuenta en forma de combustible de su depósito. Esto es en gran parte gracias a la alta eficiencia de los componentes eléctricos (motor, batería, transmisión), pero también por el freno regenerativo, que

aprovecha la frenada para generar electricidad, Esto significa que cuando quitas el pie del acelerador, el motor funciona como un generador, invirtiendo el flujo de energía a la batería y desacelerando la marcha, con el que se puede obtener alrededor de un 10-20% de la energía utilizada dependiendo de la forma de conducción. (Álvarez, 2018)

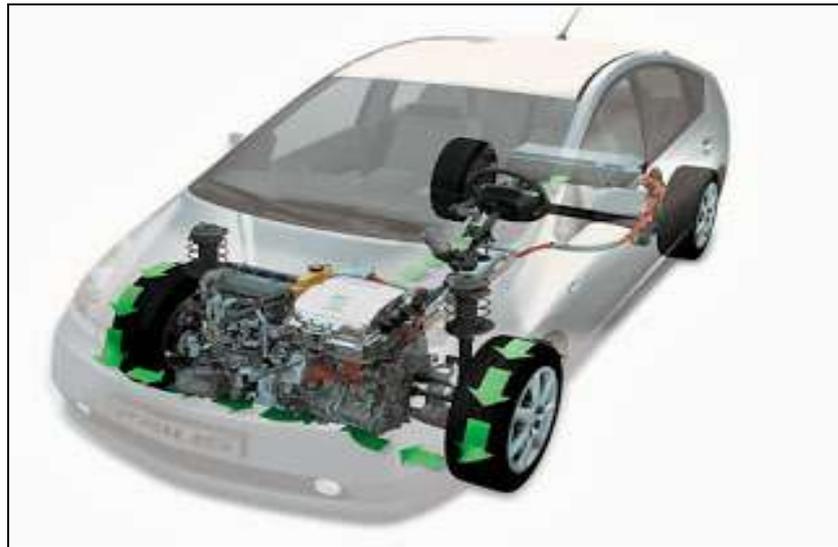


Figura 3.6: Esquema de frenado regenerativo en un Toyota Prius

Fuente: (Hectevi, 2013)

Esa consola entre los asientos delanteros que hay en la mayoría de los vehículos ocupa mucho espacio porque busca reservar el espacio necesario para algunos elementos del vehículo, incluido el eje de transmisión central y la palanca de freno. En la plataforma de los vehículos eléctricos, ya no es necesario un eje de transmisión central, por lo tanto, no es necesaria esa consola central. Una caja de cambios de una sola velocidad se encuentra en la misma unidad de transmisión que el motor y las piezas electrónicas, impulsando directamente las ruedas. Además, sin el motor y la transmisión en la parte delantera, el panel que separa el motor y el compartimento del pasajero se trasladó hacia adelante para crear más espacio en el interior. (Volkswagen, 2019b)



Figura 3.7: Vehículo eléctrico volkswagen y su amplio espacio interior

Fuente: (Volkswagen, 2019b)

Para la calefacción de la cabina, un vehículo tradicional tiene un núcleo de calefactor en el tablero que usa el refrigerante calentado por el motor. En un vehículo eléctrico, el calentador se encuentra ubicado debajo del capó, lo que libera aún más espacio en el interior. Además, es predominantemente eléctrico porque no siempre hay refrigerante caliente disponible, pero también utiliza el calor generado por otros componentes cuando está disponible. (Volkswagen, 2019b)

Y como ya desde hace varios años, en el sector del transporte se está experimentando una gran transición debido al fomento del vehículo eléctrico como sustituto de los vehículos de motor de combustión. En este sentido, (Navas, García e Iribarren, 2018) afirman que:

Es interesante analizar el consumo de los vehículos eléctricos (...), para saber qué consumo eléctrico supone la utilización de este tipo de vehículos, es necesario tener en cuenta los consumos y kilometrajes específicos en función del servicio al que estén destinados ya sea para uso público o privado, transporte de pasajeros o de mercancías, etc. Estos valores se exponen en la tabla adjunta:

Tabla 3.4: Consumo energético según la categoría del vehículo

<b>Categorías vehículos</b>	<b>Consumo energético (kwh/100km)</b>	<b>Kilometraje anual (km)</b>
Motos	5	5000
Autos	18	10000
Furgonetas	14	10000
Camiones	110	50000
Autobuses	100	70000

Fuente: (Navas et al., 2018)

### **3.3.8 Fin de su vida útil**

El tratamiento de los vehículos eléctricos al final de su vida útil supone la parte más reducida de su impacto global. Sin embargo, la Agencia Europea de Medio Ambiente considera que esta etapa resulta muy importante para reducir los efectos dañinos de las fases anteriores. Desde el punto de vista de una economía circular, su reciclaje tiene efectos positivos en el uso y disponibilidad de las materias primas. Asimismo, la reutilización de la batería al final de la vida del vehículo para el almacenamiento de energía puede reducir de forma significativa impactos ambientales, estas baterías algunos fabricantes después de su ciclo de uso en el vehículo, la reúsan para la fabricación de puntos de recarga portátiles, como el caso de Volkswagen, a la vez que genera sinergias con el desarrollo de las energías renovables. (Álvarez, 2018)

### 3.3.9 Reciclaje de las baterías para vehículos eléctricos



Figura 3.8: Reciclaje de baterías en vehículos eléctricos

Fuente: (Volkswagen, 2019a)

En Estados Unidos, el 99% de todas las baterías de ácido-plomo para autos son recicladas, por tal razón son reconocidas como uno de los productos más reciclados que se pueden comprar. Cuando la batería se agota, existe la facilidad de que se la puede entregar al comprar una nueva; esa batería vieja puede ser destrozada o triturada y sus materias primas son reutilizadas. La nueva generación de vehículos eléctricos implicará un aumento masivo en la cantidad de baterías en la carretera, y ya existen algunas dudas sobre la forma en que se van a reciclar esas baterías avanzadas de iones de litio después de que cumplan su ciclo de uso de 10 o 15 años. Volkswagen planea fabricar un millón de vehículos eléctricos al año para el 2025, incluso en la planta de Chattanooga, y ya trabaja en cómo desarrollar una segunda vida útil duradera para las baterías que los alimentarán. (Volkswagen, 2019a)

La preocupación por el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos nace de dos puntos principales:

Costo: Las baterías de los vehículos eléctricos son una de las piezas más costosas de estos tipos de autos, debido a su complejidad y en especial por los metales raros que contienen, como el cobalto y el manganeso. La perspectiva de Volkswagen en este tema es que a medida que los vehículos eléctricos ganen más espacio en el mercado automotriz, extraer estos metales raros de las baterías que sean desechadas puede ser mucho más económico que extraer estos minerales de la Tierra. (Volkswagen, 2019a)

Impacto ambiental: Colaborar con la reducción de la contaminación al medio ambiente del carbono proveniente del transporte —no solo de los vehículos que se encuentran en marcha, sino durante toda su vida útil— desde la materia prima hasta el depósito de chatarra necesita un control estricto sobre la manera en que se reciclan las baterías. Para enfrentar este desafío, Volkswagen ya trabaja en dos enfoques: cargadores portátiles de los que se explicó en el capítulo 2 y el reciclaje de bajo consumo energético. (Volkswagen, 2019a)

Se espera que el primero de estos cargadores rápidos portátiles de Volkswagen Group se lance en Alemania en el presente año y Volkswagen Group espera comenzar con la producción plena para su comercialización en finales del 2020. (Volkswagen, 2019a) Así de esta manera se busca que otros fabricantes de vehículos eléctricos también sigan este modelo ecológico de reúso de las baterías de iones de litio de sus autos como estaciones de carga portátiles, que bien pueden ser usadas en eventos al aire libre, festivales, conciertos, etc. Y a partir de ahí convencer a más clientes a que cambien sus vehículos con motor de combustión por la movilidad eléctrica sostenible explicando otro punto a favor en el tema ecológico y económico de sus baterías al cumplir con su vida útil.

## METODOLOGÍA

### CAPÍTULO 4 : ANÁLISIS DEL TRANSPORTE ELÉCTRICO EN ECUADOR

#### 4.1 Diagnóstico de la situación actual en el Transporte

El consumo de energía de este sector representa 42% del total nacional. Los principales combustibles que demanda son: diésel (45%), gasolina (41%) y fuel oil (7%). La electricidad en transporte es mínima. De acuerdo con el Objetivo 7 del PNBV (Lineamiento estratégico 7.7, literal c), el Estado promoverá la reducción gradual del uso de combustibles fósiles en el transporte y la sustitución de vehículos convencionales, mediante el fomento de una movilidad sostenible. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [MEER], 2017, p.36)

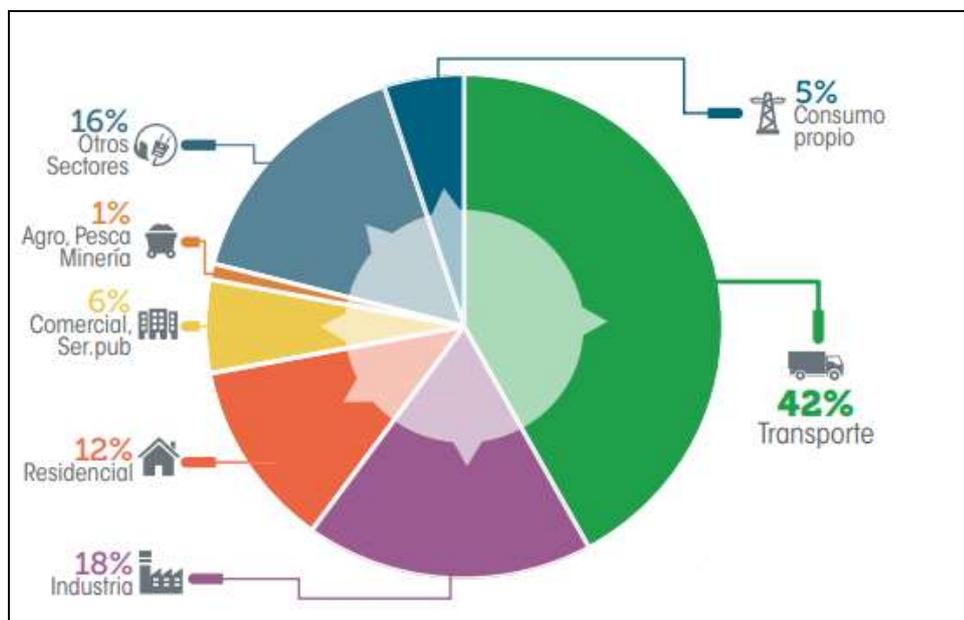


Figura 4.1: Estructura del consumo de energía por sectores

Fuente: (MEER, 2017)

