



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

**“IMPACTO DE LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS DE
COMBUSTIÓN INTERNA A ELÉCTRICOS EN LA CALIDAD DE
AIRE DE IBARRA: ESTUDIO COMPARATIVO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

Ingeniería Automotriz

Línea de investigación:

Producción Industrial y Tecnología Sostenible

AUTOR: Brayan Jhonatan Riascos Ibujes

DIRECTOR: Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, MSc

Ibarra – Ecuador, 2026



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401626866		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Riascos Ibujes Brayan Jhonatan		
DIRECCIÓN:	Ibarra – La Victoria		
EMAIL:	bjriascosi@utn.edu.ec		
TÉLEFONO FIJO:	N/D	TÉLEFONO MÓVIL:	0997844672

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Impacto de la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en calidad de aire de Ibarra: estudio comparativo
AUTOR (ES):	Riascos Ibujes Brayan Jhonatan
FECHA: DD/MM/AAAA	06/03/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	☒ PREGRADO ☐ OSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Benavides, Msc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de marzo de 2026

EL AUTOR:

.....
Riascos Ibujes Brayan Jhonatan

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 6 de marzo de 2026

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, MSc

C.C.: 1002415949

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “IMPACTO DE LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN INTERNA A ELÉCTRICOS EN LA CALIDAD DE AIRE DE IBARRA: ESTUDIO COMPARATIVO” elaborado por Brayan Jhonatan Riascos Ibujes, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos, MSc

C.C.: 1002415949

(f):.....

Ph.D. Carlos Nolasco Mafla Yepez

C.C.: 0401447826

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación con el mayor cariño a mis padres, en especial a mi madre María Ibujes por haber sido el pilar fundamental en mis estudios y la guía en el diario caminar, a mi hermano que me ha dado su mano amiga compartiendo parte de nuestras vidas y que siempre he podido contar con ustedes.

Gracias infinitas a mi querida familia el presente trabajo de titulación se lo dedico a ustedes por todo el apoyo incondicional, por contar con su cariño desinteresado en todo el proceso de formación personal, académico y profesional.

Gratitud y respeto por haberme enseñado que la vida es el mayor regalo, que cada minuto es aún más valioso que el anterior, que se puede brillar con el corazón feliz y el alma en paz porque el tiempo no vuelve ni la vida se repite.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgen de la Paz por brindarme salud y fortaleza a lo largo de este proceso académico.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y a sus distinguidas autoridades que en su momento me brindaron la oportunidad de formarme como profesional en la carrera de Ingeniería Automotriz, permitiendo cumplir una meta personal.

Agradezco a la carrera de Ingeniería Automotriz y a todos los docentes que durante mi vida estudiantil me impartieron conocimientos de gran valor, en especial al Ing. Ignacio Benavides, MSc por su acertada dirección durante el desarrollo de este proyecto; al Ph.D. Carlos Mafla como asesor por su aporte significativo para la culminación del trabajo de titulación.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, aportaron con su colaboración para la culminación satisfactoria de este trabajo de titulación.

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio se fundamenta en la problemática creciente de contaminación atmosférica generada por el parque automotor en la ciudad de Ibarra, especialmente por los vehículos de combustión interna que, debido a varios factores de funcionamiento incorrecto y por su antigüedad, presentan mayores emisiones de gases contaminantes; el objetivo general se basa en la evaluación del impacto de la conversión de vehículos con motor de combustión interna a eléctricos en la calidad del aire mediante un análisis comparativo en distintos escenarios; la metodología adoptó un enfoque cuantitativo y cualitativo, incluyendo la medición directa de los gases de escape del vehículo Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos (c.c) mediante un analizador especializado, el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en ralentí y a 2500 rpm, y la recopilación bibliográfica sobre parámetros de funcionamiento de motores eléctricos y normativas ambientales vigentes; evidenciando en los resultados valores que presentan variaciones respecto a los límites normativos que confirman la generación significativa de contaminantes como CO, CO₂, HC y NO_x, en el contexto de ciudad de altura; en contraste, el sistema de propulsión eléctrica propuesto, basado en un motor de 108 V con batería de litio LiFePO₄, no genera emisiones directas de gases de escape durante su operación; se concluye que la conversión a propulsión eléctrica constituye una alternativa viable para la reducción de emisiones, mejorar la calidad del aire y aportar estratégicamente a la mitigación del impacto ambiental asociado al transporte urbano en Ibarra.

Palabras clave: Vehículos Eléctricos; Emisiones vehiculares; Conversión combustión - eléctricos; Autonomía vehículos.

ABSTRACT

The study is based on the growing problem of air pollution generated by the vehicle fleet in the city of Ibarra, especially by internal combustion vehicles which, due to various factors of incorrect operation and their age, present higher emissions of polluting gases; the general objective is based on the evaluation of the impact of converting internal combustion engine vehicles to electric vehicles on air quality through a comparative analysis in different scenarios; the methodology adopted a quantitative and qualitative approach, including the direct measurement of the exhaust gases of the Chevrolet Corsa Wind 1400 cubic centimeters (cc) vehicle using a specialized analyzer, the statistical processing of the data obtained at idle and at 2500 rpm, and the bibliographic compilation on operating parameters of electric motors and current environmental regulations; showing in the results values that present variations with respect to the regulatory limits that confirm the significant generation of pollutants such as CO, CO₂, HC and NO_x. In the context of a high-altitude city, in contrast, the proposed electric propulsion system, based on a 108 V motor with a LiFePO₄ lithium battery, does not generate direct exhaust gas emissions during its operation. It is concluded that conversion to electric propulsion constitutes a viable alternative for reducing emissions, improving air quality, and strategically contributing to the mitigation of the environmental impact associated with urban transportation in Ibarra.

Keywords: Electric Vehicles; Vehicle Emissions; Internal Combustion-to-Electric Conversion; Vehicle Range.

LISTA DE SIGLAS

HC. Código Orgánico ambiental

CO. Monóxido de carbono

CO₂. Dióxido de carbono

NO_x. Óxido de nitrógeno

INEN. Servicio ecuatoriano de normalización

RPM. Revoluciones por minuto

MCI. Internal Combustion Engine (motor de combustión interna)

EV. Vehículo eléctrico

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE SIGLAS.....	9
CAPÍTULO I	14
INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Tema	14
1.2 El problema.....	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Formulación del problema de investigación.	14
1.5 Justificación	15
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1 Motores de combustión interna.....	17
2.2 Emisiones de gases contaminantes	18
2.3 Gases de escape.....	21
2.4 Vehículos eléctrico.....	22
2.4.1 Motor eléctrico.....	25
2.4.2 Baterías	26
2.5 Escenario de estudio en la ciudad de Ibarra	27
2.6 Balance Energético Nacional	28
2.7 Comparación de emisiones de CO ₂ de un motor CI y un motor Ev.....	29
CAPÍTULO III	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 Materiales.....	30
3.1.1 Selección del vehículo.....	30
3.1.2 Equipo de análisis de gases.	31

3.1.3 Kit de conversión eléctrico.....	32
3.1.4 Software analizador de emisiones	36
3.2 Método	37
3.2.1 Análisis del parque automotor de la ciudad de Ibarra	37
3.2.2 Procedimiento de recolección de datos en el motor de combustión interna del Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos.....	38
3.2.3 Medición de los gases de escape en el motor de combustión interna.	40
3.2.4 Vehículo con motor eléctrico	40
3.2.5 Software de comparación de un motor MCI vs EV	41
3.2.6 Análisis de datos obtenidos de emisiones	41
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
4.1 Vehículos eléctricos y de combustión como parque automotor de Ibarra	42
4.2 Análisis de medición de gases de escape	43
4.2.1 Pruebas de emisiones de gases de escape a un régimen de ralentí.....	43
4.2.2 Pruebas de emisiones de gases de escape a un régimen de 2500 rpm	46
4.2.1 Análisis de los resultados de las mediciones de gases de escape.....	50
4.2 Resultado del cálculo comparativo del motor eléctrico frente al motor de combustión.....	59
CAPÍTULO V.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1 Conclusiones	62
5.2 Recomendaciones	63
Referencias bibliográficas.	64
Anexos.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ficha técnica Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos.	30
Tabla 2 Vehículos matriculados	38
Tabla 3 performance del Chevrolet corsa 1400 centímetros cúbicos	38
Tabla 4 Parámetros de la producción de gases de escape.....	39
Tabla 5 Parque automotor de Ibarra	42
Tabla 6 Gases de escape (Ralentí muestra 1)	43
Tabla 7 Gases de escape (Ralentí muestra 2)	43
Tabla 8 Gases de escape (Ralentí muestra 3)	44
Tabla 9 Gases de escape (Ralentí muestra 4)	45
Tabla 10 Gases de escape (2500 rpm muestra 5)	48
Tabla 11 Parámetros de los gases de escape.....	48
Tabla 12 Muestras de funcionamiento en ralentí.....	50
Tabla 13 Muestras de funcionamiento a 2500 rpm	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gases (HC)	20
Figura 2 Motor eléctrico 108 V	25
Figura 3 Software de cálculo y comparación	29
Figura 4 Analizador de Gases Brain Bee	31
Figura 5 Kit de conversión	32
Figura 6 Motor de 108V a 205A	33
Figura 7 Convertidor (GA-ZHQ-1)	34
Figura 8 Banco de Baterías.....	35
Figura 9 Software de análisis de emisiones.....	36
Figura 10 Flujograma de procesos	37
Figura 11 Datos del vehículo eléctrico	59
Figura 12 Análisis del modelo comparativo.....	61
Figura 13 Vehículo del estudio comparativo.....	67
Figura 14 Motor de combustión	67
Figura 15 Motor eléctrico.....	67
Figura 16 Banco de baterías	68
Figura 17 Pruebas de funcionamiento	68

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Tema

Impacto de la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos en la calidad de aire de Ibarra: estudio comparativo.

1.2 El problema

El presente proyecto que se pretende desarrollar busca dar una solución principalmente a la contaminación en las ciudades, dando respuesta a la interrogante del impacto de la conversión del vehículo de combustión interna a vehículos eléctricos basados en la toma de datos del parque automotor de la ciudad de Ibarra, para este desarrollo se toma en cuenta el vehículo antes de la conversión en el tema de generación de contaminantes que son expulsados al aire luego de su funcionamiento en determinados escenarios, por otro lado, la toma de nuevos datos que reflejaran la disminución de los contaminantes presentes en el aire dentro del respectivo funcionamiento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la conversión de vehículos con motor de combustión interna a eléctricos en la calidad del aire en la ciudad de Ibarra, mediante un estudio comparativo de varios escenarios.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del parque automotor de la ciudad de Ibarra.
- Identificar los principales contaminantes atmosféricos.
- Diseñar un modelo de simulación comparativo.
- Proponer recomendaciones técnicas y estratégicas basadas en la reducción potencial de emisiones.

1.4 Formulación del problema de investigación.

En el presente trabajo de titulación se pretende desarrollar un estudio comparativo de la conversión de vehículos con motores de combustión interna a vehículos eléctricos, basados en el impacto de agentes contaminantes en varios escenarios. Para lo cual se

recolectará datos del parque automotor de la ciudad de Ibarra reflejando el nivel y el tipo de contaminación producida, además del diseño de un modelo en el cual se presenta la simulación comparativa de emisiones de vehículos de combustión interna frente a uno eléctrico, estableciendo variables específicas a la contaminación; puesto que este resultado será el idóneo para garantizar la correcta comparación de los dos tipos de vehículos y de los escenarios a los cuales serán sometidos. Por otro lado, basados en el modelo de simulación comparativa se reflejará recomendaciones tanto en la aérea técnica teniendo en cuenta el impacto de la conversión en calidad del aire, al igual que las recomendaciones estratégicas, siendo en conjunto la apertura para la reducción potencial de emisiones con la implementación de la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos.

1.5 Justificación

Dentro de los vehículos el tipo de propulsión es un factor determinante para la producción o no de contaminantes al medio ambiente, siendo así el principal factor para la reducción e implementación de nuevas tecnologías que no utilicen combustibles fósiles que causan la contaminación, por lo tanto, una de las alternativas que va en desarrollo es la implementación de vehículos con propulsión eléctrica, dado que en la investigación de Vacas Omatos [1] fundamenta bajos sus estudios que en gran parte de contaminantes que se fijan como variables de estudio para este caso los vehículos de combustión interna se ajen gran parte en cifras que reflejan la apertura para la implementación de una tecnología diferente de propulsión que para el caso es mediante un motor electro adecuado y asignado acorde a las necesidades y prestaciones del vehículo.

Si bien es cierto que los vehículos que para su funcionamiento utilizan recursos fósiles que para el caso es la refinación del petróleo convirtiéndolo en combustibles que generan contaminación al medio ambiente, además de que dentro del desarrollo de los vehículos se ha puesto ciertas restricciones de operatividad de los motores de combustión interna, esto para garantizar que los gases y contaminantes producidos sean a menor escala, por lo tanto, Román & Carranco [2] afirma que es indudable la capacidad de generar una fuerza de torque basadas en la flexibilidad de utilización además de la disminución en gran porcentaje de contaminantes.

Para garantizar un correcto uso del sistema de propulsión eléctrica se adopta las interrogantes que, en el estudio de Hernández, Fernández, Mora, & Alvarado [3] asevera que bajo análisis de agentes contaminantes que se producen por el tipo de energía que se utilice, siendo esta la energía que se obtiene por el consumo de combustibles fósiles o a su vez de la generación de electricidad, en sí se refleja en la huella de carbono teniendo en cuenta la comparativa de estas dos energías respecto a ciertas variables se determinan para la obtención de datos que al final serán de beneficio para la población, el medio ambiente y la industria vehicular. Por otro lado, en la investigación de [4] asegura que la transición de los motores de combustión interna hacia los motores eléctricos es necesaria para el desarrollo del transporte moderno. Sin embargo, este proceso implica enfrentar diversos desafíos que todos los países deben considerar durante la electrificación del transporte. Uno de los principales es el suministro de energía, ya que los vehículos eléctricos requieren electricidad para su funcionamiento y para los sistemas a bordo, energía que proviene de baterías que deben recargarse mediante la infraestructura eléctrica disponible.

Dentro del aspecto contaminante Baldasano Recio [5] hace referencia al crecimiento poblacional siendo este uno de los factores para el análisis comparativo de una conversión de propulsión de vehículos que garantice la disminución de contaminación que se genere por el uso y necesidad de transportarse, esto poniendo énfasis en las ciudades, puesto que es en donde se concentra mayoritariamente la contaminación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Motores de combustión interna

Dentro de la conversión es importante destacar que con el pasar del tiempo las tecnologías cambian y se mejoran por ende los resultados se reflejan en las variables relevantes respecto a la contaminación, por lo cual los vehículos de combustión interna tienen una mayor participación dentro de la contaminación, si bien es cierto las nuevas tecnologías ha permitido la reducción de agentes contaminantes, estas siguen siendo generadas y lo que se busca o se destaca con la implementación del estudio comparativo respecto a la implementación de la conversión del tipo de propulsión es minorizar aún más esta contaminación [6].

Bajo circunstancias [6] testifica que durante el proceso de combustión debería producir agua y dióxido de carbono; sin embargo, este resultado sería en la teoría, por lo que en la práctica y en varios escenarios estos varíen y no se obtenga un resultado ideal.

Al estar presentes las impurezas en el combustible que no solo generan agua y dióxido de carbono durante su proceso de combustión. De acuerdo con Todas las estructuras proteicas de los seres vivos poseen azufre y nitrógeno, que de manera ineludible se integran al combustible, aunque en cantidades reducidas y que a su vez la quema de estas impurezas genera óxidos de azufre y nitrógeno, los cuales son componentes de los gases de escape y provocan precipitaciones ácidas.

Dentro de la indagación de [7] afirma que las emisiones de los vehículos son una fuente importante de contaminación del aire en las ciudades y contribuyen tanto a problemas locales de calidad del aire como a impactos ambientales globales. El sector del transporte genera alrededor del 23 % de las emisiones mundiales de CO₂ y cerca del 30 % en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico provenientes de la quema de combustibles fósiles.

2.2 Emisiones de gases contaminantes

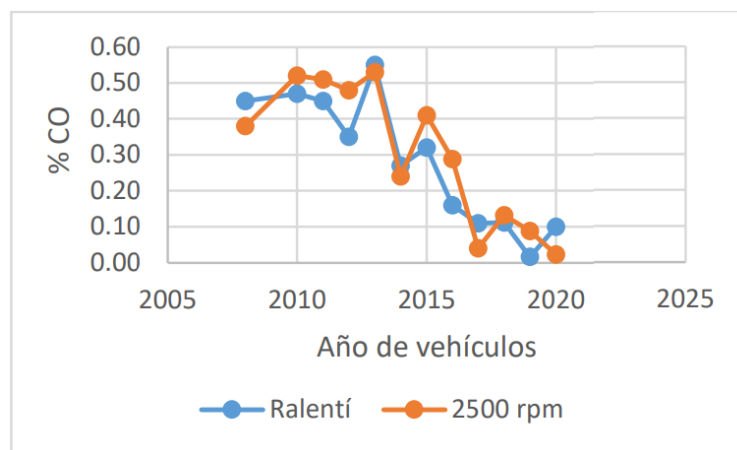
Partiendo el análisis de agentes contaminantes se define la importancia de un estudio comparativa para la obtención de datos que serán reflejados en el resultado para la correcta implementación de nuevos sistemas tecnológicos de propulsión que disminuyan la contaminación del medio ambiente y en sí del aire. Por lo tanto, en América Latina y el Caribe se han generado gran cantidad de crecimiento de gases contaminantes que principalmente afectan a la salud pública, teniendo que el transporte de personas, mercancías, bienes y servicios son indispensables dentro de una sociedad [5] por lo tanto, se toma en cuenta este factor para la implementación de nuevas tecnologías que reduzcan la contaminación ambiental ya generada mediante la comparación de los veneficios obtenidos de un vehículo eléctrico frente a uno tradicional de combustión interna basado en agentes contaminantes; teniendo en cuenta que los datos óptimos serán aquellos que se obtengan en pleno uso, es decir en el escenario designado [8]. No obstante, en la implementación de conversión de propulsión designa varios factores que entre ellos está el funcionamiento, que bajo el estudio comparativo reflejara un resultado positivo a los sistemas que en conjunto ayudaran a la propulsión eléctrica y la misma salga a flote y lo más importante la disminución de la contaminación del aire.

Con la llegada de nuevas tecnologías se ha puesto énfasis en el tema de la contaminación, esto dado que las industrias han provocado que el consumo de sus productos sean en abundancia, para lo cual un factor importante dentro de esta cadena es el transporte de bienes, servicios, productos y de personas en general de un punto inicial a un punto de llegada, por ende el sector automotor ha obtenido bajo sus antecedentes de generación de contaminación que se tenga especial atención, debido a su total dependencia de los combustibles fósiles y sus derivados, puesto que los vehículos son un conglomerado de máquinas que generan gases contaminantes. Según estimaciones del PNUMA [8], el sector del transporte contribuye aproximadamente al 25 % de todas las emisiones de gases contaminantes.

Dentro de la investigación [8] se evidencia la necesidad de que esta problemática sea guiada bajo el análisis de vida para las dos opciones de propulsión, obteniendo datos que con el análisis respectivo se obtendrá resultados contundentes de dicha comparativa de los motores de combustión interna, dado que se basan en el consumo de recursos no renovables como lo es el combustible siendo un derivado del petróleo; para lo cual existen

dos tipos de motores de combustión interna, los vehículos que utilizan un refinado de petróleo llamado gasolina los cuales tienen un sistema de encendido por chispa donde el combustible se mezcla con aire y luego se transforma en la carrera de pistón para que la energía se transforme en masa en movimiento, esto debido a la combustión. Los motores diésel cuentan con un sistema de compresión donde primero se inyecta aire en el motor y luego se pulveriza combustible en el aire comprimido caliente a una velocidad medida adecuada, lo que provoca la combustión.

Figura 1 Variación (CO) vehículos aprobados



Tomado de: Cisneros C, Análisis de gases de escape de vehículos mediante la prueba estática, 2021

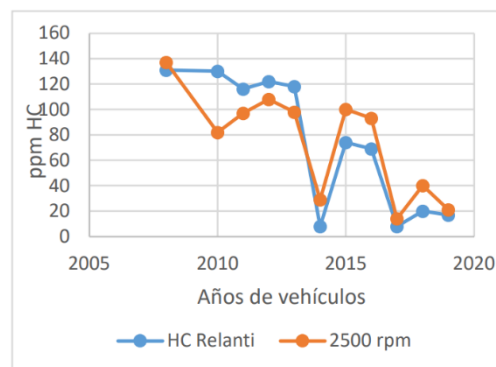
La consideración de los vehículos que no aprobaron no es relevante, puesto que ellos no están dentro de lo establecido por la normativa [9] obteniendo la negativa para su libre movilidad; por lo tanto, los resultados de los vehículos aprobados dentro de los parámetros de los gases CO varían según el año y que de apoco van en decrecimiento especialmente dentro de ciertas revoluciones que serían tomadas como una prueba en campo, experimentando una relación con la realidad, dado que un vehículo en ralentí puede generar variación en los niveles de contaminación; sin embargo, con el transporte es necesario que las pruebas se obtengan en tiempo real en un ambiente y entorno sin ningún tipo de modificaciones.

Dentro del texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente asevera en el artículo 3 dentro de los objetivos del ministerio del ambiente [9] señala que el “objetivo estratégico es prevenir la contaminación, mantener y recuperar la calidad

ambiental” [9, p. 6]. Para Carlos Cisneros [10] los principales gases de escape que son producto de la combustión interna son los “hidrocarburos (HC), monóxidos de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas” [10, p. 58], obteniendo una variación en cada uno de estos gases, ya que dependería del modelo del vehículo y de las tecnologías con el que cuente, siendo este otro factor para tomar en cuenta que motores de combustión interna generaran mayor porcentaje de contaminación en los gases producto de la combustión.

La antigüedad es una característica del parque automotor, dado que los vehículos con más años de uso generan aún más contaminación por la tecnología obsoleta en temas de emisiones. Basado en el aporte de Carlos Cisneros [10] en la ciudad de Quito se consta de resultados de los gases de un determinado vehículo “aplicando la prueba estática y dinámica según protocolo ASM y IM 240” [10, p.58] obteniendo una comparativa de las pruebas, por lo cual en la prueba estática existe variación con el factor de lambda, el mismo que está fuera de los valores y de los rangos permitidos para su circulación; por otro lado, en la prueba dinámica si se llega al valor ideal es decir el correcto. Carlos Cisneros [10] asegura que para una buena combustión a una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar el octanaje de la gasolina debería ser de 92 octanos.

Figura 1 Gases (HC)

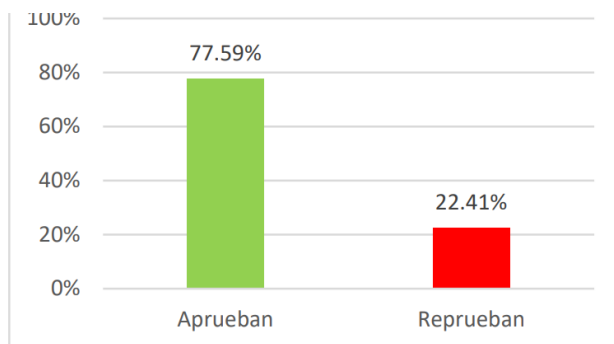


Tomado de: Cisneros C, análisis de gases de escape de vehículos mediante la prueba estática, 2021

Para esta figura es esencial mencionar que Carlos Cisneros [10] toma los datos de los vehículos aprobados, se evidencia que consta de picos de variación, puede ser producto de las nuevas implementaciones de circulación, expresa que con el paso de los

años el nuevo parque vehicular llega a generar los mismos HC a revoluciones controladas o ralenti en comparación con el aumento de las revoluciones por minuto.

Figura 3 Vehículos aprobados vs reprobados



Tomado de: Cisneros C, análisis de gases de escape de vehículos mediante la prueba estática, 2021

Estos resultados evidencian la cadencia del parque vehicular, teniendo en claro que para que un vehículo genere gases de escape contaminantes existen características como por ejemplo el motor de combustión no cuenta con mecanismos o tecnologías de control, el desarrollo de mejora para la combustión, es decir la mezcla aire combustible ideal, posibles averías en los sistemas que intervienen de forma directa en la combustión y del tipo de combustible en características de calidad, este último es importante, puesto que en nuestro país y en especial en ciudades de altura el nivel de octanajes y de pureza del combustible se ve alterado.

2.3 Gases de escape

Es importante recalcar que en la investigación de [11] asegura que una combustión ideal es dada cuando λ es igual a uno siendo el aire acorde a la relación estequiométrica, sin embargo, si el valor es menor a uno está relacionado con la ausencia de aire o el aumento de combustible, por lo tanto, en el caso de ser mayor a uno se denota como la presencia de exceso de aire dentro de la combustión. Para [12] asegura que la mezcla teórica de catorce puntos siete partículas de aire frente a una partícula de

combustible establecen una buena combustión y por cuanto es la mezcla estequiométrica ideal.

En la investigación de [13] da la importancia al dióxido de carbono como un gas incoloro e inodoro que es producido en la quema de combustibles fósiles, además que no es un gas tóxico como tal en concentraciones normales no excesivas contribuye al cambio climático, en los vehículos este gas representa la eficiencia de la combustión.

En el aporte de [14] el monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro de alta peligrosidad, este gas es producido por la quema de combustible y es resultado de una combustión incompleta deficiente, no representa un riesgo eminente dentro de la contaminación ambiental, pero si una alta peligrosidad para la salud; este gas es el indicador de que existe una cantidad excesiva de combustible o también que por algún sensor y a su vez por algún actuador en mal estado.