Durante el periodo 2007-2015, se mejoró la infraestructura de las redes vial, aeroportuaria y marítima, para el transporte de carga y pasajeros, de manera que se contribuyó a la reducción del uso de combustibles y a la optimización de los tiempos

de desplazamiento. Se invirtieron USD 8 900 millones en carreteras. Según el Informe a la Nación 2016. (como se cita en MEER, 2017, p.36)

A partir de 2008, se ha incentivado la adquisición de vehículos híbridos y eléctricos mediante la exoneración de aranceles. Hasta diciembre de 2014, se registró un total de 4 055 unidades híbridas y 35 eléctricas. Asimismo, en 2008, el Gobierno Nacional implementó el Plan de Renovación del parque automotor (RENOVA) para sustituir unidades de transporte público y comercial. Al año 2014, se chatarrizó 16.123 unidades e ingresaron 19.614 unidades nuevas. Desde 2010, se puso en marcha el proyecto de Producción de Biocombustible Ecopaís (formulación de gasolina extra con 5% de etanol anhidro), que permitió potenciar un sector importante de la agroindustria y contribuyó a la disminución de la importación de nafta de alto octano y de la emisión de GEI. Según la ANE 2016-2040, el consumo de gasolina Ecopaís representa 9% a nivel nacional. (como se cita en MEER, 2017, p.36)

La participación en el mercado automotriz de los vehículos híbridos (que combinan combustible y electricidad) y los vehículos eléctricos dentro de las ventas representó el 3,3% en el 2017 y 2,1% en el 2018. En cuanto a los precios, el costo de los vehículos eléctricos que cuentan con una mayor autonomía y capacidad de pasajeros frente a los autos tradicionales de motor de combustión son un factor determinante, al igual que la falta de una red de electrolinerías en el país o un mayor número de centros de cargas en parqueaderos, impide el aprovechamiento de la autonomía de hasta 400 km de este tipo de vehículos. (El Universo, 2019). A continuación, se adjunta una tabla con las cifras de venta de vehículos híbridos y eléctricos en el país desde el año 2016 hasta el mes de abril del 2019.

Tabla 4.1: Venta de vehículos híbridos y eléctricos en Ecuador desde 2016

<b>Año</b>	<b>Venta de vehículos híbridos</b>	<b>Venta de vehículos eléctricos</b>
2016	1140	84
2017	3390	123
2018	2813	130
2019 (hasta abril)	443	21

Fuente: (El Universo, 2019)

#### **4.2 Ecuador y su sobredimensionamiento en la potencia eléctrica instalada**

La actual capacidad con la que Ecuador cuenta para la producción de electricidad es superior a la demanda de este recurso, a nivel nacional.

Ecuador cuenta con una capacidad instalada para generar 8.036,34 MW, que se denomina potencia nominal por incluir el potencial de diseño de las centrales, según el informe de rendición de cuentas del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). Pero la demanda máxima cubre el 47% de eso, al requerir 3.746 MW. Es decir, el 53% de la energía que se puede generar no se usa. Y si se toma en cuenta la capacidad efectiva de generación, que es de 7.434,81 MW, lo no aprovechado llega al 50%. (El Universo, 2018)

Sólo entre el 2007 y septiembre del 2017 entraron en operación 27 centrales eléctricas entre inversión pública y privada. Estas plantas producen energía empleando fuentes hídricas, combustibles, viento, sol, gas natural y caña de azúcar. Pero el principal incremento de la potencia se explica por la incorporación de las

hidroeléctricas obras emblemáticas del gobierno del Ec. Rafael Correa. Con esta infraestructura se pretendía cubrir el aumento de la demanda por el ingreso de 3 millones de cocinas de inducción, el Metro de Quito, el Tranvía de Cuenca, proyectos mineros, la ciudad del conocimiento Yachay, industrias de acero y la Refinería del Pacífico, según el Plan Nacional de Electricidad 2013-2022. Estos proyectos requerían como complemento ampliar el sistema de conexión eléctrico. Por esto, se impulsó la construcción del anillo energético de 500 kilovoltios (kV) para transportar la energía del Coca Codo Sinclair y Sopladora, proyecto entregado en junio del año pasado por el actual gobierno. (Pacheco, 2017)

Por ejemplo, (Pacheco, 2017) afirma que: “hasta octubre del 2017 se colocaron 727 910 de cocinas de inducción, por lo que el plazo para alcanzar la meta de 3 millones se amplió hasta el 2023.” Este sobredimensionamiento es uno de los pilares fundamentales que se puede aprovechar para la introducción de la movilidad eléctrica sostenible a gran escala en el país.

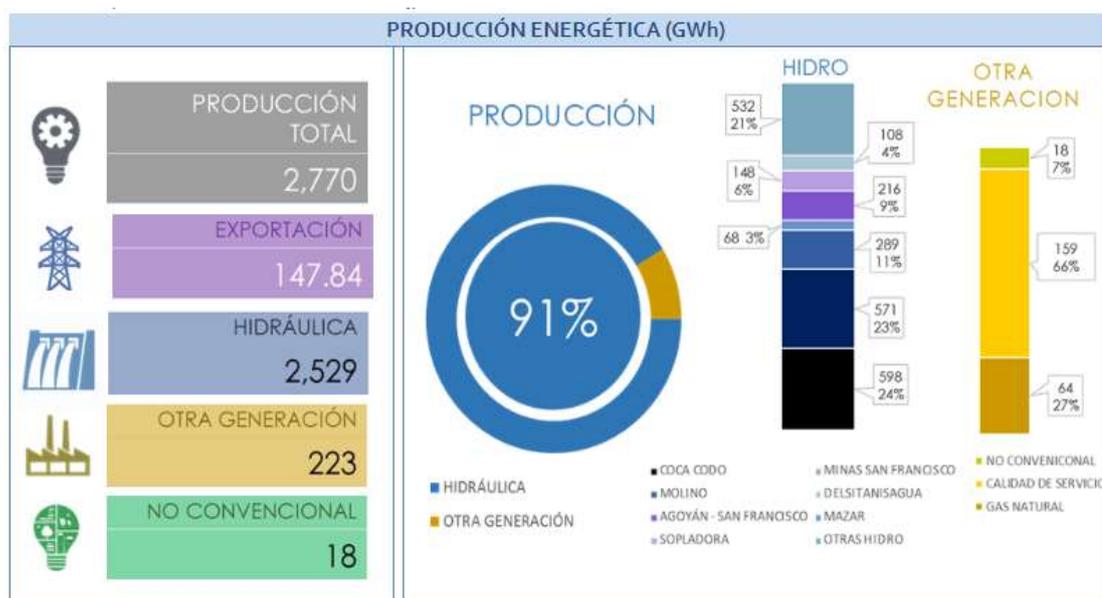


Figura 4.2: Producción energética acumulada de Ecuador hasta el 6 de febrero de 2020

Fuente: (Centro Nacional de Control de Energía [CENACE], 2020)

En la figura se puede observar la producción energética acumulada en lo que va del año 2020 donde prima la energía hidroeléctrica con el 91% de producción total, frente al 9% de generación de otro tipo. Este es un punto a favor de la movilidad eléctrica sostenible ya que no será necesario instalar fotolineras para incentivar y mostrar a los usuarios de autos eléctricos a que así usaran energía fotovoltaica 100% limpia producida gracias al sol, sino que bastará con hacer público que más del 90% de la energía eléctrica que se produce en el país es de centrales hidroeléctricas.

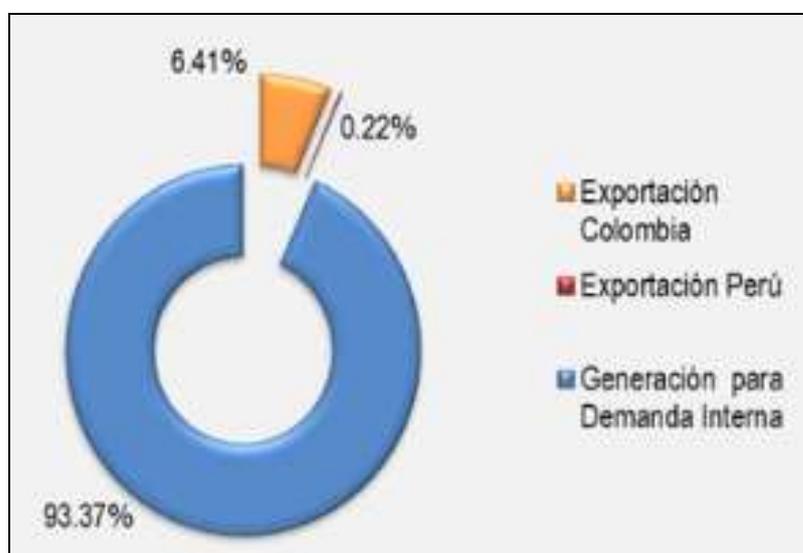


Figura 4.3: Desglose de producción energética 2019

Fuente: (CENACE, 2020)

En la figura se observa el desglose de la producción energética del año 2019, que en comparación a los últimos 6 años ha presentado el valor máximo de exportación principalmente al sistema colombiano con porcentaje del 6.41%, seguido del sistema peruano al que se exportó 0.22% de la producción energética del país.

En la siguiente tabla se muestran las cifras de acuerdo a la producción total de cada tipo de central en el año 2019 en base a la información comercial del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

Tabla 4.2: Energía neta producida por las centrales de generación en el año 2019

<b>Tipo de central</b>	<b>Porcentaje</b>
Térmica	5.89%
Eólica	0.18%
Biomasa	1.51%
Biogás	0.12%
Fotovoltaica	0.11%
Hidroeléctrica	92.18%

Fuente: (CENACE, 2020)

### **4.3 Normas vehiculares e incentivos fiscales para la movilidad eléctrica**

Las múltiples inversiones en el campo de la generación hidroeléctrica junto con subsidios a combustibles de transporte – diésel y gasolina – han hecho que la movilidad eléctrica sostenible llegue a convertirse en una estrategia prioritaria para el país. Por estos motivos el Gobierno Ecuatoriano ha creado varios incentivos tributarios y fiscales para facilitar la entrada al mercado de vehículos eléctricos ejemplo de esto es la Resolución No. RE-SERCOP-2015-030 del Servicio Nacional de Contratación Pública. Entre el 2007 y 2015, el estado adquirió en promedio 2.125 vehículos anuales. (López & Galarza, 2016, p.36)

En la actualidad existen estrategias en el país diferentes proyectos pilotos en el ámbito de la movilidad eléctrica sostenible en el transporte municipal, que llega a

incluir al gobierno nacional también que de manera acertada decidió congelar la compra de vehículos de combustión interna para uso urbano a través de compras públicas, extendiendo el cupo solamente a los vehículos eléctricos. En cuanto a vehículos eléctricos, a través de la resolución número 009 del 2015 del Ministerio de Comercio Exterior en noviembre se suspendió la restricción existente en 2014-2015 para el cupo de 1000 unidades o un monto total de 25 millones USD.