Siguiendo con la generación de gases de escape el óxido de nitrógeno en la investigación de [14] asegura que es un conjunto de gases como monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno, los mismos que se producen cuando la quema del combustible se realiza a una alta temperatura, principalmente genera al ambiente el famoso smog y que a su vez la aparición al medio ambiente de la lluvia ácida, acompañada de algunas afectaciones respiratorias en general problemas a la salud.

En esta cadena de gases contaminantes que se generan dentro de un motor de combustión interna se tiene los hidrocarburos que en [15] expresa que son átomos de carbono e hidrogeno, generados específicamente cuando no se realiza el proceso de [16] combustión y el combustible que no se aprovecha es desechado como gas de escape, generando una afectación considerable al medio ambiente en general.

2.4 Vehículos eléctrico

En la investigación de [6] advierte de la importancia de tomar en cuenta los materiales de origen para los vehículos eléctricos al evaluar el peso activo del motor, en función de la potencia máxima necesaria. Los componentes de la batería también son tratados de la misma forma. Para los automóviles eléctricos, la etapa inicial comprende la extracción, el procesamiento, el refinado y el traslado de diversos materiales desde el lugar de origen hasta las instalaciones de producción de componentes.

Teniendo como antecedente a la investigación [6] el cual menciona que el vehículo eléctrico no ha sido tomado en cuenta por cuanto su apogeo en la industria no ha sido el esperado, tomando en cuenta que no es un invento moderno, sino más bien un método de propulsión antiguo que por intereses económicos y que para la época el poder de ciertos magnates de la industria petrolera no estaban en acuerdo, por lo tanto, la generación de gases contaminantes por la quema del combustible mediante el motor prendió las alertas debido a la vulnerabilidad de temas ecológicos y de salud pública; esto atestiguado en la investigación y que el crecimiento poblacional ocasiona una mayor emisión de contaminantes al ambiente que de alguna forma se limitó con la implementación de normativas de emisiones de gases contaminantes y con el cambio de tecnologías que sean más limpias.

Dentro de la investigación de [17] asegura que la eficiencia energética de los vehículos eléctricos demuestra que el aprovechamiento adecuado de las centrales eléctricas de ciclo combinado que utilizan gas natural puede incrementar el rendimiento global de estos sistemas de transporte. En este contexto, se realiza una comparación del desempeño energético entre los motores de combustión interna y las motocicletas eléctricas, utilizando ensayos dinamométricos basados en datos reales para evaluar su comportamiento y eficiencia.

Por otro lado, en la investigación de [18] afirma que a nivel mundial se observa una marcada tendencia hacia la fabricación y comercialización de vehículos eléctricos, cuyas ventas han alcanzado cifras cada vez más alta. Este crecimiento evidencia el avance de la transición hacia tecnologías de transporte terrestre eléctricas, las cuales están adquiriendo gran impulso y se proyectan como una alternativa prometedora para reducir las emisiones de gases contaminantes.

Acorde a la investigación de [19] los vehículos eléctricos son construidos con motores que requiere la inclusión de un sistema de inversión de corriente alterna, dicho sistema es responsable de transformar la corriente directa proporcionada por los acumuladores de energía, y transformarla en corriente alterna para convertirse en corriente alterna, con las características que se necesitan para suministrar el motor. Un automóvil eléctrico cuenta con dispositivos de control de manejo muy diferentes a un vehículo de combustión interna, debido a la naturaleza de cada motor y las necesidades que deben ser cumplidas para su funcionamiento, como lo son los controladores de velocidad con el fin de acelerar y frenar el automóvil eléctrico.

El vehículo se propulsa a través de un motor eléctrico que puede ser de tipo eléctrico monofásico o trifásico, con una potencia determinada según las demandas, ajustada a las exigencias del automóvil. El motor eléctrico, al contar con menos componentes móviles que un motor de combustión interna, utiliza de forma más eficiente la energía que se le proporciona, consiguiendo transmitir el movimiento rotativo de manera más eficaz hacia la superficie [20].

Por otro lado, para [21] en su investigación compara el vehículo con motor de combustión versus el motor eléctrico dando como resultado la importancia de verificar el impacto del ciclo de vida, analizando los niveles de contaminación desde la producción de cada uno de los componentes y posterior en su funcionamiento en campo.

Para los vehículos eléctricos, las emisiones de contaminantes a nivel mundial varían considerablemente de las a nivel local. En este estudio, se determinó que no se tomarían en cuenta las emisiones contaminantes provenientes de la producción de electricidad en los análisis comparativos efectuados, dado que las emisiones contaminantes de los vehículos eléctricos a nivel mundial se originan exclusivamente en los procesos de generación y transmisión de electricidad [22]. Así pues, para valorar los impactos ambientales globales de la operación de vehículos eléctricos, se debería tener en cuenta las particularidades de los procesos de producción y distribución de energía eléctrica empleados para cargar las baterías de los vehículos eléctricos.

Dando paso a los rasgos de los vehículos eléctricos que se impulsan con energía eléctrica, que en dicha comparativa se presenta una gran brecha respecto al tema fundamental, el de la contaminación bajo escenarios distintos, la variable de la condición atmosférica; teniendo cuenta que la ciudad de Ibarra es una ciudad de altura y que a su vez presenta distintos escenarios topográficos idóneos para el respectivo estudio; si bien es cierto la invención de la rueda género o dio paso a la implementación de tecnologías relevantes acorde a las épocas que han pasado hasta la actualidad para los vehículos, sin embargo, la contaminación por los gases de escape generados por los motores de combustión es un precio muy alto respecto al desarrollo.

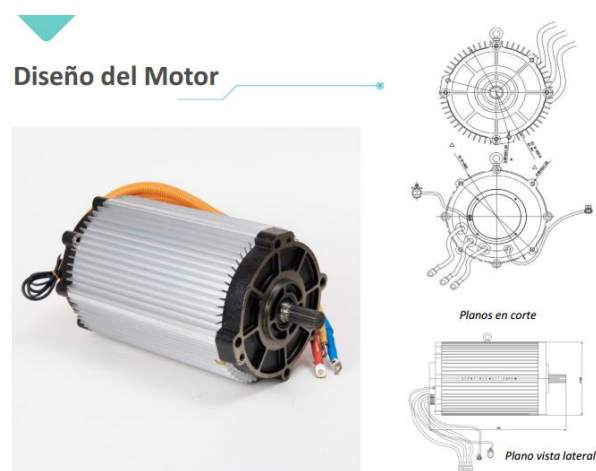
En la investigación de [23] asegura que el incremento en la compra de vehículos eléctricos ha generado que los fabricantes pongan en énfasis las baterías, esto debido a la necesidad de un sistema que genera la carga suficiente y en menor tiempo, dando como resultado un estudio de ingeniería sofisticado. Para [24] la industria automotriz está

avanzando hacia soluciones de movilidad más sostenibles y con menor impacto ambiental, lo que ha aumentado significativamente el interés en vehículos híbridos y completamente eléctricos. De igual manera, la demanda por aplicaciones que integren motores eléctricos sigue creciendo de manera acelerada. Para [25] asegura que uno de los mecanismos para la implementación de los vehículos eléctricos en el medio es la planificación de beneficios económicos y de prioridades en el manejo de refacciones e implementos necesarios para su correcto funcionamiento.

2.4.1 Motor eléctrico

Dentro de la conversión de un vehículo de su sistema de propulsión para [26] afirma la implementación viable de un motor eléctrico de 108 V, el mismo que está contemplado dentro de un kit de conversión, además cuenta con un controlador y acelerador electrónico, un convertidor de voltaje, cargador de la batería y de algunos accesorios más que son necesarios para su funcionamiento. Otra parte importante e indispensable de este kit es el set de baterías de Litio en la especificación LiFePo4 108V y 100 A, la misma que está constituida por celdas, un sistema electrónico que administra un paquete de baterías recargables, sensores y demás accesorios para su funcionamiento.

Figura 2 Motor eléctrico 108 V



Tomado de: PRISMA MOTION, ficha técnica del motor eléctrico de 108V, 2026

La imagen corresponde a un motor eléctrico de estructura cilíndrica y de construcción de aluminio lo que facilita la disipación del calor generado por su funcionamiento, cuenta con un eje frontal para la transmisión de movimiento y conexiones eléctricas con sus debidas protecciones; el motor por la particularidad de aplicación que requiere eficiencia, resistencia y excelente rendimiento térmico cuenta con una construcción robusta y compacta a la vez.

2.4.2 Baterías

Las baterías de iones de litio, la tecnología más avanzada, son la opción preferida por los fabricantes debido a su mayor eficiencia energética y mejor resistencia a la temperatura. La función del motor eléctrico es girar a mayor velocidad para generar energía mecánica que impulsa el vehículo. Las revoluciones por minuto (RPM) en un vehículo eléctrico son mayores en comparación a las de un vehículo con motor de combustión interna, lo que proporciona una experiencia de conducción más suave [8]. La mayoría de los motores eléctricos incorporan la función regenerativa, que restaura la energía al frenar y el vehículo se detiene. Por lo tanto, la eficiencia del vehículo eléctrico no disminuye en caso de congestión vehicular, lo que afecta negativamente a los vehículos con motor de combustión interna que pese a estar estáticos, es decir sin movimiento de traslación necesitan el consumo de combustible para estar en funcionamiento dando como consecuencia la generación de gases contaminantes.

Los automóviles eléctricos dentro de la investigación de [19] se alimentan de la batería esto dependiendo de qué tipo o variación; sin embargo, cuentan con una batería especial que es empleada acorde a su diseño y necesidad de propulsión dando como resultado la implementación de baterías compuestas de plomo-ácido, níquel-cadmio, híbrido de níquel-metal e iones de litio. La densidad de energía de las células, la eficacia energética y el peso del paquete de baterías establecen la autonomía completa del automóvil.

Al igual que para [27] la extracción de litio para baterías de vehículos eléctricos favorece la transición hacia energías renovables, reduciendo el uso de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. En la investigación de [28] afirma que la batería no necesita mantenimiento, ya que la mayoría de los fabricantes ofrecen planes de alquiler o garantías a largo plazo. Durante su vida útil, no genera contaminación

y evita el uso de materiales contaminantes presentes en las baterías convencionales. Importante la investigación de en la cual menciona que los medios de transporte están en evolución hacia la electromovilidad, impulsada por iniciativas como el Acuerdo de París, promoviendo vehículos que funcionen con energía eléctrica en lugar de combustibles fósiles esto como medio de disminuir la producción de gases contaminantes al medio ambiente y de paso el deterioro de la salud pública.

2.5 Escenario de estudio en la ciudad de Ibarra

Una de las principales interrogantes es identificar el escenario para lo cual será la variable para tomar en cuenta, puesto que en la misma ciudad se puede tener varios escenarios de congestión, ascensos y descenso, además del clima; por este lado se obtendrá los valores que se requieren evaluar respecto a la conversión del tipo de propulsión.

Teniendo en cuenta que para [29] la ciudad de Ibarra se encuentra a una “altitud de 2215 m sobre el nivel del mar” y con la afirmación de [30] en la cual menciona el crecimiento del parque automotor de la ciudad, además que “solo en la hora pico en el centro de Ibarra se registra entre 1.500 y 2.000 conductores” esta situación genera el respectivo análisis, debido a que la contaminación por gases de escape se generen en cantidades que van en aumento.

Cabe destacar que la posición privilegiada de la ciudad de Ibarra hace que en la investigación del Universo [31] asevera según un informe elaborado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2014, la ciudad de Ibarra fue catalogada como la segunda ciudad de América Latina con mejor calidad del aire. Este posicionamiento se debe a que se registraron concentraciones de aproximadamente 9 microgramos de material particulado 2,5 microgramos y 18 microgramos de material particulado 10. Estas últimas corresponden a partículas contaminantes presentes en el aire que, aunque también afectan la calidad ambiental, poseen un tamaño mayor al material particulado 2,5 microgramos y, por lo tanto, suelen considerarse menos perjudiciales para la salud.

Corroborando lo anterior en el estudio de [32] resaltan que el porcentaje de CO tiende a incrementarse, mientras que la cantidad de HC disminuye. No obstante, en el caso de las emisiones de CO₂, la altitud ejerce una influencia más notable, ya que estas se reducen a medida que disminuye la presión atmosférica. Esto obliga al motor a operar

bajo diferentes condiciones, como variaciones en la presión atmosférica, la temperatura del aire de admisión y la humedad.

2.6 Balance Energético Nacional

Dentro de la determinación de contaminación en el Ecuador se tiene el balance de producción Energético Nacional [33] el cual menciona dentro de sus estadísticas que durante el año 2023 y 2024 se denotó una reducción del 10.8 % en la producción de energía hidroeléctrica debido principalmente a la situación de estiaje que presento durante un tiempo considerable que incluso se transformó en generación de energía intermitente.

Por lo contrario, la generación termoeléctrica experimento un aumento del 16.9 %. De igual manera, la producción proveniente de otras fuentes renovables como: solar, eólica y la biomasa creció en un 25.4 %. Sin embargo, en la investigación de [34] menciona que, aunque los vehículos eléctricos e híbridos disminuyen las emisiones directas de carbono por el escape, la generación de la electricidad que consumen puede implicar impactos ambientales, ya que gran parte de la energía en países como Estados Unidos proviene de combustibles fósiles.

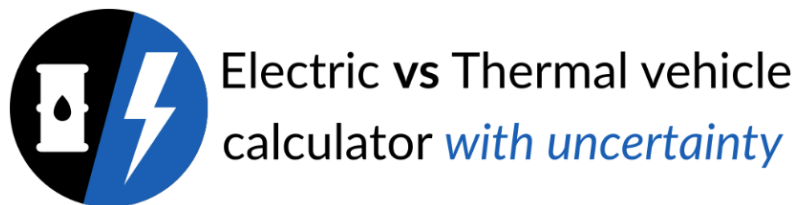
Teniendo en cuenta la generación energética establece la relación entre las emisiones de dióxido de carbono y el consumo final de energía, durante los años 2014 a 2024, el indicador obtuvo un crecimiento del 5.1 %, lo que implica que las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético crecieron en menor propósito, dando una mejora relativa en la eficiencia ambiental del sistema energético del país.

Para las dos tecnologías de propulsión es importante resaltar a [35] ya que en su aporte afirma que la relación para tener una perspectiva de las emisiones asociadas al consumo de combustible o energía, el análisis permite estimar las emisiones de carbono generadas. Para ello, se toman en cuenta tanto las emisiones de CO₂ derivadas de los procesos de extracción, transformación y distribución de la energía, como aquellas producidas durante su consumo final.

2.7 Comparación de emisiones de CO2 de un motor CI y un motor Ev.

Bajo los criterios de uso de validación de la información se tiene la utilización de un software que nos permita la respectiva comparación de la información de vehículos eléctricos con vehículos de combustión interna, dicha demanda es clara dado que el uso de nuevas tecnologías reduce la producción de gases contaminantes por cuanto en la página web [36] afirma cada uno de los aspectos fundamentales para el estudio comparativo son las emisiones, dada por sus mínimos y máximos dentro del funcionamiento del interfaz para el respectivo calculo .

Figura 3 Software de cálculo y comparación



Tomado de: Haessig P, Electric vs Thermal vehicle, 2025

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo la principal variable que es la Ibarra sobre el nivel del mar, es decir la generación de agentes contaminantes por un motor de combustión interna en la ciudad de Ibarra, la misma que se encuentra a una “altitud de 2215 m sobre el nivel del mar”; para lo cual se exhibe los respectivos procedimientos para la obtención y posterior análisis de los datos.

3.1 Materiales

3.1.1 Selección del vehículo.

Para la implementación del presente proyecto de investigación se contara con la disposición de un vehículo que anteriormente bajo otros proyectos forma parte de los activos de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte; partiendo de esta premisa el vehículo Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos fue seleccionado como parte de la mejora del parque automotor dentro de la institución para posteriores investigaciones y de la implementación en la ciudad de Ibarra; teniendo en cuenta que no es un vehículo cero kilómetros y que presenta un desafío dentro de los parámetros de modificaciones; sin embargo, la producción y emisiones de gases de escape por su motor de combustión interna genera la necesidad del estudio, siendo este el idóneo para la respectiva conversión, generando el estudio comparativo de las emisiones de gases de escape.

Tabla 1 Ficha técnica Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos.

MOTOR	
COMBUSTIBLE:	Gasolina
POTENCIA MÁXIMA (CV):	60
REVOLUCIONES POTENCIA MÁXIMA (RPM):	5.200
TORQUE MÁXIMO (Nm):	111
REVOLUCIONES TORQUE MÁXIMO (RPM):	2.800
UBICACIÓN:	Delantero transversal
NÚMERO DE CILINDROS:	4
DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS:	En línea
DIÁMETRO:	77.6
CARRERA:	73.4

CILINDRAJE:	1.389 c.c.
ALIMENTACION:	Inyección Multipunto
VÁLVULAS POR CILINDRO:	2
RELACIÓN DE COMPRESIÓN:	9.4:1

Tomado de: Marín Dagradi, monkeymotor, 2025

3.1.2 Equipo de análisis de gases.

Figura 4 Analizador de Gases Brain Bee



El analizador de gases de la marca Brain Bee, cuenta con un panel de control y una impresora para los resultados, posee pantallas digitales para cada parámetro de medición, tales como la presencia de monóxido de carbono (CO) en porcentaje del volumen, dióxido de carbono (CO₂) con relación al porcentaje del volumen, hidrocarburos (HC) con relación a las partes por millón del volumen, oxígeno (O₂) con relación al porcentaje del volumen, alfa (λ) sobre el óxido de nitrógeno (NOX) con relación al porcentaje por millón del volumen y de las revoluciones por minuto (RPM) con relación a minutos sobre la temperatura (T) con relación a grados centígrados; cuenta con botoneras para el encendido y control de operación; en la parte posterior cuenta con acoples de conexión, tanto para la alimentación como de orificios y filtros por los cuales los gases del escape circulan con la ayuda de la sonda y la trampa de humedad para su

análisis, además en la parte posterior cuenta con una ficha técnica de funcionamiento y de los parámetros en los cuales el equipo realizara la lectura de las emisiones.

3.1.3 Kit de conversión eléctrico

Figura 5 Kit de conversión

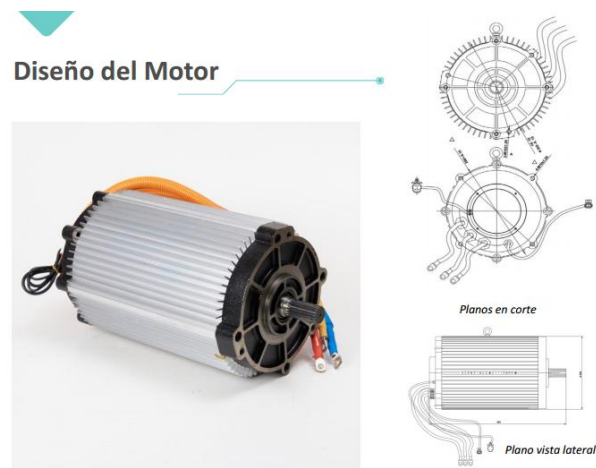


Tomado de: CMVTE, kits de conversión de automóviles eléctricos, 2024

El motor eléctrico de 108 V a 205 A, cuenta con una construcción externa cilíndrica de aluminio con sus respectivas aletas para disipar el calor, a uno de los extremos cuenta con eje que transmite el movimiento, en el extremo posterior cuenta con cables de alto voltaje de color naranja, a continuaciones se tiene el controlador del motor eléctrico, posee un acelerador electrónico, dispositivo de encendido o controlador del arranque (on/off); una de las partes importante es el cargador estructurado con aletas para disipar el calor, este elemento puede recibir energía de 110 v y 220 v, se cuenta con un convertidor de voltaje, de construcción rectangular y la disposición de aletas para su refrigeración, cableado para la transmisión de datos y una pantalla LCD para verificar la información del estado de la carga de la batería, el conector universal hembra y macho y el banco de baterías, compuestas de litio LiFePO4.

3.1.3.1 Motor eléctrico

Figura 6 Motor de 108V a 205A



Tomado de: PRISMA MOTION, ficha técnica del motor eléctrico de 108V, 2026

El motor eléctrico de 108 V y 205 A constituye un elemento fundamental en vehículos eléctricos y en sistemas de tracción híbrida ligera, pensado para sustituir o complementar los motores tradicionales de combustión. Su principio de funcionamiento consiste en transformar directamente la energía eléctrica en movimiento mecánico, lo que proporciona arranques inmediatos, alta eficiencia energética y operación prácticamente silenciosa. Con un voltaje nominal de 108 V y una corriente máxima de 205 A, este motor entrega un torque constante adecuado para vehículos pequeños, urbanos o de transporte ligero, logrando un balance óptimo entre desempeño y consumo de energía. Su diseño también permite una rápida adaptación a variaciones de carga y aceleración, mejorando la dinámica de conducción.

3.1.3.2 Convertidos de voltaje

Figura 7 Convertidor (GA-ZHQ-1)



Tomado de: CMVTE, kits de conversión de automóviles eléctricos, 2024

El convertidor de voltaje del motor eléctrico de 108 V es un dispositivo electrónico encargado de controlar y ajustar la energía proveniente de la batería hacia el motor, garantizando un desempeño estable y eficiente del sistema de propulsión. Su función principal consiste en transformar el voltaje de la fuente de energía al nivel adecuado que requiere el motor y los sistemas auxiliares del vehículo, protegiendo los componentes eléctricos frente a fluctuaciones o sobrecargas. En el ámbito automotriz, el convertidor de voltaje resulta fundamental para la integración del motor eléctrico con otros componentes del vehículo, como el controlador de velocidad, la batería de tracción y los sistemas de recuperación de energía. Esto asegura un funcionamiento equilibrado, seguro y eficiente del conjunto.

3.1.3.3 Banco de baterías

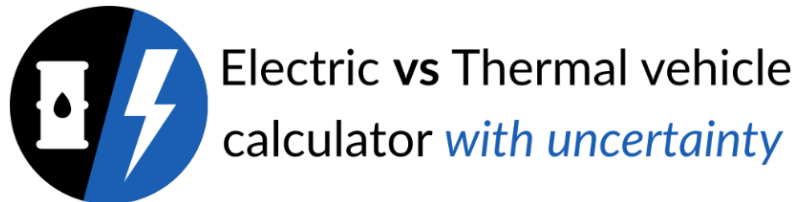
Figura 8 Banco de Baterías



El banco de baterías para un motor eléctrico de 108 V y 205 A consiste en un conjunto de acumuladores eléctricos que suministran la energía necesaria tanto para la propulsión del vehículo como para sus sistemas auxiliares. Está formado por múltiples celdas conectadas en serie y paralelo, lo que permite alcanzar el voltaje nominal de 108 V y soportar corrientes de hasta 205 A, asegurando un suministro constante de energía durante la operación. Este banco de baterías permite arranques inmediatos, aceleraciones eficientes y un rendimiento estable bajo distintas condiciones de carga. Además, cuenta con un sistema de gestión de baterías que supervisa la temperatura, el estado de carga y la seguridad de cada celda, protegiendo el sistema contra sobrecargas, cortocircuitos o descargas profundas. Su diseño modular facilita el mantenimiento, la sustitución de celdas individuales y la adaptación a diversas aplicaciones automotrices, desde vehículos urbanos hasta transportes eléctricos ligeros.

3.1.4 Software analizador de emisiones

Figura 9 Software de análisis de emisiones

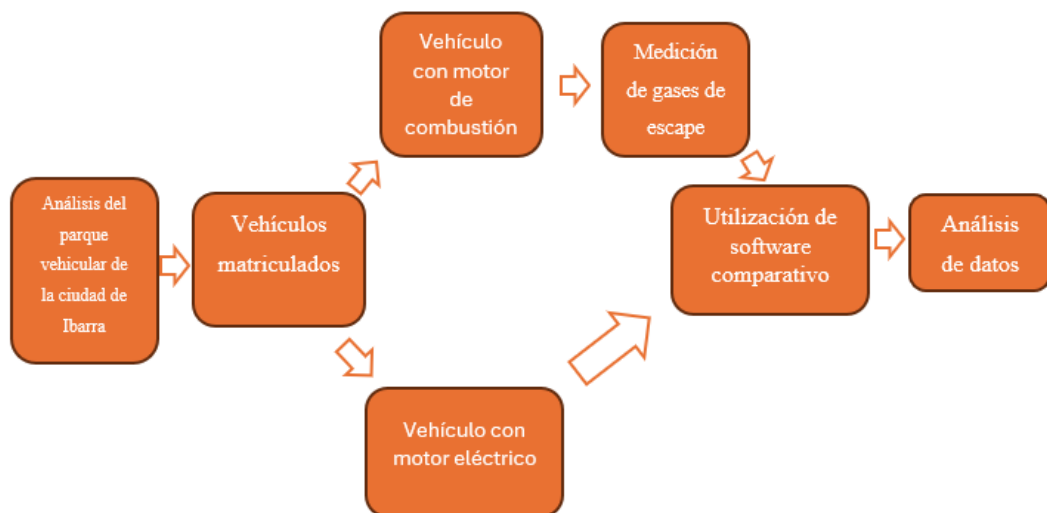


Mencionado software es una versión en línea de uso libre que se encuentra diseñado para comparar emisiones de monóxido de carbono (CO_2) entre vehículos equipados con motor de combustión interna y motor eléctrico, el cual realiza sus cálculos mediante información que va desde la producción de la energía, el consumo y de aspectos relacionados con el consumo energético dependiendo si consume energía eléctrica renovable o consumo de combustibles fósiles. Dentro de los valores a ingresar se tiene las denominaciones de consumo e intensidad en función del CO_2 , calculando las emisiones de cada vehículo y la brecha que existe de los vehículos eléctricos frente las emisiones de fabricación de in vehículo de combustión interna.