Dado que en Ecuador no existe manufactura o ensamblaje de vehículos eléctricos, las importaciones de estos vehículos están exentas de ciertos tributos. Los vehículos eléctricos con un costo menor a 40.000 USD ya son exentos del arancel de importación que puede variar entre 15% y 35% del valor del vehículo dependiendo de su procedencia. Igualmente, el Impuesto a Consumos Especiales (ICE) que se aplica a todo vehículo importado, no aplica a vehículos eléctricos o híbridos con un precio final al consumidor menor a 35.000 USD. Los vehículos eléctricos o híbridos con valores superiores a 35.000 USD tienen tributos reducidos en el pago del ICE, en comparación a vehículos motorizados de similar valor. Los vehículos eléctricos o híbridos cuya tasa imponible sea de hasta 35.000 USD no gravaran impuesto al valor agregado (IVA) y vehículos que excedan este valor, pagan un IVA del 12%. El gobierno a través del Ministerio de Comercio Exterior también ha propuesto un esquema de leasing para la batería de los vehículos eléctricos que sería un incentivo que motivaría a los usuarios a animarse a cambiarse a un vehículo eléctrico. En esta, la batería seguiría perteneciendo al importador y es arrendada al cliente por un valor de 139 USD mensuales. Una vez terminada la vida útil o si existe cambio tecnológico, el proveedor tendrá que reemplazar la batería sin costo adicional al cliente. (López & Galarza, 2016, p.36)

Tabla 4.3: ICE para distintos vehículos por tecnología y precio de venta

<b>Vehículo (tecnología)</b>	<b>Precio del vehículo</b>	<b>ICE %</b>
Hibrido o eléctrico	Hasta \$35.000	0%
	\$35.000 - \$40.000	8%
	\$40.000 - \$50.000	14%
	\$50.000 - \$60.000	20%
	\$60.000 - \$70.000	26%
	Mayor a \$70.000	32%
Camionetas, furgonetas, camiones, y vehículos de rescate	Hasta \$30.000	5%
Motorizados livianos	Hasta \$20.000	5%
	\$20.000 - \$30.000	10%
	\$30.000 - \$40.000	15%
	\$40.000 - \$50.000	20%
	\$50.000 - \$60.000	25%
	\$60.000 - \$70.000	30%
	Mayor a \$70.000	35%

Fuente: ( Servicio de Rentas Internas [SRI], 2019)

Así mismo, en el Ecuador existe una tarifa diferenciada para la energía que se destine a la carga del auto. Actualmente, esta ronda los 0,08 USD por kWh salvo entre las 22h y 4h cuando el precio desciende a 0,05 USD por kWh y entre las 18h y

las 22h - horario pico - cuando el precio asciende a 0,10 USD por kWh. Sin embargo, los usuarios necesitarán invertir en un cargador de tipo residencial para su hogar con un costo total (equipo e instalación) de entre 900 y 1.200 USD. (López & Galarza, 2016, p.36)

En la siguiente figura se resumen los diferentes incentivos existentes para el despliegue de la movilidad eléctrica en distintos países de la región. Se puede observar a Ecuador como el país con mayores incentivos de los de la lista cumpliendo con cinco de los siete requisitos que se destacan como incentivo en comparación al resto de países. En general, los países que han optado por potenciar esta tecnología han tomado un conjunto de medidas, partiendo por exenciones impositivas (aduaneras e IVA) al igual que restricciones vehiculares. En el caso de algunos países, como Brasil, estas medidas se realizan a nivel estatal y no federal. (López & Galarza, 2016, p.41)

INCENTIVO /PAÍS	ARGENTINA	BRASIL*	COLOMBIA	COSTA RICA**	CHILE	ECUADOR	MÉXICO	URUGUAY
Exención de IVA		●	●			●		
Exención de permiso de circulación		●		●			●	
Exención de programas de restricción vehicular			●	●	●		●	
Exención de impuestos aduaneros			●	●		●		●
Exención de impuesto a consumos especiales				●		●		
Tarifa eléctrica diferenciada					●	●	●	
Exención de impuesto ambiental					●	●		

Figura 4.4: Resumen de incentivos a movilidad eléctrica

Fuente: (López & Galarza, 2016)

#### **4.4 Necesidad de una política de Eficiencia Energética**

La eficiencia energética juega un papel importante en la competitividad y los aspectos sociales, en tanto una de las maneras más efectivas de abordar el cambio climático para cumplir con el Acuerdo de París, así como en la seguridad del abastecimiento energético. Sin embargo, presenta importantes barreras que no permiten alcanzar el potencial existente. En el Ecuador, estas barreras consisten principalmente en inversiones iniciales elevadas, bajo involucramiento de actores claves, falta de información, acceso limitado a tecnologías eficientes, dificultad de cuantificar y medir los beneficios asociados a la eficiencia energética. En este sentido, es prioritario para el Gobierno incorporar la eficiencia energética como una política pública. A la fecha, varias acciones y medidas han sido desarrollados, entre ellas: limitaciones a la comercialización de equipamiento ineficiente, planes de recambio de equipamiento a nivel residencial, medidas arancelarias y tributarias para promover la eficiencia energética, tarifas preferenciales para promover el uso eficiente de la energía, reglamentos técnicos de cumplimiento obligatorio, entre otras pero no se hace eco en la movilidad eléctrica sostenible que debería ser uno de los pilares fundamentales y tener en cuenta a Loja como pioneros y ejemplo a seguir con sus puntos de carga y aporte a las energías renovables y eficiencia energética o a Guayaquil y su inserción de buses 100% eléctricos para el transporte de los ciudadanos y la construcción de la primera electrolinería. La aplicación de programas de eficiencia energética, en términos sencillos, consisten en lograr que el Ecuador consuma una menor cantidad de energía para generar una misma unidad de producto o servicio. Desde la óptica socioeconómica, la eficiencia energética es un mecanismo para la generación de empleo de alta especialización en la aplicación de programas y

proyectos de gran impacto. Esto permite un desarrollo descentralizado y promueve la investigación y la generación de conocimiento local. (MEER, 2017, p.14)

En cuanto a la gestión ambiental, la producción y el consumo de energía son las principales causas de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales representaron 44,49%, en el año 2010. A nivel internacional, la eficiencia energética ha sido incorporada como una política pública con enfoque energético y ambiental que busca ser una herramienta de planificación sectorial. A nivel regional, se puede citar a Brasil, Chile y México como casos exitosos, en los que se incorporaron instituciones dedicadas a este tema en la estructura gubernamental y, por tanto, se lograron importantes resultados, como la optimización de recursos energéticos, el incremento de la competitividad de los sectores estratégicos, el acceso a fuentes de financiamiento internacional y el impulso al desarrollo de nuevas capacidades locales y actividades de alto valor agregado. Ecuador debe seguir este camino, así como lo hizo con la aprobación y publicación el 19 de marzo del 2019, de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética pero que debe seguir a pasos agigantados para aprovechar más del 50% de la capacidad instalada que no se está usando en el país en estos momentos. (MEER, 2017, p.14-15)

#### **4.5 Análisis económico para la implementación de electrolineras**

A continuación, se especifican los esquemas y costos de instalación para cada punto de recarga: lenta, semi-rápida y rápida. Se analizaron los costos con diferentes productos y especificaciones, siendo elegidos los que se representan

a) Puntos de carga residencial: Se han seleccionado los elementos principales para la instalación de un punto de carga lenta en viviendas y se consiguió tener el presupuesto que se muestra a continuación en la tabla. (Carbo & Mendoza, 2017)

Tabla 4.4: Presupuesto para punto de carga lenta

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>
Breaker 20Amp	1	\$ 5,00
Diferencial 25A, sensibilidad de 30mA	1	\$ 37,52
Punto de recarga Wallbox, RVE-WBS-Smart	1	\$ 1.026,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.068,52</b>

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

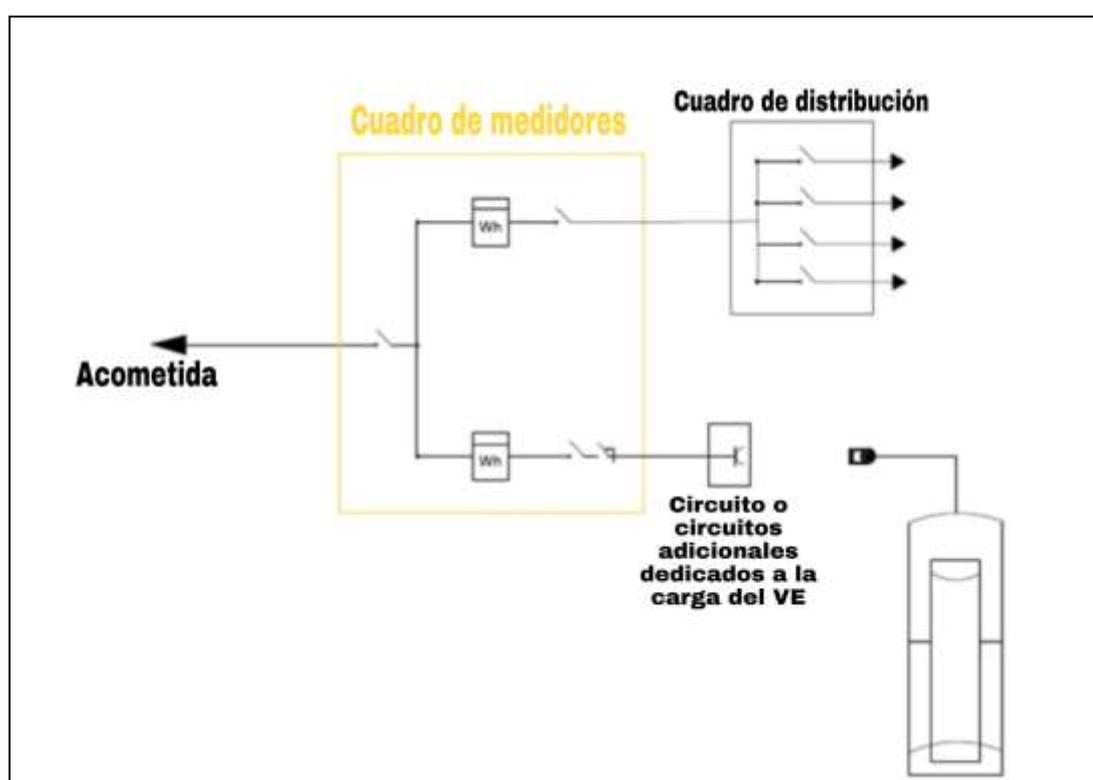


Figura 4.5: Esquema de instalación de un punto de carga lenta

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

En el esquema de instalación residencial, empezando desde la acometida se tendrá el disyuntor principal seguido de un medidor propio de los circuitos correspondientes a cada vivienda que se encuentran protegidos con sus respectivos

disyuntores parciales y un segundo medidor en paralelo con tecnología AMI únicamente para el vehículo eléctrico con su respectivo interruptor y protección diferencial para contactos indirectos. En caso de que el usuario deseara tener a la vez un punto de carga lenta y un punto de carga semi-rápida el presupuesto variaría como se observa en la tabla

Tabla 4.5: Presupuesto para punto de carga lenta y semi-rápida

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>
Breaker 40Amp	1	\$ 18,00
Diferencial 40A, sensibilidad de 30mA	1	\$ 40,35
Punto de recarga Wallbox, RVE-MB-MIX-CP1	1	\$ 1.532,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.590,35</b>

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

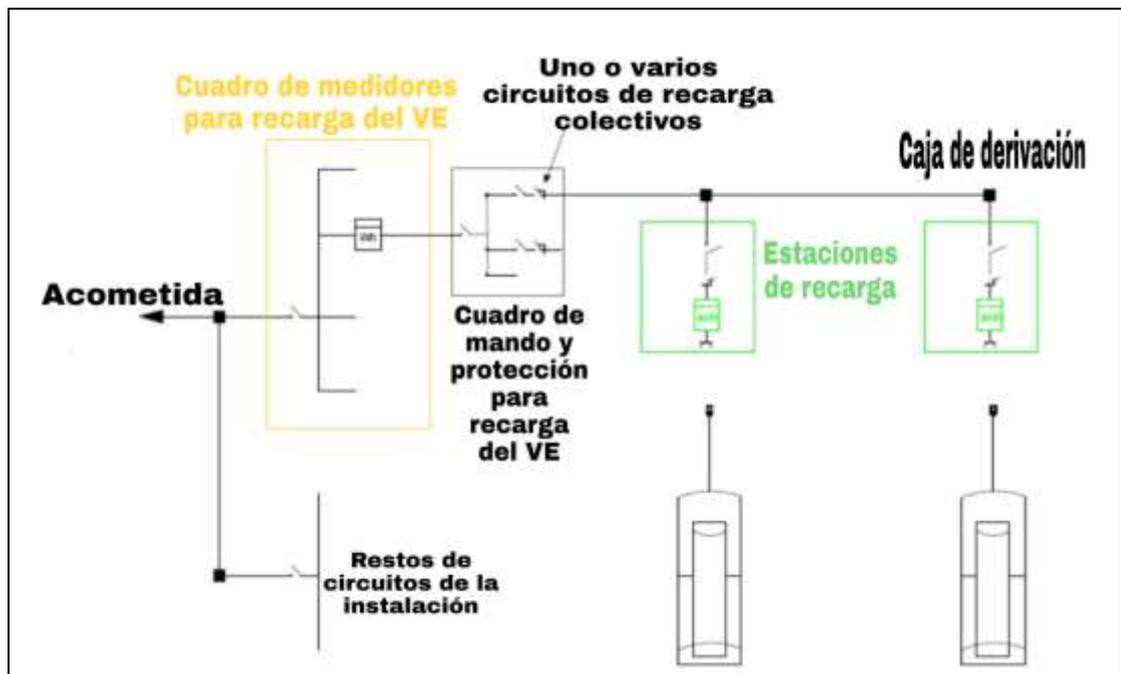


Figura 4.6: Esquema de instalación de un punto de carga semi-rápida

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

Para los parqueos en los parkings públicos o centros comerciales, desde la acometida se tendrán dos derivaciones. En una de ellas se encontrará el resto de circuitos de la instalación y la otra será correspondiente a las estaciones de recarga. Antes de cada estación se tendrá el cuadro de medidores y el cuadro de mando y protección para la correspondiente recarga del vehículo eléctrico. En el caso de los centros comerciales, podrá haber uno o varios circuitos de recarga de acuerdo a la cantidad de subsuelos en los que se encuentren los parqueos. Para los parqueos al aire libre, se seguirá la misma metodología, con la variación de la acometida que en este caso sería subterránea.

b) Punto de carga semi-rápida: Para la instalación de un punto de recarga semi-rápido se hizo la cotización de los productos fundamentales que se muestran en la tabla 4.4 y 4.5 para parqueos subterráneos y al aire libre teniendo en consideración un breaker y protección diferencial que protege un circuito de máximo tres puntos de recarga.

Tabla 4.6: Presupuesto para 3 puntos de carga en parqueos subterráneos

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio Total</b>
Breaker 100Amp.	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Terminal de pago	3	\$ 2.500,00	\$ 7.500,00
Diferencial 100 A. sensibilidad de 30mA	1	\$ 261,19	\$ 261,19
Punto de recarga city wall	3	\$ 3.302,00	\$ 9.906,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 17.717,19</b>

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

Tabla 4.7: Presupuesto para 3 puntos de carga en parqueos al aire libre

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio Total</b>
Breaker 100Amp.	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Terminal de pago	3	\$ 2.500,00	\$ 7.500,00
Diferencial 100 A. sensibilidad de 30mA	1	\$ 261,19	\$ 261,19
Punto de recarga city ground	3	\$ 3.575,00	\$ 10.725,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 18.536,19</b>

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

c) Punto de carga rápida: Para las electrolinerías se realizó el presupuesto de las protecciones fundamentales en el lado de alta y baja tensión del transformador, del punto de recarga y de los dos transformadores establecidos.

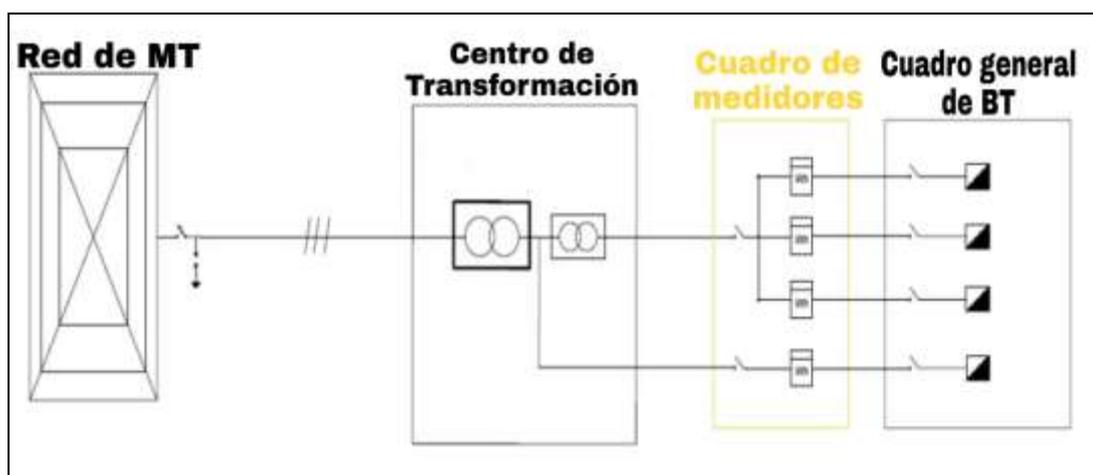


Figura 4.7: Esquema de instalación de un punto de carga rápida

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

Para una electrolinería se comenzará con un entroque aéreo-subterráneo, con su respectiva protección y seccionamiento consistente en seccionadores fusibles y

pararrayos en el poste de arranque para cada línea de alimentación que podrán proteger el tramo subterráneo, así como también los equipos de MT y transformadores del centro de transformación y sólo en caso de que éste se encuentre a una distancia mayor a 25m se instalará un juego de pararrayos en el propio centro de transformación. Al llegar al centro de transformación se tendrán dos transformadores, uno trifásico para los cargadores y uno monofásico para los locales e iluminación exterior. El lado de baja tensión estará protegido por un disyuntor principal para cada transformador y en la centralización de contadores se encontrarán cuatro contadores para los dos locales, iluminación y cargadores. Cada circuito cuenta con su respectivo disyuntor parcial.

Para los cargadores se muestra el esquema que consta en la gráfica que posee su interruptor automático para los cuatro cargadores. Cada estación de recarga cuenta con sus protecciones, medidor de energía y su conector.

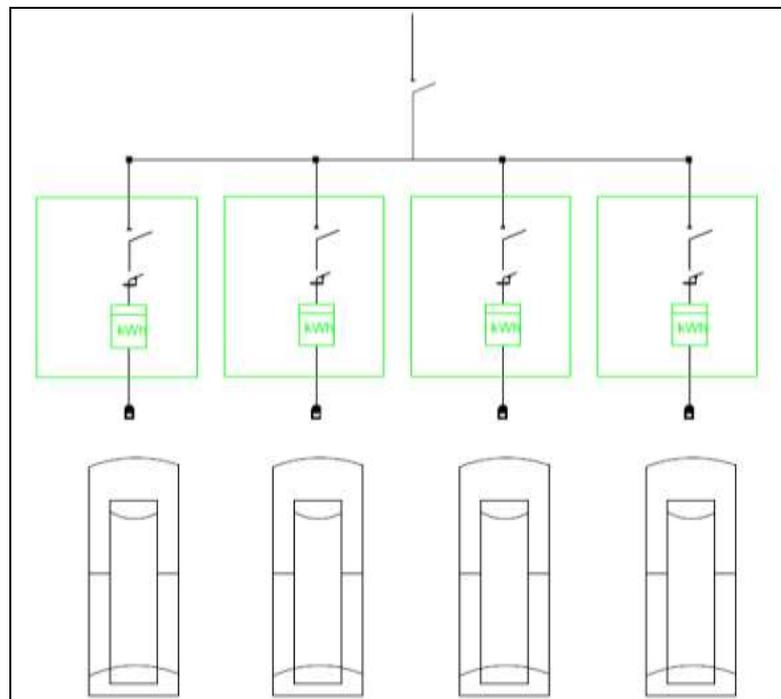


Figura 4.8: Esquema de los cargadores de una electrolinera

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

Tabla 4.8: Presupuesto para punto de carga rápida

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>P. Total</b>
Pararrayo de porcelana 10 KV	3	\$ 30,18	\$ 90,54
Fusible para caja de 15 KV 25 Amp	3	\$ 3,57	\$ 10,71
Caja portafusible 100 Amp. 15 KV	3	\$ 91	\$ 273
Transf. trifásico 300kVA, 13800/400 V	1	\$ 7.110,00	\$ 7.110
Transf. monofásico 25kVA, 400/220 V	1	\$ 1.452,00	\$ 1.452
Breaker de 125Amp.	1	\$ 150,00	\$ 150
Breaker de 500Amp.	1	\$ 177,00	\$ 177
Punto de recarga rápida CHAdeMO dual	1	\$ 28.174,00	\$ 28.174
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 37.437,25</b>

Fuente: (Carbo & Mendoza, 2017)

#### **4.5.1 Cálculo del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno**

Para calcular el VAN se consideró que el costo de la energía eléctrica en Ecuador prácticamente se mantiene congelado en un promedio de 5 años, por lo que se tomará un IPC del 0,5%, para que el mismo represente cada 5 años un 2,5%.