3.2 Método

En el presente investigación se obtendrán resultados basados en la toma de datos directamente del motor de combustión interna, de esta forma la experimentación directa brinda la pauta para la respectiva comparación, específicamente de la emisión de gases producidos por un motor de combustión interna y de la recolección de información documental de fuentes bibliográficas como revistas de investigación, artículos científicos, libros, tesis entre varias investigaciones que afirmen la utilidad de motores eléctricos como medio de propulsión; dando así el aporte sustancial al presente proyecto del impacto de la conversión de un vehículo de combustión interna a un vehículo eléctrico.

Figura 10 Flujograma de procesos



3.2.1 Análisis del parque automotor de la ciudad de Ibarra

En primera instancia para abarcar el estudio del parque automotor de la ciudad de Ibarra se obtendrá datos de vehículos matriculados y su determinación, ya sea MCI O EV. Para este análisis la búsqueda de vehículos matrículas en el centro de revisión técnica vehicular en la siguiente tabla se expone información relevante al tema.

Tabla 2 Vehículos matriculados

Tipo de Vehículo	Cantidad
Automóviles	15784
camioneta	11432
Híbridos/eléctricos	293
Jeep	7003

Tomado de: Revisión Técnica Vehicular. Número de vehículos matriculados, 2003

Partiendo de la toma de datos de los vehículos que se matricularon en la ciudad de Ibarra se analiza la gran demanda que a tenido el parque automotor debido a varios indoles, sin embargo, el grupo de interés y de gran expectativa es el apartado de los vehículos híbridos y eléctricos en comparación a los automóviles, si bien es cierto existe una gran brecha dentro de las unidades matriculadas el apogeo de vehículos eléctrico es evidente. Por cuanto basados en la normativa de la revisión técnica vehicular el INEN [37] la cual afirma las particularidades de las pruebas en los vehículos que emplean combustible fósil, por otro lado, dentro de la normativa para los vehículos eléctricos menciona que quedan exentos de la prueba de emisiones, pero en temas de pruebas de frenado, suspensión y demás pruebas se las realiza con normalidad y amparados en la normativa.

3.2.2 Procedimiento de recolección de datos en el motor de combustión interna del Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos.

En primera instancia la búsqueda y recolección de datos basados en la ficha técnica del vehículo a ser analizado, con sus respectivos parámetros, de autonomía, torque y potencia.

Tabla 3 performance del Chevrolet corsa 1400 centímetros cúbicos

PERFORMANCE	
CONSUMO MEDIO (MIXTO):	8.6 litros/100 km
ACELERACIÓN 0 a 100 km/h:	14 segundos
VELOCIDAD MÁXIMA:	150 km/h

Con la ayuda de las especificaciones del vehículo Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos se procederá a la evaluación y medición de los gases de escape, para lo cual en la investigación de [37] brinda la información de los parámetros establecidos para la revisión vehicular específicamente. Basándose en la tabla 4 se procede a realizar la toma de muestras.

Tabla 4 Parámetros de la producción de gases de escape

Características generales	Capacidad de medición y reporte automático de la concentración en volumen de CO, CO ₂ , en los gases emitidos por el tubo de escape de vehículos equipados con motores ciclo Otto de 4 tiempos alimentados por gasolina, GLP o GNC. Cumplirán con lo indicado en la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase1) / ISO3930 y la NTE INEN 2 203, lo que será demostrado mediante calificación del fabricante.	
Especificaciones adicionales	Capacidad de medición y reporte automático de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda (calculado mediante la fórmula de Bret Shneider) y temperatura de aceite. La captación de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional (ruptor y condensador), electrónico, DIS, EDIS, bobina independiente, descarga capacitiva u otro.	
Rangos de medición	VARIABLE	RANGO DE MEDICIÓN
	Monóxido de carbono (CO)	0 - 10%
	Dióxido de carbono (CO ₂)	0 - 16%
	Oxígeno (O ₂)	0 - 21%
	Hidrocarburos no combustionados	0 - 5000 ppm
	Velocidad de giro del motor	0 - 10000 rpm
	Temperatura de aceite	0 - 150 °C
	Factor lambda	0 - 2
Condiciones ambientales de funcionamiento	Temperatura	5 - 40 °C
	Humedad relativa	0 - 90%
	Altitud	hasta 3000 msnm
	Presión	500 - 760 mm Hg

Una vez que se ha socializado los parámetros ideales para un correcto funcionamiento, se procederá con en el encendido del vehículo ya que para la prueba deberá estar a la temperatura ideal, es decir que previo a la toma de datos el motor del estar en funcionamiento previo.

3.2.3 Medición de los gases de escape en el motor de combustión interna.

Posterior a la llegada a la temperatura de funcionamiento del motor, se procederá a la instalación del analizador de gases Brain Bee, se conectará los conductos con sus respectivos filtros y a la espera de que el analizador llegue a la temperatura ideal de trabajo y los parámetros mostrados en las pantallas serán reiniciados automáticamente; a continuación, se colocará un dispositivo que mediante un imán se adhiere al motor y de esta forma podrá observar las RPM directas del motor.

Una vez que el vehículo y el analizador de gases lleguen a su temperatura de funcionamiento ideal respectivamente se procederá a la colocación de la sonda al interior del tubo de escape, a continuación, se reflejará los datos de la prueba, cabe recalcar que este procedimiento se deberá realizar en varias ocasiones en el régimen de ralentí; para cada prueba se espera que se establezcan los datos mostrados en la pantalla anotando respectivamente los datos; una vez que se desconecte la sonda del tubo de escape se procederá a esperar algunos minutos hasta que el medidor se encienda en su totalidad y una vez más se repetirá lo antes mencionado para las cinco muestras en ralentí.

Para el régimen de funcionamiento acelerado en el rango de 2500 rpm; a continuación, se procederá con las acciones antes mencionadas tales como la colocación de la sonda en el tubo de escape y esperar que los datos se establezcan para recolectar la información, a continuación, el retiro de la sonda y la espera momentánea hasta que el dispositivo se encienda automáticamente para las siguientes tomas de las muestras. Recalcando que se realizará cinco pruebas en ralentí y cinco más con el régimen de funcionamiento de 2500 rpm.

3.2.4 Vehículo con motor eléctrico

Para el vehículo con motor eléctrico se realizará las pruebas de funcionalidad, la revisión de los alcances que pudiese llegar, esto debido a la configuración que se le realice, por otro lado, las pruebas que se realicen al motor eléctrico no ofrecerán como tal un resultado de gases de escape ya que la contaminación de CO₂ será considerada por el fuente de donde venga la electricidad, los contaminantes con los cuales se construirá cada

uno de los elemento del kit, en definitiva se realizará la prueba de conducción y de autonomía, verificando el correcto funcionamiento.

3.2.5 Software de comparación de un motor MCI vs EV

La utilización del software será de vital importancia para procesar los datos. En la primera instancia se tendrá que búsqueda el software, verificando el interfaz y de la estructura, los posibles datos y referencias para su correcto funcionamiento. Por cuanto la utilización del software Electric vs Thermal vehicle calculator with uncertainty resultara idóneo ofreciendo una interacción e ingreso de datos cómodo y de fácil entendimiento. Durante este proceso se utilizará datos que mediante fuente bibliográficas y de fichas técnicas se obtendrá la información, en primer lugar, el interfaz se procederá con la intensidad de CO₂, dependiendo del mínimo y para el máximo. A continuación, se procederá con el ingreso del consumo del vehículo eléctrico en su periodo de carga con su respectivo mínimo y máximo.

También es importante ingresar la perdida por carga dentro de las especificaciones. Siguiendo con los datos se tendrá que ingresar la intensidad de CO₂ en la carga del vehículo; una vez que se ha concluido tendrá que verificar los datos del motor de combustión interna, para lo cual se utilizara el consumo del vehículo que serán los datos de la ficha técnica del vehículo. Otra parte importante será cuando se ingrese el contenido de CO₂ con su respectivo mínimo y máximo del combustible. En lo posterior se reflejará los datos que se compararan del vehículo eléctrico y el de combustión en la emisión del CO₂ al ambiente.

3.2.6 Análisis de datos obtenidos de emisiones

En este apartado se empezará con el análisis de datos importantes que contribuyan con el correcto funcionamiento y este a su vez la comparación con los niveles de contaminación respecto a los gases de escape. Se obtendrá luego de digitar los parámetros que en el software sean solicitados; una vez determinado y analízalos con la normativa vigente se comparará el nivel de contaminación que presentará cada uno de los motores se determinará la viabilidad del proyecto, los resultados que serán dados por el cálculo se deberán analizar bajo el criterio de disminuir la cantidad de CO₂.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Vehículos eléctricos y de combustión como parque automotor de Ibarra

Debido al creciente y demanda de movilidad dentro de las zonas pobladas de la ciudad la tabla 5 denota el parque automotor matriculados, si tomamos en cuenta la investigación de [30] el cual menciona que en horas pico se tiene alrededor de 2000 conductores es abismal, la cantidad de contaminación que se puede generar con el parque vehicular actual, sin embargo, la utilización de vehículos híbridos y eléctricos ya se consigue notar el crecimiento de utilizar estos vehículos, siendo este un tema a destacar ya que en la actualidad en la ciudad al no tener mayor tiempo de recorrido ni escenarios extremos de topografía da como resultado la utilización de vehículos eléctricos, esto de la mano de las marcas y las casas comerciales que se manejan en la ciudad.

Es de relevancia el criterio de compensaciones por la utilización de vehículos con emisiones de gases de escape que en este caso no están presentes, acotando a la parte económica la facilidad y la comodidad que brindan estos vehículos ya sea por la tecnología de entretenimiento, ya que si nos ponemos en el aspecto de conductores, lo que se necesita es que la conducción sea invasiva es decir que no genere estrés o inconformidad al conducir sino mas bien brindar una experiencia de manejo sobria, limpia y eficiente; por lo tanto el crecimiento de los vehículos eléctricos en la ciudad de Ibarra llega a un 2% dando como proyección al crecimiento anual del 0.2% y se verá reflejado en el cambio del consumo energético de la ciudad.

Tabla 5 Parque automotor de Ibarra

Tipo de Vehículo	Cantidad
Automóviles	15784
Híbridos/eléctricos	293

Tomado de: INEN, Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos, 2003

4.2 Análisis de medición de gases de escape

Basado en el análisis y la disponibilidad del equipo con el cual se procedió a la obtención de datos que son prioritarios dentro del presente proyecto de titulación se obtuvo los siguientes resultados bajo el régimen de funcionamiento de Ralentí y una aceleración constante de 2500 rpm.

4.2.1 Pruebas de emisiones de gases de escape a un régimen de ralentí

Como primera prueba se realiza a ralentí tomando en cuenta los parámetros y procedimientos que se explico en la sección de metodología, la Tabla 6 demuestra la primera prueba.

Tabla 6 Gases de escape (Ralentí muestra 1)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	5.11 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	10.7 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	573 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.99 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.874 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	960 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

La medición de los gases realizada a un régimen de ralentí, en donde el CO presenta el 5.11 % en volumen, evidencia combustión incompleta considerable; el CO₂ registra 10.7 % en volumen, dando una menor eficiencia, los HC con 573 ppm, sugiriendo la presencia significativa de combustible no quemado; el CO₂ registra el oxígeno y los NO_x registran el 0.874 g/km, compuesto formado durante la combustión.

Tabla 7 Gases de escape (Ralentí muestra 2)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	5.05 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	10.7 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	573 (ppm. Vol)

OXIGENO (O ₂)	0.99 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.876 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	970 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

La medición de los gases de escape bajo el régimen de ralentí, que para el CO con un valor de 5.05 % en volumen, evidencia una combustión incompleta; el CO₂ con el 10.7 % en volumen, valor asociado a una combustión con menor eficiencia; los HC con el 573 ppm, con una cantidad significativa de combustible no quemado; el O₂ muestra el 0.99 % en volumen, indica la presencia de oxígeno y los NO_x registran el 0.876 g/km, compuesto generado por la alta temperatura durante el proceso de combustión.

Tabla 8 Gases de escape (Ralentí muestra 3)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	4.66 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	11.0 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	830 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.79 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.870 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	910 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

La medición de gases de escape marcada por el régimen de ralentí, indican que el CO alcanza el 4.66 % en volumen, evidenciando presencia de combustión incompleta; el CO₂ registra del 11.0 % en volumen valor que indica la menor eficiencia de la combustión; los HC presentan 830 ppm, asegurando una cantidad considerable de combustible no quemado; el O₂ muestra el 0.79 % en volumen, indicando la presencia de oxígeno en los gases de escape y el NO_x registra 0.870 g/km en volumen como resultado de la alta temperatura.

Tabla 9 Gases de escape (Ralentí muestra 4)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	4.60 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	11.1 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	457 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.70 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.881 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	950 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Medición de gases de escape a un régimen de ralentí; el CO con un valor de 4.60 % en volumen, presenta una combustión incompleta; el CO₂ presenta 11.1% en volumen, relacionado con el nivel eficiente de la combustión; los HC alcanzan los 457 ppm, indicando una cantidad considerable de combustible no quemado; el O₂ con un valor de 0.70 % en volumen, refleja el oxígeno presente después de la combustión y los NO_x generados a altas temperaturas.