## **APORTACIONES**

### **CAPÍTULO 5 : ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRANSPORTE ELÉCTRICO, SU EVOLUCIÓN Y PROPUESTA PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL ECUADOR.**

A pesar de que el transporte impulsado por electricidad se encuentra aún en etapa de desarrollo en Ecuador, hay muchas oportunidades para promover el uso de vehículos eléctricos, empezando por los buses, taxis y autos particulares. Expandir el transporte eléctrico en el país traería muchos beneficios al medio ambiente, en combinación con los proyectos hidroeléctricos y demás de energía renovable ayudarían a cumplir con la parte que compete a Ecuador en el Acuerdo de París, debería ser considerado un componente clave de una estrategia más amplia para impulsar la energía limpia y la reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

#### **5.1 Propuestas para la implementación del transporte eléctrico sostenible como solución a largo plazo de problemas socioambientales del país**

Hoy en día, en Ecuador no existen barreras para la entrada de este tipo de vehículos al mercado, lo que existe es falta de publicidad y que las políticas públicas tomen iniciativa en el uso del transporte público eléctrico, un problema para la introducción de la movilidad eléctrica sostenible al país es que se ofrece limitados incentivos en comparación con otras regiones del mundo que han adoptado más ampliamente esta tecnología, como el caso de Noruega. El gobierno ecuatoriano puede impulsar políticas para el transporte limpio, enfocándose en ofrecer incentivos fáciles de realizar, como los no financieros. Junto a esto, se necesitan estrategias de largo plazo para expandir las pruebas piloto e incorporar la adopción de estos en la planeación del sector de transporte y el sector energético. A continuación, se

destacan ocho políticas, las cuales el gobierno debe considerar como pilares fundamentales para enfocarse en promover la adopción de los VE.

### 5.1.1 Expandir los programas para vehículos eléctricos de alto uso

Las distintas ciudades del país, deberían expandir los proyectos piloto y otros programas para promover los vehículos eléctricos de alto uso como los taxis y los buses. El uso de estos vehículos eléctricos tendría un impacto positivo en el medio ambiente y en la salud pública, ya que a nivel local producen cero emisiones contaminantes. Al mismo tiempo sirven para demostrar la efectividad de la tecnología de vehículos eléctricos y crear confianza en el público. (Marchán & Viscidi, 2016, p. 12)



Figura 5.1: Taxis eléctricos de la flota Kia Soul EV de la ciudad de Loja

Fuente: (El Telégrafo, 2019)

Un modelo a seguir en este tipo de políticas es la ciudad de Loja pionera en destacada en energías renovables que como (Jaramillo, 2019) indica:

Tienen su flota de 51 taxis eléctricos, cuyo costo de operación y mantenimiento por vehículo es de USD \$0.24/km, consumiendo la totalidad de la flota 1.1 GWh al año, equivalente al 1.5% de la energía renovable, que

produce el parque Eólico de la ciudad. Al reemplazar un taxi a gasolina por otro eléctrico, se evita la emisión de 13.5 toneladas de CO2 por año. (p. 1)

Además, cuenta con centros de cargas distribuidos junto al Estadio Federativo Reina del Cisne.

También se debe resaltar a Guayaquil que a través de la cooperativa Saucinc tiene actualmente en circulación 20 buses eléctricos marca BYD al servicio de la ciudadanía y su electrolinera a un costado del parque Samanes inaugurada en noviembre pasado, en la que se puede analizar sus diferencias de precios.

Un taxi eléctrico, al cargar al 100%, pagará USD 9 a diferencia de los USD 17 que cancela un vehículo de combustibles fósiles. En cambio, un bus de transporte público eléctrico pagará USD 24, a diferencia de los USD 60 que gasta un micro convencional. (González, 2019, p. 1)

Además, (BYD, 2019b) afirma que: “la electrolinera BYD se diferencia de otros cargadores eléctricos por su potencia y velocidad para cargar. (...) un auto puede cargar su batería del 0% al 100% en 1.15 horas; mientras que para los buses ese lapso es de 3.5 horas”. (p. 8)



Figura 5.2: Electrolinera de Guayaquil de 1 megavatio de potencia instalada

Fuente: (González, 2019a)

Esta electrolinera se construyó sobre 5 000 m<sup>2</sup>, tiene 20 cargadores rápidos y una potencia instalada total de un megavatio. El lugar tiene capacidad para abastecer a 500 vehículos diarios. La inversión ascendió a USD 600 000 y se construyó en 90 días. (González, 2019b)

Tabla 5.1: Valores y tiempo de recarga en la electrolinera de Guayaquil

	<b>Tiempo</b>	<b>Precio</b>
Vehículo convencional	2-10 min	\$17
Vehículo eléctrico	1.15 horas	\$9
Bus convencional	5-10 min	\$60
Bus eléctrico	3.5 horas	\$24

Fuente: (BYD, 2019b)

Algo que llama la atención es que los usuarios de la electrolinera además pueden acceder al servicio de la misma gracias a una aplicación para dispositivos Apple y Android, que sirven para simplificar el trámite del pago.(González, 2019b)

La alcaldesa Cynthia Viteri anunció que el Concejo Cantonal prevé aprobar una ordenanza en la que establecerá la entrega de incentivos económicos por \$850.000 anuales, para quienes migren al transporte eléctrico. La ayuda significaría \$4.000 para 100 taxis y \$15.000 para 30 buses, cada año. Andrés Roche, gerente de la ATM, añadió que se aprobará el instructivo para concursar por ocho bermas en el centro de la urbe porteña, y que ya hay 50 inscritos, que están interesados en cambiar sus unidades de combustión, por un vehículo eléctrico. (González, 2019a)

### **5.1.2 Ofrecer mayores incentivos financieros**

Se ha demostrado que los incentivos financieros impulsan la venta de vehículos eléctricos, puesto que bajan su alto costo de adquisición. En Ecuador el costo total de estos vehículos está por encima del promedio de sus similares impulsados por derivados de petróleo. Como resultado, para achicar esta brecha, se necesitan mayores incentivos financieros como: reducción de impuestos para los VE y para la instalación de estaciones de recarga en los hogares, o subir los impuestos a los carros impulsados por combustible contaminante.

El gobierno ecuatoriano a través de la Resolución No. 016-2019 eliminó la tasa arancelaria a los vehículos eléctricos, pero a su vez debería revisar el Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) que dependiendo del precio en mayores a \$35.000 puede llegar a representar hasta el 32% del precio de venta al público de unos de estos autos, datos como estos son los que no permiten que la resolución tenga un efecto inmediato.

También se debe eliminar el subsidio para combustibles fósiles que favorece a vehículos convencionales. Con el antecedente de problemas en el país en octubre pasado que desembocó en paralizaciones en el país se debe tener en cuenta la eliminación gradual de este subsidio a medida que mejoren las cifras de inserción de los vehículos eléctricos en el país. De esta forma se promueve la construcción de una red pública que cubra las necesidades de los propietarios de vehículos eléctricos, en especial cuando no pueden tener un centro de recarga en su hogar, o se encuentren viajando largas distancias, es de vital importancia ofrecer incentivos fiscales para estaciones de recarga pública. Asociaciones entre entidades públicas y privadas para instalar estaciones de recarga en edificios de oficinas o parqueaderos, construcción

de nuevas electrolinerías o puntos de cargas en sitios estratégicos pueden también impulsar las ventas de los vehículos eléctricos en Ecuador.

### 5.1.3 Incrementar los incentivos no financieros

Teniendo en cuenta que en el peor de los casos los incentivos financieros no sean bienvenidos – por ejemplo, porque los incentivos tributarios bajan los ingresos del gobierno y mayores impuestos a los vehículos tradicionales enfrentan una seria oposición – los incentivos no financieros pueden ser más efectivos. (Marchán & Viscidi, 2016, p. 13)



Figura 5.3: Pico y placa en la ciudad de Quito

Fuente: (El Comercio, 2019)

Muchas ciudades latinoamericanas cuentan hoy con programas de restricción de circulación vehicular para reducir el tráfico y la contaminación, como el caso de la ciudad de Quito. Países con una política de movilidad eléctrica sostenible establecida introducen incentivos adicionales no financieros para el uso de vehículos eléctricos, como menos restricciones de circulación y mayor acceso a parqueos preferenciales y a la utilización de carriles exclusivos, también descuentos en los pagos de parquímetros. El gobierno ecuatoriano debería también reforzar los estándares de

eficiencia de los motores de combustión, para de esta forma incentivar a las empresas manufactureras a que inviertan en tecnología de autos eléctricos.

#### **5.1.4 Incluir vehículos eléctricos en los planes de desarrollo a largo plazo**

El gobierno ecuatoriano debería considerar el transporte eléctrico como parte de su plan a largo plazo para los sectores de transporte y energía, e incluirlo en el Plan Nacional de Eficiencia Energética, Ley de Eficiencia Energética, Plan Maestro de Electricidad, etc. Fijar objetivos para la adopción de vehículos eléctricos pueden formar parte de una estrategia para frenar el cambio climático y aportar al cumplimiento del Acuerdo de París. Ecuador ha sido uno de los países líderes en desarrollar energías renovables, al establecer metas ambiciosas de reducción de emisiones de carbono. Sin embargo, el sector de transporte es la fuente de mayor crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero en la región.

Los vehículos eléctricos, en combinación con políticas de transporte limpio y desarrollo urbano sostenible son cruciales en su aporte a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero producida por el sector de transporte de energías, además si se asocian con políticas renovables y eficiencia energética el impacto ambiental sería extremadamente mínimo en comparación al uso de energía eléctrica producida por centrales contaminantes y la conservación del parque automotor que usa motor de combustión. El gobierno también debería recolectar y compartir de mejor manera la información acerca del funcionamiento y beneficios de los vehículos eléctricos, para así ofrecer un respaldo a los planes de desarrollo a largo plazo.

#### **5.1.5 Políticas de desguace (chatarización).**

Cada año nuevos autos se integran al parque automotriz del país y mientras esto ocurre otros autos viejos y con alta contaminación continúan circulando por las

calles. Un punto muy importante es que las autoridades garanticen que los autos que se retiren de circulación (por medio de subsidios por la renovación de los automóviles) sean en realidad destruidos y convertidos en chatarra, y no que sean trasladados a zonas rurales, ya que de ser este el caso, el mecanismo de subsidio no cumpliría con su finalidad, sino que llevaría los problemas de contaminación a otro lugar e incrementaría la flota de vehículos.