Tabla 10 Gases de escape (Ralentí muestra 5)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	4.59 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	11.2 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	468 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.68 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.880 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	1000 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Datos correspondientes a la medición de gases de escape con un régimen de ralentí, en donde el CO de 4.59 % en volumen indican una combustión incompleta considerable; el CO₂ presenta un valor de 11.2 % en volumen como resultado de la combustión; los HC registran 468 ppm, evidenciando una cantidad significativa de combustible no quemado; el O₂ muestra un valor de 0.68 % en volumen, indicando una baja presencia de oxígeno; los NO_x alcanzan 0.880 g/km siendo generados por las altas temperaturas de funcionamiento.

4.2.2 Pruebas de emisiones de gases de escape a un régimen de 2500 rpm

Como segunda prueba se realiza a un régimen de 2500 rpm tomando en cuenta los parámetros y procedimientos que se explicó en la sección de metodología, la Tabla 6 demuestra la primera prueba.

Tabla 11 Gases de escape (2500 rpm muestra 1)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	1.63 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	13.1 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	151 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.51 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.964 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	2480 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Medición de gases de escape producidos por el motor bajo el régimen de 2500 RPM, en donde el CO con un valor de 1.63 % en volumen, indicando una combustión incompleta; el CO₂ registra el 13.1 % en volumen, sugiriendo una combustión relativamente eficiente; los HC con una concentración de 151 ppm, indicando una baja cantidad de combustible no quemado; el O₂ registra el 0.51 % en volumen, presenta que la mayor parte del oxígeno fue quemado y los NO_x registra un valor de 0.964 g/km compuesto que se genera por la alta temperatura.

Tabla 12 Gases de escape (2500 rpm muestra 2)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	1.67 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	13.3 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	166 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.39 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.962 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	2510 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Medición de gases de escape con régimen de funcionamiento de 2500 RPM, el CO presenta el 1.67 % en volumen, indicando una combustión incompleta en niveles moderados; el CO₂ con un valor de 13.3 % en volumen, sugiere una combustión

relativamente eficiente; los HC con 166 ppm, indica una baja cantidad de combustible no quemado; el O₂ presenta 0.39 en volumen, señala que la mayor parte del oxígeno se consumió y los NO_x registra el 0.962 de g/km, generado durante la combustión a alta temperatura.

Tabla 13 Gases de escape (2500 rpm muestra 3)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	1.41 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	13.3 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	215 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.40 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.960 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	2430 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Medición de gases de escape tomadas a un régimen de funcionamiento de 2500 RPM, el CO tiene un valor de 1.41 % en volumen, indicando la combustión incompleta en un nivel moderado; el CO₂ registra el 13.3 % en volumen sugiriendo una combustión relativamente eficiente; los HC con 215 ppm señala la existencia de pequeñas cantidades de combustible no quemado; el O₂ presenta 0.40 % en volumen indicando que la mayor parte del oxígeno fue consumido y los NO_x muestran el 0.960 g/km producido por alta temperatura durante la combustión.

Tabla 14 Gases de escape (2500 rpm muestra 4)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	1.07 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	13.4 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	204 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.64 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.989 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	2550 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Medición de gases de escape bajo el régimen de funcionamiento de 2500 RPM, el CO presenta un valor de 1.07 % en volumen indicando la presencia de combustión incompleta; el CO₂ registra 13.4 % en volumen, valor asociado a una combustión

relativamente eficiente; los HC con una concentración de 204 ppm, indicando residuos de combustible no quemado; el O₂ con el 0.64 % en volumen, sugiere que la mayor parte del combustible se quemó durante la combustión y los NO_x generados por la temperatura alta durante el proceso de combustión.

Tabla 10 Gases de escape (2500 rpm muestra 5)

VARIABLES	UNIDADES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	0.97 (% vol.)
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	13.5 (% vol.)
HIDROCARBUROS (HC)	168 (ppm. Vol)
OXIGENO (O ₂)	0.63 (% vol.)
ÓXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	0.993 (g/km)
REVOLUCIONES POR MINUTO	2520 (rpm)
TEMPERATURA (T)	16°C

Datos correspondientes a la medición de gases de escape a un régimen de 2500 RPM, registrando una concentración de CO de 0.97 % en volumen, lo que indica una combustión incompleta. El CO₂ alcanza un valor de 13.5 % en volumen, asociado al proceso normal de combustión. Los HC presentan una concentración de 168 ppm, reflejando la cantidad de combustible no quemado; el O₂ muestra un valor de 0.63 % en volumen, revelando una baja cantidad de oxígeno después del proceso de combustión. Por otro lado, los NO_x registran 0.993 g/km generados por las altas temperaturas dentro de la cámara de combustión.

Una vez que bajo la metodología de la recolección de los datos fue finalizada se presenta la tabla que bajo normativa de las especificaciones, niveles y porcentajes aceptables dentro de la producción de gases de escape.

Tabla 11 Parámetros de los gases de escape

Características generales	Capacidad de medición y reporte automático de la concentración en volumen de CO, CO ₂ , en los gases emitidos por el tubo de escape de vehículos equipados con motores ciclo Otto de 4 tiempos
---------------------------	---

	alimentados por gasolina, GLP o GNC. Cumplirán con lo indicado en la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase1) / ISO3930 y la NTE INEN 2 203, lo que será demostrado mediante calificación del fabricante.	
Especificaciones adicionales	Capacidad de medición y reporte automático de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda (calculado mediante la fórmula de Bret Shneider) y temperatura de aceite. La captación de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional (ruptor y condensador), electrónico, DIS, EDIS, bobina independiente, descarga capacitiva u otro.	
Rangos de medición	VARIABLE	RANGO DE MEDICIÓN
	Monóxido de carbono (CO)	0 - 10%
	Dióxido de carbono (CO ₂)	0 - 16%
	Oxígeno (O ₂)	0 - 21%
	Hidrocarburos no combustionados	0 - 5000 ppm
	Velocidad de giro del motor	0 - 10000 rpm
	Temperatura de aceite	0 - 150 °C
	Factor lambda	0 - 2
Condiciones ambientales de funcionamiento	Temperatura	5 - 40 °C
	Humedad relativa	0 - 90%
	Altitud	hasta 3000 msnm
	Presión	500 - 760 mm Hg

Tomado de: INEN, Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos, 2003

Con los datos de las cinco pruebas realizadas en ralentí y cinco bajo un régimen de funcionamiento de 2500 rpm se procedió con el tratamiento de resultados realizando un promedio, obteniendo así un resultado del cual se compara bajo el argumento de la normativa [38] el cual se expone en la figura 25 de los parámetros de funcionamiento de los gases de escape.

Para corroborar el análisis de los resultados obtenidos durante la medición de los gases de escape, teniendo en cuenta la tabla siguiente en donde se tiene las especificaciones técnicas, de consumo y prestaciones, siendo estas de gran importancia para el estudio, recalcando la normativa técnica que regula las emisiones de gases de escape.

4.2.1 Análisis de los resultados de las mediciones de gases de escape

4.2.1.1 Discusión emisiones de gases en ralentí

Tabla 12 Muestras de funcionamiento en ralentí

Gases de escape (Ralentí)						
	CO	CO ₂	HC	O ₂	NOX	RPM
Prueba 1	5.11	10.7	573	0.99	0.874	960
Prueba 2	5.05	10.7	573	0.99	0.876	970
Prueba 3	4.66	11	830	0.79	0.87	910
Prueba 4	4.6	11.1	457	0.7	0.881	950
Prueba 5	4.59	11.2	468	0.68	0.88	1000
Promedio	4.802	10.94	580.2	0.83	0.8762	958
Porcentaje de la normativa	≤ 1%	12% - 15%	200	0% – 2%	≤1000 ppm	1000 rpm

Tomando en cuenta cada una de las mediciones, se realizó el promedio de esta para tener con claridad un valor jerárquico para lo cual se denotó una gran variación con los rangos que en la normativa [38] establece para su aprobación; esto teniendo en cuenta que el vehículo Chevrolet corsa wind 1400 centímetros cúbicos no es un vehículo cero kilómetros y por sus años de servicio presenta ciertas averías que dentro de la normativa incumplirían y por ende no está apto para la circulación; determinada a ser una máquina que produce en exceso gases de escape contaminantes:

4.2.1.1.1 Monóxido de Carbono (CO)

Para la prueba de monóxido de carbono se tiene un resultado de (4.8 %); sin embargo, en la normativa estable que debe ser menor o igual es decir ($\leq 0.5 - 1.0$ %) tomado como una combustión correcta; por lo tanto, este resultado se traduce en una contaminación por monóxido de carbono.

Este resultado elevado indica que el proceso de combustión dentro del motor no se desarrollo de forma eficiente, lo cual genera la presencia de monóxido de carbono como consecuencia de una combustión incompleta del combustible; este resultado puede estar asociado a varios factores tales como problemas en el sistema de inyección y por ende existe una mezcla rica, falla en el convertidor catalítico.

Para contrarrestar este problema se seguirá un correcto mantenimiento de los inyectores y revisión de correcto funcionamiento del sensor de oxígeno, revisión del ajuste de la mezcla aire combustible, comprobar el estado de las bujías, cables y bobina garantizando así la chispa que dará paso a una correcta combustión, verificar el estado del convertidor catalítico y la utilización de un combustible de buena calidad.

4.2.1.1.2 Dióxido de carbono (CO₂)

Para la prueba de dióxido de carbono se tiene un resultado de (10.94 %); dando como resultado una buena eficiencia, debido que en la normativa estable del (12 – 15 %) tomado como un valor de referencia. Este comportamiento puede asociarse a una combustión que no se realiza de forma totalmente completa, a una relación aire–combustible que no se encuentra adecuadamente balanceada o a posibles pérdidas durante el proceso de combustión. Asimismo, niveles de CO₂ por debajo del rango de referencia pueden indicar que una fracción del combustible no se está oxidando completamente, lo que podría manifestarse en un aumento de otros gases contaminantes. Realizar mantenimiento periódico del motor, incluyendo la revisión del sistema de inyección y del sistema de encendido, para asegurar una correcta mezcla aire–combustible y mejorar la eficiencia de la combustión, verificar el estado del filtro de aire, ya que un filtro sucio u obstruido puede afectar la cantidad de aire que ingresa al motor y provocar una combustión ineficiente, revisar el funcionamiento del sensor de oxígeno y del convertidor catalítico, debido a que estos componentes influyen directamente en la correcta regulación de la mezcla y en la reducción de emisiones contaminantes, realizar pruebas periódicas de emisiones de gases, con el fin de monitorear el desempeño del motor y garantizar que los valores se mantengan dentro de los rangos establecidos por la normativa ambiental.

4.2.1.1.3 Hidrocarburos (HC)

Para la prueba de hidrocarburos se tiene un resultado de (580.2 ppm); sin embargo, en la normativa estable que debe ser menor o igual es decir ($\leq 100 - 200$ ppm); dando como resultado a combustible no quemado durante combustión, por lo tanto, este resultado se traduce en una contaminación hidrocarburos.

Este resultado indica la presencia de altas concentraciones de hidrocarburos no quemados en los gases de escape, lo que evidencia que el proceso de combustión dentro del motor no se está realizando de manera eficiente. Los hidrocarburos son compuestos provenientes del combustible que no se queman completamente durante la combustión, por lo que son expulsados al ambiente a través del sistema de escape. La presencia de 580,2 ppm de HC puede estar asociada a diferentes factores, como fallas en el sistema de encendido, una mezcla aire combustible incorrecta, problemas en los inyectores, desgaste del motor o un mal funcionamiento del convertidor catalítico.

Para evitar este inconveniente se recomienda realizar mantenimiento al sistema de encendido, revisando bujías, cables y bobina, ya que fallas en estos componentes pueden provocar una combustión incompleta del combustible, verificar el sistema de inyección de combustible, asegurando que los inyectores funcionen correctamente y suministren la cantidad adecuada de combustible al motor, revisar y reemplazar el filtro de aire si es necesario, ya que un flujo de aire inadecuado puede alterar la mezcla aire-combustible y aumentar las emisiones de hidrocarburos, Inspeccionar el estado del convertidor catalítico, debido a que este componente es responsable de reducir los hidrocarburos y otros gases contaminantes antes de que sean liberados al ambiente.

4.2.1.1.4 Dióxido de carbono Oxígeno (O₂)

Para la prueba de Oxígeno se tiene un resultado de (0.83 %); rango en menor cantidad, por lo tanto, la norma establece el valor de (0 – 2 %) tomado como la presencia de oxígeno, producto de la mezcla en la cámara de combustión. Este valor seguirá cantidad de oxígeno presente en los gases de escape es relativamente baja y acorde con una mezcla aire combustible cercana a condiciones adecuadas de combustión. La presencia de oxígeno residual en pequeñas cantidades es normal, ya que parte del oxígeno que ingresa al motor no siempre reacciona completamente durante la combustión; por lo tanto, este resultado indica que el proceso de combustión presenta un comportamiento relativamente estable en cuanto al consumo de oxígeno.

En este aspecto se recomienda una revisión periódica del sistema de admisión de aire, asegurando que no existan fugas o restricciones que puedan alterar la cantidad de aire que ingresa al motor, Mantener en buen estado el sistema de inyección y el sistema

de encendido, con el fin de garantizar una mezcla aire combustible adecuada y una combustión eficiente, revisar el estado del filtro de aire, ya que un filtro obstruido puede afectar el flujo de aire hacia la cámara de combustión y modificar los valores de oxígeno en los gases de escape y aplicar mantenimiento preventivo al motor.

4.2.1.1.5 Dióxido de carbono Óxidos de nitrógeno (NOX)

Para la prueba de Óxidos de nitrógeno se tiene un resultado de (0.876 g/km); sin embargo, en la normativa establece el rango de (0.97 – 1.03 g/km) tomado como una combustión correcta; por lo tanto, este resultado se traduce en una contaminación por la deficiencia de la combustión de la mezcla. El resultado registrado se encuentra ligeramente por debajo del rango de referencia, lo que indica que la generación de óxidos de nitrógeno es menor a la esperada dentro de condiciones normales de combustión. Los NOx se forman principalmente cuando en la cámara de combustión se alcanzan altas temperaturas y presiones, provocando la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno presentes en el aire. Un valor inferior al rango de referencia puede sugerir que la combustión no está alcanzando las condiciones óptimas de temperatura o eficiencia, lo cual puede estar relacionado con una mezcla aire combustible inadecuada, deficiencias en el proceso de combustión o irregularidades en el funcionamiento del motor.

Por lo tanto, se recomienda realizar mantenimiento del sistema de inyección de combustible, asegurando que la dosificación de combustible sea la adecuada para lograr una combustión eficiente, verificar el estado del sistema de encendido, incluyendo bujías y bobina, ya que un encendido deficiente puede afectar el proceso de combustión, revisar el sistema de admisión de aire, con el fin de garantizar que el motor reciba la cantidad correcta de aire para la mezcla aire-combustible.

4.2.1.2 Discusión emisiones de gases a 2500 rpm

La tabla 18 es el resultado del tratamiento de los datos obtenidos en las pruebas, que para un mayor aprecio se realizó un promedio.

Tabla 13 Muestras de funcionamiento a 2500 rpm

Gases de escape (2500 RPM)						
	CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x	RPM
Prueba 1	1.63	13.1	151	0.51	0.964	2480
Prueba 2	1.67	13.3	166	0.39	0.962	2510
Prueba 3	1.41	13.3	215	0.4	0.96	2430
Prueba 4	1.07	13.4	204	0.64	0.989	2550
Prueba 5	0.97	13.5	168	0.63	0.993	2520
Promedio	1.35	13.32	180.8	0.514	0.9736	2498
Porcentaje de la normativa	≤ 1% - 0.5%	13% - 16%	≤100 - 150 ppm	0% – 2%	≤1000 ppm	2500 rpm

Además, cabe recalcar que dentro de la determinación de valores de los gases de escape se tomó en un rango moderado de funcionamiento es decir a 2500 rpm, siendo una velocidad del motor considerable dentro de los estándares de la normativa INEN [38], de esta forma refuta que los resultados obtenidos de igual forma no están dentro de los rangos que se especifican. Sin embargo, estos resultados a la vista de la ciudadanía no son perceptible, pero si constituyen un foco de contaminación que contribuye con el deterioro de la calidad del aire, asimismo del deterioro de la salud pública; para lo cual los gases de escape fueron:

4.2.1.2.1 Monóxido de carbono (CO)

Para la prueba de monóxido de carbono se obtiene un resultado de (1.35 %); sin embargo, en la normativa estable que debe ser menor o igual, es decir ($\leq 0.5\%$) tomado como una combustión correcta; por lo tanto, este resultado se traduce en una contaminación por monóxido de carbono. El valor registrado supera el límite permitido, lo que indica que el vehículo presenta niveles elevados de monóxido de carbono en las emisiones. El CO es un gas que se produce principalmente cuando la combustión del combustible dentro del motor no se realiza de manera completa, generalmente debido a una mezcla aire combustible rica considerada como el exceso de combustible o a fallas en algunos componentes del sistema de combustión. Esta situación contribuye a la contaminación del aire y representa un riesgo para la salud humana.

Se recomienda realizar mantenimiento del sistema de inyección de combustible, con el fin de asegurar que la cantidad de combustible suministrada al motor sea la

adecuada, revisar el sistema de encendido, especialmente el estado de las bujías, cables y bobina, ya que un encendido deficiente puede provocar combustión incompleta, inspeccionar el filtro de aire y el sistema de admisión, debido a que un flujo de aire inadecuado puede generar una mezcla aire–combustible rica y aumentar las emisiones de CO, verificar el estado del convertidor catalítico, ya que este componente es responsable de reducir los gases contaminantes antes de ser liberados al ambiente.

4.2.1.2.2 Dióxido de carbono CO₂

Para la prueba de dióxido de carbono se obtiene un resultado de (13.32 %); dando como resultado una buena eficiencia, debido que en la normativa estable del (12 – 15 %) tomado como un valor de referencia de una buena combustión. El valor obtenido se encuentra dentro del rango establecido, lo que indica que el proceso de combustión en el motor se está realizando de manera adecuada y eficiente. Una mayor concentración de dióxido de carbono en los gases de escape generalmente refleja que la mayor parte del combustible se está oxidando completamente durante la combustión, lo que reduce la presencia de otros contaminantes como el monóxido de carbono y los hidrocarburos no quemados.

Por lo cual se recomienda realizar mantenimiento preventivo periódico del motor, incluyendo la revisión del sistema de inyección y del sistema de encendido, para asegurar que la combustión continúe siendo eficiente, mantener limpio y en buen estado el filtro de aire, ya que un flujo adecuado de aire permite conservar una correcta mezcla aire combustible, verificar periódicamente el estado de las bujías, cables y bobina de encendido, debido a que estos componentes influyen directamente en la calidad de la combustión, revisar el sistema de escape y el convertidor catalítico, asegurando que funcionen correctamente para mantener bajos niveles de emisiones contaminantes, utilizar combustible de buena calidad, ya que esto ayuda a optimizar el proceso de combustión y a reducir la formación de residuos en el motor.

4.2.1.2.3 Hidrocarburos HC

Para la prueba de hidrocarburos se obtiene un resultado de (180.8 ppm); sin embargo, en la normativa estable que debe ser menor o igual es decir (≤ 200 ppm); dando como resultado a combustible no quemado durante combustión, por lo tanto, este resultado se traduce en una contaminación hidrocarburos.

El resultado obtenido se encuentra dentro del límite establecido por la normativa, lo que indica que la cantidad de hidrocarburos presentes en los gases de escape es aceptable. Sin embargo, los hidrocarburos representan combustible que no se ha quemado completamente durante el proceso de combustión, por lo que su presencia, aunque esté dentro del rango permitido, evidencia que existe una pequeña cantidad de combustible que no se oxidó totalmente dentro de la cámara de combustión. En este sentido, el valor sugiere que el motor presenta un funcionamiento relativamente adecuado, manteniéndose dentro de los parámetros permitidos; no obstante, la presencia de hidrocarburos en los gases de escape indica que aún existe una ligera emisión de compuestos contaminantes.

Se recomienda realizar mantenimiento periódico al sistema de encendido, revisando el estado de las bujías, cables y bobina, ya que un encendido deficiente puede provocar que parte del combustible no se queme completamente, mantener en buen estado el sistema de inyección de combustible, limpiando o calibrando los inyectores, para asegurar que la cantidad de combustible suministrada al motor sea la adecuada, revisar y reemplazar el filtro de aire cuando sea necesario, debido a que un filtro obstruido puede alterar la mezcla aire combustible y aumentar la presencia de combustible no quemado, verificar el correcto funcionamiento del convertidor catalítico, ya que este componente ayuda a reducir los hidrocarburos presentes en los gases de escape antes de que sean liberados al ambiente.

4.2.1.2.4 Oxígeno (O₂)

Para la prueba de Oxígeno se obtiene un resultado de (0.514 %); rango en menor cantidad, por lo tanto, la norma establece el valor de (0 – 2 %) tomado como la presencia de oxígeno, producto de la mezcla en la cámara de combustión. Asimismo, este valor evidencia que la mezcla aire–combustible se está quemando de manera adecuada, ya que

la presencia moderada de oxígeno en los gases de escape refleja un proceso de combustión relativamente eficiente. Por lo tanto, el resultado obtenido se mantiene dentro de los parámetros establecidos por la norma, lo que demuestra un funcionamiento correcto del sistema de combustión y un adecuado control de las emisiones.

4.2.1.2.5 Óxidos de nitrógeno (NOX)

Para la prueba de Óxidos de nitrógeno se obtiene un resultado de (0.9736 g/km); tomando en cuenta que en la normativa establece el rango de (0.97 – 1.03 g/km) tomado como una combustión correcta; por lo tanto, este resultado apenas estaría dentro del rango. El valor obtenido se encuentra dentro del rango permitido, lo que sugiere que la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape es baja y adecuada. Esto indica que la mayor parte del oxígeno que ingresa al motor está siendo utilizado en el proceso de combustión, reflejando una mezcla aire combustible relativamente equilibrada. Por lo tanto, este resultado evidencia que el proceso de combustión se desarrolla de manera estable.

Sin embargo se recomienda Realizar mantenimiento preventivo del sistema de admisión de aire, verificando que no existan obstrucciones o fugas que puedan alterar la cantidad de oxígeno que ingresa al motor, mantener limpio y en buen estado el filtro de aire, ya que un filtro obstruido puede reducir el flujo de aire y afectar la mezcla aire–combustible, revisar periódicamente el sistema de inyección de combustible, para asegurar que la mezcla aire–combustible se mantenga dentro de los parámetros adecuados de funcionamiento, verificar el estado del sistema de escape, evitando fugas que puedan alterar las mediciones de oxígeno en los gases de escape, realizar controles periódicos de emisiones, con el fin de monitorear el comportamiento de los gases de escape y mantener los valores dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental.

Se presenta los resultados del análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación, los cuales reflejan, por un lado, los porcentajes de medición de gases de escape producidos por la combustión, dependiendo estrictamente de la normativa la cual establece los parámetros ideales de funcionamiento; por otro el nivel de contaminación asociado a un motor eléctrico de aplicación automotriz, considerando que

el presente proyecto es un estudio comparativo está previsto el análisis comparativo para las dos tecnologías de propulsión, tomando en cuenta el potencial en vías de desarrollo a una disminución de contaminación ambiental por parte de un medio de transporte. Para lo cual la normativa INEN 2349 [38] presenta los rangos de los gases de escape ideales para su aprobación dentro de los centros de revisión para su libre movilidad.

Por otro lado los niveles de la producción de los gases de escape son notorios, lo que seguirá que los vehículos que circulan en nuestro medio están contribuyendo con la contaminación inminente, a pesar que existe la normativa y la revisión técnica vehicular, la misma que garantiza la correcta producción de gases de escape, no garantiza que se cumpla; el análisis de los gases de escape permiten evaluar el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, así como su impacto en la emisión de contaminantes atmosféricos. Cada uno de los gases analizados constituye un indicador importante del proceso de combustión y de la eficiencia del motor.

En conjunto, el análisis de estos gases permite concluir que el desempeño del motor presenta variaciones en la eficiencia del proceso de combustión, evidenciando en algunos casos la presencia de emisiones contaminantes superiores a los valores ideales establecidos por la normativa. Estos resultados justifican la necesidad de mejorar las condiciones de funcionamiento del motor o considerar alternativas tecnológicas más limpias, como la electrificación del transporte, con el fin de reducir la emisión de gases contaminantes y contribuir a la mejora de la calidad del aire.

La altitud sobre el nivel del mar tiene una influencia significativa en la generación y concentración de gases contaminantes producidos por los motores de combustión interna. Esto ocurre principalmente debido a las variaciones en la presión atmosférica y en la cantidad de oxígeno disponible que se presentan a medida que aumenta la altura. Dado que en la investigación de [29] asegura que la ciudad se encuentra a 2215 metros sobre el nivel del mar afectando la densidad del aire y por ende el proceso de combustión, siendo así que, en lugares elevados, la menor densidad del aire puede provocar que la mezcla aire combustible se vuelva más rica es decir la presencia de más combustible que oxígeno, lo que incrementa la formación de gases contaminantes, la producción de óxidos de nitrógeno puede verse afectada por la temperatura de combustión y la disponibilidad

de oxígeno. En algunos casos, la menor presión y temperatura de combustión puede reducir ligeramente la formación de estos gases.