Figura 5.4: Vehículos parte del pasado plan renova en el país

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTO], 2013)

### **5.1.6 Configuración de la flota**

Para reducir los gases de efecto invernadero es de gran importancia la configuración de la flota, puesto que un vehículo de mayor tamaño emitirá mayores GEI. Por tal motivo, se debe incentivar al uso de motocicletas, automóviles pequeños según el uso que se le aplicará y que se priorice que sean eléctricos a la hora de la elección o de otra tecnología que colabore a la disminución de las emisiones.

### **5.1.7 Mantenimiento de Vehículos**

La mayor contaminación del transporte (CEPAL, 2018) indica que: “es producida por vehículos diésel, especialmente, aquéllos con una avanzada edad. Estudios comparativos entre países han confirmado la importancia de dirigirse al

pequeño porcentaje de vehículos mal mantenidos, responsables de la mayoría del 50% de los contaminantes”. (p.8)

La falta de recursos, como la escasa capacitación del personal y mala calidad de los equipos de pruebas, junto con la atomización que caracteriza el sector del transporte en Ecuador podría ser parte de las razones por las que no se logren alcanzar economías de escala para un mantenimiento adecuado de los equipos.

#### **5.1.8 Adopción de buenas prácticas de conducción.**

Existe la necesidad de que se actúe de manera simultánea en temas tales como la Eco-conducción (capacitación a los conductores para la operación de los vehículos energéticamente más eficientes); la reducción de las distancias recorridas por vehículo; evitar el funcionamiento del vehículo en ralentí, apagando el motor cuando no se está realizando actividades propias de la operación; y evitando viajes de camiones vacíos, ya que el 13% de los camiones-kilómetro circulan vacíos en el transporte internacional (como se cita en CEPAL, 2018). Los conductores de los vehículos cumplen un rol importante en el avance tecnológico de los EV, ya que entregan el feedback necesario para la corrección de aquellas debilidades que presentan los vehículos en su tiempo de operación y a su vez notar las fortalezas que aporten a la masificación de unidades.

#### **5.2 Evolución del transporte eléctrico y sus múltiples beneficios económicos y ambientales.**

Los autos eléctricos llegaron al país con la meta de contribuir a la construcción de un Ecuador más sustentable. Desde entonces en diferentes ciudades se han gestado pruebas exitosas produciendo interés de los ciudadanos por conocer a

mejor de que se trata el transporte eléctrico, sus beneficios y ventajas, y por qué olvidarse del combustible es sinónimo de ahorro y garantía. (BYD, 2019a)

### 5.2.1 Ventajas medioambientales y económicas de los taxis eléctricos

Tabla 5.2: Ventajas medioambientales y económicas de los taxis eléctricos

	<b>Vehículo eléctrico</b>	<b>Vehículo convencional</b>
Emisión de GEI	Cero o mínima, aunque se cargue a partir de energías no renovables	Hasta 58% más que un eléctrico cargado a partir de energías no renovables
Contaminación acústica	De ruedas en el asfalto	Excesiva
Mantenimiento	Mucho más barato en comparación con un vehículo convencional	Caro en comparación con un vehículo eléctrico
Tiempo de mantenimiento	Cada 10.000km	Cada 5.000km
Eficiencia energética	70% – 90%	10% - 15 %
Frenos regenerativos	Si	No tiene
Espacio interior	Mucho más amplio	Limitado por sus partes
Combustible	\$0.8 ctvs. Kw/h ahorro de hasta el 65%	\$1.85 a \$2.12 el galón de gasolina

Fuente: (BYD, 2019a)

Se exponen en la tabla a modo de resumen temas que se han profundizado a la largo del trabajo de investigación.

En cuanto a las baterías los autos eléctricos, (BYD, 2019a) afirma que: “mantienen el 80% de su capacidad después de 4.000 ciclos de carga, que se cumplen aproximadamente en 15 años y no contienen materiales tóxicos, lo cual es de gran beneficio para el medio ambiente”. (p. 6)

Muchas personas aún tienen dudas en el tema de la carga los vehículos eléctricos, el tiempo que se tiene que cargar en electrolinera es de 1h15 minutos, generando un monto promedio de \$90 al mes por concepto de electricidad, economizando de esta manera alrededor de \$300 al mes vs. un vehículo convencional a gasolina.



Figura 5.5: Taxi de combustible vs taxi eléctrico

Fuente: (BYD, 2019a)

En resumen, la movilidad eléctrica en Ecuador no es solamente una ventaja para el medio ambiente, sino también para la economía. Por esta razón cada día más personas en todo el mundo están migrando a la tecnología eléctrica por los grandes beneficios que se obtienen, un vehículo de alta gama, ahorro y sostenibilidad. (BYD, 2019a)

### 5.3 Incentivos para el uso de transporte eléctrico a través de la determinación del estado actual de generación y consumo de la energía eléctrica en el país

Para poder analizar los beneficios de la movilidad eléctrica sostenible frente al transporte convencional de los autos con motor de combustión en base al estado actual de generación y consumo de la energía eléctrica en el país, es necesario que exista una comparación de dos modelos de autos en este caso dos vehículos tipo sedán el kia rio por el lado de los motores a combustión y el Byd E5 por el lado de los vehículos eléctricos.



Figura 5.6: Vehículo Kia Rio

Fuente: (KIA, 2019)

Tabla 5.3: Análisis de datos en base a especificaciones kia rio

	<b>Gasolina</b>	<b>Energía (MJ)</b>	<b>Kwh</b>	<b>km</b>
Kia rio	1 ltr	34.78 MJ	9.66	12 km
	45 ltr, full tank	1565.1 MJ	434.75	540 km

Fuente: El autor

En la tabla bajo la afirmación de Kia que establece que su vehículo kia rio en condiciones reales rinde 12 km por litro de gasolina, se establece que sería equivalente a 9.66 Kw/h y una energía de 34.78 MJ, entonces teniendo su tanque de 45 litros lleno rendiría 540 km. Usando gasolina eco-país de precio \$1.85 por galón

equivaldría a un gasto de \$21.99 para llenar el tanque de 45 litros y así poder alcanzar su autonomía con el tanque lleno para recorrer 540 km.



Figura 5.7: Vehículo eléctrico Byd E5

Fuente: (Byd, 2018)

Tabla 5.4: Análisis de datos en base a especificaciones Byd E5

	<b>Kwh</b>	<b>Km</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Energía (MJ)</b>
Byd E5	15.3 kw/h	100 km	1.58 ltr	55.08 MJ
	434.75 kw/h	2841.5 km	45 ltr	1565.1 MJ

Fuente: El autor

En la tabla bajo la afirmación de Byd de que su vehículo Byd E5 en condiciones reales rinde 100 km por cada 15.3 kw/h (la capacidad de su batería es de 47.5 kw/h) se establece que sería equivalente a 55.08 MJ de energía y 1.58 litros de gasolina, si se pudiera llenar el tanque de gasolina de 45 litros como el kia rio abastecería para circular 2841.5 km y no 540km como en el auto de motor de combustión. Usando la tarifa eléctrica diferenciada de 0.08ctvs/ kw/h equivaldría a \$34.78. El gasto de esta misma cifra en gasolina en el kia rio nos abastecería para circular 854,08 km.

La siguiente tabla establece una comparativa al gastar un valor de \$34.78 en combustible ya sea gasolina para el kia rio o electricidad para el Byd E5 en el que se

demuestra en base a los resultados que el vehículo eléctrico por la misma cantidad de dinero puede recorrer más del triple de kilómetros que el vehículo de motor de combustión.

Tabla 5.5: Comparativa en base a especificaciones kia rio vs Byd E5

<b>Especificaciones</b>	<b>Byd E5</b>	<b>Kia rio</b>
Costo en combustible	\$34.78	\$34.78
Energía (MJ)	1565.1 MJ	2475.4 MJ
Tanque Gasolina		71.17 ltrs
Kw/h	434.75 kw/h	
km	2841.5 km	854.08 km
HP	214	121

Fuente: El autor

Estableciendo que tanto el kia rio como el Byd E5 recorren una distancia promedio de 64800 km/año o un promedio diario de 180 km. Se establece que el kia rio para recorrer esa distancia necesitaría de 1426.53 galones, es decir \$2639,07 si usa gasolina eco país. Al contrario del Byd E5 que para recorrer esa distancia necesitaría 9914 kw/h es decir \$793.15. De esta manera se comprueba que en el vehículo eléctrico se ahorra un 60% por concepto de combustible.

#### **5.4 Comprobación de la viabilidad del transporte eléctrico en base al consumo de energía de vehículos eléctricos en el país**

En respecto al consumo de energía, cada vehículo eléctrico Byd E5, en la práctica, consume 0.24 kW/h por kilómetro recorrido, lo que desemboca en un

consumo anual por auto de 21600 kWh. Los 51 taxis que existen en Loja consumen en promedio 1.1 GWh al año, que equivale al 1.5% de los 71.94 GWh de energía renovable, que según la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, produce el parque Eólico Villonaco ubicado en la ciudad de Loja.

Es decir que si se introdujera 10.000 vehículos eléctricos de este tipo su consumo anual sería de 215.6 Gw/h equivalente al 0.86% de los 25.038,53 Gw/h de producción de energía eléctrica en el año 2018. Además, teniendo en cuenta lo establecido en el subcapítulo 4.2 y que aún no están en funcionamiento los proyectos hidroeléctricos Toachi-Pilatón de 254 MW, Quijos de 50MW, Paute-Cardenillo de 596 MW, Santiago de 2400 MW, los 2 nuevos proyectos hidroeléctricos Chontal y Chespi-Palma Real, la central fotovoltaica El Aromo de 200 MW, los parques eólicos Villonaco II y Villonaco III de 110MW. Se concluye que es viable la introducción de la movilidad eléctrica sostenible al país.

Tabla 5.6: Datos de consumo en base a aumento del parque automotor eléctrico

<b>BYD E5</b>	<b>Consumo/ km</b>	<b>Consumo anual</b>	<b>% de producción total del país Gw/h</b>
1 vehículo	0,24 kw/h	21.600 kw/h	0.00008%
51 vehículos	12,24 kw/h	1,1 Gw/h	0.004%
10.000 vehículos	2.400 kw/h	215,6 Gw/h	0.86%
100.000 vehículos	24.000 kw/h	2.156 Gw/h	8.6%
500.000 vehículos	120.000 kw/h	10.784 Gw/h	43.07%

Fuente: El autor

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

A través del análisis de la evolución del transporte eléctrico y sus múltiples beneficios económicos y ambientales se concluye que la electricidad es una alternativa en el sector del transporte con miras futuro, ya que existen una serie de factores que impulsan su desarrollo, dentro de los cuales se destacan el agotamiento de los combustibles fósiles, exigencias medioambientales, las mejoras en las tecnologías de vehículos eléctricos de distintos tipos y sus expectativas de costos decrecientes con el pasar del tiempo.

Mediante este trabajo de titulación se incentiva el uso del transporte eléctrico mostrando el estado actual de generación y consumo de la energía eléctrica del país, demostrando que es factible la incorporación de las unidades eléctricas sin ocasionar problemas debido al posible aumento de la demanda, ya que existe un sobredimensionamiento en cuanto a la potencia eléctrica instalada.

Se establece a través de parte del capítulo de aportaciones distintas soluciones a modo de propuestas para la implementación de la movilidad eléctrica sostenible y que a largo plazo se pueda eliminar el subsidio a los combustibles fósiles dando como resultados beneficios en el plano del impacto ambiental y en la economía del país, que además no afectaría costos en pasajes del transporte público

La movilidad eléctrica sostenible con sus vehículos híbridos y eléctricos llega como una pequeña luz en la oscuridad, pues hasta el momento representan el medio más viable para comenzar a reducir las emisiones del parque vehicular no solo en Ecuador sino a nivel mundial y es un pilar fundamental para el cumplimiento del Acuerdo de París.

## **Recomendaciones**

Continuar con el desarrollo de las energías renovables y eficiencia energética en el país y acelerar la transición a la movilidad eléctrica para beneficiar al Ecuador, teniendo en cuenta que se debería eliminar ciertas barreras, así como generar una serie de condiciones habilitantes como:

- a) Generar condiciones normativas y de políticas públicas en el mercado de vehículos para que los vehículos de motor de combustión internalicen sus costos ambientales y energéticos
- b) Corregir el mercado de los combustibles tanto en términos de calidad de combustibles y eliminación de subsidios de forma que expresen sus valores reales
- c) Crear las condiciones para el establecimiento de redes de recarga que permitan la operación a grandes escalas de vehículos eléctricos, primero en zonas urbanas, para progresivamente poder competir también a nivel nacional y en la región.

Para conseguir este objetivo se recomiendan cuatro áreas prioritarias, que, pueden apoyar de forma efectiva a promover la transición a la movilidad eléctrica en el país. Las primeras dos áreas están relacionadas con la creación de un marco normativo equilibrado, que permita la competencia en una igualdad de condiciones más cercana a los vehículos eléctricos. Las otras dos áreas tienen que ver con el asentamiento de condiciones habilitantes para la movilidad eléctrica.

1. Acelerar la eficiencia energética
2. Eliminar barreras de mercado
3. Generar incentivos para la movilidad eléctrica sostenible
4. Crear infraestructura para el transporte eléctrico

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álef. (2017, diciembre 28). *Contaminación acústica, un problema pendiente de resolver*. <http://alef.mx/contaminacion-acustica-un-problema-pendiente-de-resolver/>
- Álvarez, C. (2018, noviembre 22). Esto es lo que contamina un coche eléctrico (y emite un 30% menos que otro de gasolina). *eldiario.es*. [https://www.eldiario.es/ballenablanca/transicion\\_energetica/contamina-electrico-emisiones-menores-gasolina\\_0\\_838516206.html](https://www.eldiario.es/ballenablanca/transicion_energetica/contamina-electrico-emisiones-menores-gasolina_0_838516206.html)
- ANETA. (2018, septiembre 16). Noruega, el país con más vehículos eléctricos per cápita del mundo. *Aneta Magazine*. <https://aneta.org.ec/noruega-el-pais-con-mas-coches-electricos-per-capita-del-mundo/>
- AVVE. (2018, marzo 29). Comparativa de ahorro con coche electrico. *Asociación Valenciana del Vehículo Eléctrico*. <http://www.avve.info/comparativa-coche-electrico-vs-coche-combustion/>
- Banco Mundial. (2019). Transporte y tecnología en América Latina: ¿Qué tan en el futuro estamos? *World Bank*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/02/01/transporte-y-tecnologia-en-america-latina>
- BMW. (2019, septiembre 22). *Movilidad eléctrica. Los innovadores coches eléctricos e híbridos enchufables de BMW*. <https://www.bmw.com.ec/es/topics/fascination-bmw/electromobility/bmw-movilidad-electrica.html>
- BYD. (2018, marzo 15). Bus eléctrico de Guayaquil: Saucinc compra flota - BYD eléctrico Ecuador. *BYD*. <https://bydelectrico.com/bus-electrico-de-guayaquil-cero-emisiones/>
- Byd. (2018, mayo). Auto Eléctrico E5 | BYD ECUADOR. *BYD*. <https://bydelectrico.com/autos-electricos/e5/>
- BYD. (2019a, marzo 20). Taxi de Combustible vs Taxi Eléctricos. *BYD*. <https://bydelectrico.com/taxi-de-combustible-vs-taxi-electricos/>

- BYD. (2019b, noviembre 8). BYD entrega a Guayaquil la electrolinerera más grande de Ecuador. *BYD*. <https://bydelectrico.com/byd-entrega-a-guayaquil-la-electrolinera-mas-grande-de-ecuador/>
- Carbo, J., & Mendoza, S. (2017). *Diseño de construcción y análisis de Emplazamiento de electrolinereras en Guayaquil y Samborondón* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/102871/D-106290.pdf>
- CENACE. (2020a, febrero 6). *Información Comercial. CENACE, Operador Nacional de Electricidad*. CENACE Operador Nacional de Electricidad. [http://www.cenace.org.ec/docs/Produci%C3%B3n%20de%20Energ%C3%A1a%20\(GWh\)%20mensual.htm](http://www.cenace.org.ec/docs/Produci%C3%B3n%20de%20Energ%C3%A1a%20(GWh)%20mensual.htm)
- CENACE. (2020b, febrero 6). *Información Operativa. CENACE, Operador Nacional de Electricidad*. CENACE Operador Nacional de Electricidad. <http://www.cenace.org.ec/docs/InformacionOperativa.htm>
- CEPAL. (2018). Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de América Latina y el Caribe. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 368, 10.
- CMNUCC. (2018, octubre 22). *¿Qué es el Acuerdo de París? | CMNUCC*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- EEA. (2018). Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives—TERM 2018. *European Environment Agency*, 13, 80.
- El Comercio. (2019, julio 27). *El plan vial en Quito se conectará con el inicio de operación del Metro*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/plan-vial-movilidad-trabajos-metro.html>
- El Telégrafo. (2019, junio 7). *La falta de electrolinereras frena el uso de vehículos eléctricos en el Ecuador*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/falta-electrolineras-vehiculos-electricos-ecuador>

- El Universo. (2018, abril 8). *Ecuador usa solo 47% de su capacidad energética*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/04/08/nota/6702703/ecuador-usa-solo-47-su-capacidad-energetica>
- El Universo. (2019, mayo 31). *Los carros eléctricos gastan menos en mantenimiento*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/05/31/nota/7353871/carros-electricos-gastan-menos-mantenimiento>
- Elcacho, J. (2018, marzo 19). *Noruega, el país con más coches eléctricos per cápita del mundo*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/natural/20180319/441677026443/noruega-el-pais-con-mas-coches-electricos-per-capita-del-mundo.html>
- Fernández, S. (2018, octubre 29). *Noruega lidera el camino para convertirse en el primer país 100% eléctrico del mundo en movilidad. Diario Renovables / Energías renovables. Eólica, solar, fotovoltaica, baterías, movilidad sostenible*. <https://www.diariorenovables.com/2018/10/noruega-pais-100-electrico-movilidad.html>
- Fernández, S. (2019, junio 9). *Mantenimiento del coche eléctrico: Esto es todo lo que tienes que saber*. Híbridos y eléctricos, ecotecnología del vehículo. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/mantenimiento-coche-electrico-es-todo-tienes-saber/20190609163333028154.html>
- Fleetmon. (2018). *Buque AMPERE (Ferry) IMO 9683611, MMSI 257642000*. [https://www.fleetmon.com/vessels/ampere\\_9683611\\_9554256/?language=es](https://www.fleetmon.com/vessels/ampere_9683611_9554256/?language=es)
- Frías, G. (2019, noviembre 25). *Tesla recibió 200 mil pedidos de su nuevo Cybertruck, según Elon Musk | CNN*. CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/video/tesla-cybertruck-preventa-reservas-200-mil-elon-musk-vo-portafolio-global-cnnee/>
- Gil, S., & Prieto, R. (2013). *Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?* 59.
- González, J. (2019a, noviembre 8). *La primera electrolinera del Ecuador se inauguró en Guayaquil*. *El Comercio*, 6.

- González, J. (2019b, diciembre 17). *Movilidad eléctrica demanda incentivos*. El Comercio. <http://www.elcomercio.com/actualidad/movilidad-electrica-demanda-incentivos-guayaquil.html>
- Granda, M. (2019, agosto 20). *China encabeza la carrera del coche eléctrico con el 56% de las matriculaciones*. Cinco Días. [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/08/15/companias/1565882794\\_679127.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/08/15/companias/1565882794_679127.html)
- Hectevi. (2013, octubre 7). *Nuevas energías: Reflexiones sobre ahorro, eficiencia energética y energías renovables: Frenado regenerativo: Aprovechamiento de la energía cinética y su aplicación ferroviaria*. *Nuevas energías*. <http://hectevi.blogspot.com/2013/10/frenado-regenerativo-aprovechamiento-de.html>
- Jaramillo, W. (2019). *Taxis eléctricos en la ciudad de Loja—Ecuador*. *Revista Espacios*, 40(18), 27.
- KIA. (2019). *Especificaciones de Kia Rio R Sedan | Sedán Compacto de 4 Puertas*. Kia Motors Ecuador. <https://www.kia.com/ec/showroom/rio-r-sedan/specification.html>
- López, G., & Galarza, S. (2016). *Movilidad eléctrica, oportunidades para Latinoamérica*. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, 84.
- Madrigal, M. (2019, junio 5). *Electromovilidad: Transporte más limpio, seguro y eficiente—Energía para el Futuro*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/energia/es/electromovilidad-transporte-mas-limpio-seguro-y-eficiente/>
- Marchán, E., & Viscidi, L. (2016). *Perspectivas para vehículos eléctricos en América Latina*. 16.
- MEER. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. 112.
- Miteco. (2019). *Principales elementos del Acuerdo de París*. Ministerio para la Transición Ecológica. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio->

climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/naciones-unidas/elmentos-acuerdo-paris.aspx

Mojica, C., & Lefevre, B. (2018, diciembre 14). Los buses eléctricos transforman el transporte público [Blog]. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/los-autobuses-electricos-pueden-transformar-el-transporte-publico-de-america-latina/>

MTOP. (2013). *Plan REN-OVA, un impulso productivo y una alternativa ambiental pionera que nació en Ecuador* (N.º 1; p. 6). [https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/01/05-01-2013\\_Reportale\\_Especial\\_PlanRENOVA.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/01/05-01-2013_Reportale_Especial_PlanRENOVA.pdf)

Navas, Z., García, D., & Iribarren, D. (2018, marzo 2). Consumo eléctrico asociado a la implantación del vehículo eléctrico en España | Energía y Sostenibilidad. *Instituto Imdea Energía*. <https://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2018/03/02/133739>

Ojea, L. (2018, noviembre 26). Las 10 ‘scooters’ eléctricas más baratas del mercado español. *El periódico de la energía*. <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-scooters-electricas-mas-baratas-del-mercado-espanol/>

ONU. (2018, diciembre 6). *Los vehículos eléctricos, vitales para combatir el cambio climático*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2018/12/1447291>

Pacheco, M. (2017, diciembre 4). *Ecuador subutiliza el 48% de la potencia eléctrica instalada*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-subutiliza-potencia-energia-electrica.html>

Plumer, B. (2017, junio 1). ¿Qué es el Acuerdo de París? *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/es/2017/06/01/espanol/que-es-el-acuerdo-de-paris.html>

Quetzal, I. (2017, junio 7). Hablemos de coches electricos Parte 1. *Quetzal Ingeniería*. <https://www.quetzalingenieria.es/hablemos-de-coches-electricos/>

SRI. (2019). *Impuesto a los Consumos Especiales—Servicio de Rentas Internas del Ecuador*. Servicio de Rentas Internas. <https://www.sri.gob.ec/web/guest/impuesto-consumos-especiales>

Volkswagen. (2019a, abril 5). En cuanto al reciclaje de las baterías para vehículos eléctricos, Volkswagen planea hacer todo lo posible [Volkswagen Newsroom]. *Newsroom*. <http://newsroom.vw.com/es/company/for-ev-battery-recycling-volkswagen-thinks-ahead-to-the-end-of-the-road/>

Volkswagen. (2019b, abril 23). *La historia de dos trenes motrices*. Volkswagen. <http://newsroom.vw.com/es/vehicles/a-tale-of-two-powertrains/>

## ANEXOS

### **Ley de Eficiencia Energética**

#### **Capítulo III**

#### **De los sectores regulados**

#### **Artículo 14.-**

#### **Eficiencia energética en el transporte. -**

El transporte público, de carga pesada y de uso logístico por medios eléctricos se priorizará como medida de eficiencia energética en la planificación pública. Los proyectos se podrán ejecutar como iniciativas públicas o de asociaciones público privadas.

El Ministerio rector de la política de transporte, y con aprobación del CNEE, establecerá de forma progresiva los límites en niveles de consumo y emisiones que deberán cumplir los vehículos automotores nuevos, de cualquier tipo, que se comercialicen en el país. Esta política será definida como parte del PLANEE. Una política especial se desarrollará para el transporte terrestre y marítimo de las islas Galápagos.

Para la comercialización de cualquier tipo de vehículo nuevo, éste contará y exhibirá con claridad la etiqueta de eficiencia energética que informe al consumidor sobre el cumplimiento de los límites y condiciones de eficiencia energética.

El Gobierno Nacional a través de los ministerios competentes, crearán un plan de chatarrización para los vehículos de trabajo de personas naturales y del transporte público que salgan de servicio y que se reemplacen por vehículos de medio motriz eléctrico. Los GAD podrán en el ámbito de sus competencias establecer planes de chatarrización. A partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e interparroquial, en el Ecuador continental,

deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico. En el caso de la región Insular, esta medida será evaluada por el CNEE.

El rector de las políticas públicas de hidrocarburos incorporará dentro de su planificación y como anexo al PLANEE las políticas y acciones necesarias para garantizar la calidad de los combustibles necesaria para que se cumpla con la mejora progresiva de la eficiencia, niveles de consumo y emisiones en vehículos automotores. Además, incluirá también, las políticas necesarias para el fomento de la producción y consumo de biocombustibles a nivel nacional, así como las políticas, mecanismos e infraestructura necesaria para promover la movilidad eléctrica.

## **CAPÍTULO VI**

### **DE LOS INCENTIVOS**

#### **Artículo 22.-**

##### **Incentivos para la eficiencia energética. –**

Se deberán establecer mecanismos de incentivo pertinentes, oportunos y eficaces, destinados a los consumidores que apliquen acciones de eficiencia energética a sus procesos, mediante la elaboración de auditorías energéticas, la implementación de etiquetas de eficiencia energética y la creación e implementación de sistemas de gestión de energía, u otras acciones similares, que serán verificadas por el ente rector en materia energética en coordinación con las instancias pertinentes, con el fin de generar conductas que tiendan a la eficiencia energética.

El Reglamento a esta Ley, regulará las condiciones, parámetros y procedimientos para el otorgamiento de certificados de ahorro de energía a los consumidores que apliquen acciones de eficiencia energética en sus procesos.

Los proyectos de eficiencia energética contarán con condiciones de financiamiento preferentes.

El transporte eléctrico, particular y público, en lo que fuere aplicable, gozará de tarifas diferenciadas preferenciales durante el período que se establezca en el Reglamento de esta Ley.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados establecerán incentivos que fomenten el uso de movilidad eléctrica.

## **DISPOSICIONES GENERALES**

Primera.- En el plazo máximo de 90 días, a partir de la publicación de esta Ley en el Registro Oficial, el Ejecutivo expedirá el Reglamento General de la Ley.

Segunda.- El Ministerio rector de la política de construcción y vivienda deberá desarrollar la normativa pertinente para la categorización energética de las edificaciones y viviendas en el plazo máximo de 90 días.

Tercera.- El ente rector de las compras públicas, en ejercicio de sus facultades, y de conformidad con lo establecido en Ley que regula la contratación pública y demás ordenamiento jurídico vigente, deberá definir mecanismos ágiles de contratación para la adquisición de servicios de eficiencia energética, basados en la mejora de desempeño y consumo energético.

Cuarta.- La implementación de las disposiciones, lineamientos y directrices contenidas en esta Ley, no pueden comprometer de manera alguna, un aumento en el gasto público.

## **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

Primera.- El CNEE evaluará los plazos iniciales de cumplimiento de las disposiciones establecidas en los artículos 13, 14, 15 y 16 y emitirá un informe, clasificado por sector y tamaño de consumidor, estableciendo plazos diferenciados de cumplimiento, los mismos que no podrán tener una duración superior a los dos años.

Segunda.- Por un período de 10 años a partir de la vigencia de esta Ley, los

gobiernos autónomos descentralizados municipales deberán establecer incentivos para fomentar el uso de vehículos eléctricos y facilitar su circulación, pudiendo implementarse medidas tales como la excepción a las restricciones de circulación por congestión.

## **DISPOSICIONES REFORMATARIAS**

Primera.- En el artículo 43 de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica modifícase el primer inciso de la siguiente manera: luego de la frase “La actividad de distribución y comercialización de electricidad” incorpórase el texto: “, exceptuando el servicio de carga de vehículos eléctricos.”

Segunda.- A continuación del artículo 43 de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica incorpórase el siguiente Artículo Innumerado: “Artículo (...) Comercialización de electricidad para carga de vehículos.- El servicio de carga de vehículos eléctricos podrá ser ofrecido por personas naturales o jurídicas habilitadas mediante la firma de un Contrato de Comercialización de Energía Eléctrica para Carga de Vehículos suscrito con las Empresas Eléctricas de Distribución, que estará sujeto a las condiciones jurídicas y técnicas establecidas por la ARCONEL mediante Regulación pertinente. El costo de carga será fijado por el proveedor del servicio, limitado a un valor máximo establecido por la ARCONEL en los estudios tarifarios.”

Tercera.- Sustitúyase el último inciso del artículo 209 del Código Orgánico Monetario y Financiero por el siguiente: “La Junta podrá establecer incentivos para la implementación de esta disposición, para ello tendrá en consideración a las operaciones de crédito para proyectos en materia de eficiencia energética.”.

Disposición Final.- La presente Ley entrará en vigencia a partir de la fecha de su promulgación en el Registro Oficial.

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **León Jordán, Ariel Alejandro**, con C.C: # **0930327820** autor del trabajo de titulación: **Estudio de factibilidad técnica para la implementación del transporte eléctrico en el Ecuador como aporte a las energías renovables y eficiencia energética**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con mención en Gestión Empresarial Industrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 3 de marzo del 2020

f. \_\_\_\_\_

**León Jordán, Ariel Alejandro**

**C.C: 0930327820**

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Estudio de factibilidad técnica para la implementación del transporte eléctrico en el Ecuador como aporte a las energías renovables y eficiencia energética.		
<b>AUTOR(ES)</b>	León Jordán, Ariel Alejandro		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando. MSc		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Eléctrico Mecánica con mención en Gestión Empresarial Industrial.		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	3 de marzo del 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	106
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Transporte Eléctrico, Energía Renovable, Eficiencia Energética		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Movilidad Eléctrica Sostenible, Eficiencia, Impacto Ambiental		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El presente trabajo de titulación tiene como finalidad innovar e impulsar a la introducción de energías renovables y eficiencia energética a través del transporte eléctrico sostenible en Ecuador tanto público como privado, debido a que es un tipo de transporte con un impacto ambiental menor al común, que en su gran mayoría es alimentado a base de energía renovable como los paneles solares fotovoltaicos, asimismo la búsqueda del aprovechamiento total de la capacidad energética del Ecuador, eliminación de subsidio de los combustibles fósiles que generaría un ahorro millonario al país debido a que anualmente Ecuador gasta 1.400 millones de dólares por concepto de subsidio de combustibles, además que de esta manera se mantendría el costo del pasaje de transporte público sin afectar la economía de los ecuatorianos usuarios del transporte público y así llegar al objetivo de que nuestras ciudades sean ecológicas amigables con el medio ambiente, libres de ruido, CO2 y Diesel.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO AUTOR/ES:</b>	<b>CON</b>	<b>Teléfono:</b> +593-986940519	<b>E-mail:</b> ariellion10@hotmail.com
<b>CONTACTO INSTITUCIÓN (COORDINADOR PROCESO UTE)::</b>	<b>CON LA DEL</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Philco Asqui, Luis Orlando. M.Sc.	
		<b>Teléfono:</b> (04) 2 202935 ext.2007	
		<b>E-mail:</b> luis.philco@cu.ucsg.edu.ec / ute@cu.ucsg.edu.ec	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			