En si la altura produce en los motores de combustión interna la pérdida de potencia y menor eficiencia en altitudes elevadas, lo que puede aumentar el consumo de combustible y, en consecuencia, las emisiones contaminantes. Por estas razones, en las evaluaciones de emisiones vehiculares y estudios de calidad del aire se debe considerar la altitud de la ciudad, ya que esta influye directamente en los resultados de los gases de escape y en la interpretación de los datos.

4.2 Resultado del cálculo comparativo del motor eléctrico frente al motor de combustión

En la figura 11 se obtiene una apreciación del impacto ambiental generado en la fabricación de una batería del vehículo eléctrico, en este apartado se puede apreciar que la capacidad de la batería es de 25 kWh, siendo esta la energía que almacena; por otro lado, la intensidad de la emisión de CO₂ en relación con los kWh que produce es debido a la construcción, la tecnología durante la producción de la batería. El resultado del impacto de la fabricación de la batería esta dada como referencia de la presencia de contaminación, tomando en cuenta que los motores EV no producen gases de escape, un factor a tomar en cuenta para el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación que de la mano de la tecnología y la movilidad de vehículos sea en su totalidad libre emisiones de CO.

Figura 11 Datos del vehículo eléctrico

Fabricación de vehículos 

Tamaño de la batería del VE:

kWh

Fabricación de baterías

Intensidad de _{CO2} en la fabricación :

kgCO₂ / kWh, de a

Impacto de la fabricación de la batería del vehículo eléctrico:

- Fabricación de baterías CO₂ : 2.300 kgCO₂ [1.500 a 2.300]

Tomado de: Haessig P, Electric vs Thermal vehicle, 2025

Dentro del proceso de simulación comparativa se tiene la figura 12, en donde hace referencia la figura 12a el consumo de un vehículo eléctrico en temas de kWh/100km, además de las pérdidas en la red de carga y en la red que suministra la energía cabe recalcar que para cada país en especial existe la denominación de pérdida por la red que en este caso se denomina por el porcentaje para lo cual el 15% en el país está relacionado con el nivel de producción de CO_2 durante el proceso de carga, tomando en cuenta la procedencia de la energía.

Por otro lado, la figura 12b muestra en su interfaz el consumo de combustible que presenta el motor de combustión interna, por cuanto los datos siguientes se relacionan con el contenido de CO_2 dentro del combustible; en este sentido los consumos de los motores dependiendo de donde se aproveche la energía sea eléctrica o por combustión necesitan como factor importante que garantice comparación de la cantidad de CO_2 presente en la energía de propulsión.

Dando como resultado el modelo de simulación de la emisión de CO_2 que cada vehículo presenta en denominaciones de gramos de CO_2 sobre los kilómetros recorridos, por cuanto en la figura 12c se obtiene los resultados de la simulación comparativa y dando como resultado evidente de 90 g CO_2/km como la producción de contaminación del vehículo eléctrico; sin embargo la perspectiva de la contaminación del motor de combustión interna es de 200 g CO_2/km en donde si se obtiene una notoria producción por cuanto estamos hablando de 110 g CO_2/km de diferencia que esto se traduce en la reducción de la contaminación de la liberación de CO_2 al ambiente.

Con los datos recabados de la cantidad de CO_2 que produce cada tipo de motor, es importante destacar que después del análisis la distancia que debería recorrer un vehículo eléctrico EV para alcanzar la igualdad de producción de CO_2 del CI es de 20000 km en donde estaríamos hablando de una contaminación igual; por lo tanto, los resultados del modelo comparativo son relevantes a la hora de comparar. Recapitulando la información con esta prueba de comparación se la puede replicar a varios vehículos realizando una comparación de la eficiencia y viabilidad de generar un cambio por un vehículo eléctrico o a su vez realizar la respectiva conversión, dado que la predisposición del comercio de vehículos híbridos y eléctricos es mejorar la eficiencia energética, la reducción de emisiones contaminantes y la optimización del sistema de propulsión

Figura 12 Análisis del modelo comparativo

a. <i>Uso del vehículo eléctrico</i> Consumo del vehículo eléctrico (en el enchufe): 15 kWh/100 km, de 12 a 20 Pérdidas de red y de carga 15 %, de 10 a 20 Intensidad de CO₂ en la carga de vehículos eléctricos: 500 gCO₂ /kWh, de 20 a 1000	b. <i>Uso de motor de combustión interna</i> Consumo de motor de combustión interna: 8.6 l/100 km, de 2.75 a 2.80 Contenido de CO₂ del combustible: 2.31 kgCO₂ / l, de 2.20 a 2.40	c. <i>CO₂ derivadas del uso del vehículo:</i> Emisiones de ◦ VE: 90 gCO₂/km [3 a 120] ◦ MCI: 200 gCO₂/km [60 a 200] Vehículo eléctrico de combustión interna: 100 gCO₂/km [-60 a 200] <i>Distancia para alcanzar la paridad de CO₂:</i> 20.000 km [NaN a NaN]
---	---	---

Tomado de: Haessig P, Electric vs Thermal vehicle, 2025

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez analizado el parque automotor de la ciudad de Ibarra la cual se encuentra a 2215 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 17°C siendo variables que actúan directamente en el proceso de combustión por los arreglos estequiométricos para el motor de combustión; por otro lado con este antecedente se evidencia el creciente de vehículos eléctricos que circulan en un parque automotor variado que genera la descontaminación del medio ambiente siendo reflejado con el crecimiento de los vehículos híbridos y eléctricos puros que para la actualidad están teniendo su apogeo frente al parque automotor convencional.

Para la conversión se compara al vehículo equipado con motor de combustión interna y un vehículo equipado con motor eléctrico realizando las mediciones de monóxido de carbono (CO) con un porcentaje del 1.35% , para el dióxido de carbono (CO₂) con un porcentaje del 13.32% , los hidrocarburos (HC) con una participación del 180.8 ppm , el oxígeno (O₂) con un porcentaje del 0.514%, y las emisiones de los óxidos de nitrógeno (NO_x) con 0.97 g/km; sin embargo como resultado derivado de la utilización de los vehículo de combustión interna los mismos que generan 200 gCO₂/km frente a las emisiones del 90 gCO₂/km que produce el motor eléctrico; por otro lado la brecha frente a los 200 gCO₂/km para alcanzar la similitud en la producción de CO₂ ; pone en marcha la viabilidad de la conversión especialmente por las emisiones de gases de escape.

Bajo el amparo del software se evidencia que dependiendo del tipo de energía que se utilice sea eléctrica o proveniente de combustibles fósiles el modelo de simulación comparte información de los niveles de CO₂, las pérdidas y el consumo respectivo, evidenciando la similitud de sus reseñas, pero marcado por la brecha de la producción de la contaminación.

Partiendo de la reducción de emisiones y basándose en los resultados se concluye que la estrategia principal es el cambio de consumo de energía, tomando en cuenta la necesidad de viajar, por consiguiente la implementación de puntos de carga que garanticen la libre movilidad; además de que el transporte público en todas sus modalidades urbanas asumirían la implementación de vehículos eléctricos y bajo un estudio técnico se realizarían compensaciones garantizando la continuidad de vehículos eléctricos en la ciudad.

5.2 Recomendaciones

La realización de campañas publicitarias basadas en datos de consumo de energías de parte de las concesionarias de vehículos y la problemática del medio ambiente, producto de las emisiones, además de brindar mayor facilidad de compensaciones, de movilidad, de ciertos beneficios y favoritismo a los usuarios de vehículos eléctricos mejorando la calidad del aire en la ciudad de Ibarra.

La implementación de una prueba basada en una tecnología que monitoree en tiempo real por parte de los entes rectores en la revisión técnica, además de generar una reglamentación el cual permita la libre movilidad por las zonas con mayor población a vehículos eléctricos y por ende la restricción a los vehículos que posean un motor de combustión.

Dentro de la revisión y medición de los gases elaborar una especie impronta, con el objetivo de garantizar que el vehículo no pueda ser alterado posterior a la revisión, es decir el cambio de componentes que durante la prueba y funcionamiento trabajen de forma ideal, pero al salir realicen cambios o alteraciones a los elementos responsables de mantener las emisiones en parámetros deseados.

Recomendar la clasificación de los vehículos que por sus años de vida útil pudieran llegar a ser un canje como estrategia e introduciendo un vehículo eléctrico, de esta forma se contribuye en gran medida con el medio ambiente libre de emisiones.

Referencias bibliográficas.

- [1] N. García, «Ayuda en acción,» 16 09 2024. [En línea]. Available: <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/tipos-contaminacion-ambiental/>. [Último acceso: 12 01 2026].
- [2] J. S. Román y C. A. Carranco, *Conversión de una motocicleta de combustión interna a motocicleta eléctrica plug-in manteniendo al cadena de cinemática original para facilitar la adaptacion del sistema y reducir las emisiones contaminates en el distrito metropolitano de Quito.*, Quito, Pichincha, 2024.
- [3] J. Hernández, R. Fernández, A. Mora y J. A. Alvarado, «Revista Digital Novasinergia,» 05 07 2022. [En línea]. Available: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2631-26542022000200058&script=sci_arttext#c1. [Último acceso: 03 02 2026].
- [4] I. Bryhadyr, I. Panova y V. Strelanti, «TRANSITION FROM INTERNAL COMBUSTION ENGINES TO ELECTRIC MOTORS - LEGAL AND ORGANIZATIONAL DIMENSIONS,» 2022.
- [5] J. J. M. Baldasano Recio, «La movilidad urbana condicionada por la calidad el aire y el cambio climático,» Barcelona, 2021.
- [6] R. Andara, *Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos*, España, 2019.
- [7] L. Tipanluisa, A. Remache, C. Ayabaca y S. Reina, *Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades*, Quito, 2017.
- [8] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, *Comparative Analysis of Electric Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles from Resource Efficiency Perspective*, Alemania: THE ENERGY AND RESEARCH INSTITUTE, 2025.
- [9] Decreto Ejecutivo 3516, *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*, Quito, 2017.
- [10] C. Cisneros, *ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE DE VEHÍCULOS MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA*, El Oro, 2021.
- [11] P. G. Caiza y Á. A. Portilla, *DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ALTURA EN EMISIONES CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE CICLO OTTO, DE INTECCÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA*, Quito, 2010.
- [12] L. G. Sánchez , M. d. J. Fabela, O. Flores, J. R. Hernández , D. Vázquez y M. E. Cruz, *REVISIÓN DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL SOBRE LÍMITES DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS DE CARRETERA*, Sanfandila, 2019.

- [13] J. L. Lema y A. R. Guzman, *Comparación de emisiones de gases de escape de un vehículo con motor de combustión interna en alta y baja congestión para una ciudad de altura*, Quito, 2023.
- [14] J. M. Velepucha y L. F. Sabando , *EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS LIVIANOS A GASOLINA*, Portoviejo, 2021.
- [15] E. Vacas, *COMPARATIVA DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE CICLO DE VIDA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*, Madrid, 2024.
- [16] F. Payri y J. Desantes, *Motores de combustión interna alternativos*, Barcelona: Reverté, 2011.
- [17] A. Albatayneh, M. N. Assaf, D. Alterman y M. Jaradat, *Comparative of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles*, 2020.
- [18] Ü. AĞBULUT y H. BAKIR, *The Investigation on Economic and Ecological Impacts of Tendency to Electric Vehicles Instead of Internal Combustion Engines*, Turquía, 2019.
- [19] E. Cueva, J. Lucero, A. Guzmán, J. Rocha y L. Espinoza, *Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices*, Quito, 2018.
- [20] E. A. Morales Vásquez , *DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS CON MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*, Guatemala, 2020.
- [21] G. Pérez, *Estudio de las emisiones generadas por los coches de combustión y los coches eléctricos. Análisis comparativo.*, Barcelona , 2023.
- [22] K. Bebkiewicz, Z. Chłopek, . H. Sar y K. Szczepański, *Comparison of pollutant emission associated with the operation of passenger cars with internal combustion engines and passenger cars with electric motors*, 2020.
- [23] A. López y C. Monzo, *Sistema de gestión de baterías para sistemas fotovoltaicos con baterías de LiFePO4*, 2017.
- [24] M. Mondragón y O. López, *Motores BLDC en aplicaciones automotrices BLDC motor in automotive applications*, 2024.
- [25] L. Osorio, *Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá*, Medellín, 2024.
- [26] ROCO ECUADOR CIA. LTDA, *Conversión de Vehículos de Combustion Interna (Gasolina / Diésel) a ELÉCTRICOS*, Quito, 2025.
- [27] R. Violeta , J. Ccasani, C. Rivadeneyra y J. C. Altamirano, *Prospectivas del uso de vehículos con batería ion-litio y desarrollo sostenible en Sudamérica*, 2023.

- [28] P. Frías y C. d. M. Perales, *ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO*, 2019.
- [29] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra, «Visita Ibarra,» 11 07 2025. [En línea]. Available: <https://portalciudadano.ibarra.gob.ec/portalTuristico/ibarra.php?idioma=es>. [Último acceso: 15 02 2026].
- [30] GRUPO CORPORATIVO EL NORTE, «Crece parque automotro y venta en Ibarra,» 22 10 2022. [En línea]. Available: <https://elnorte.ec/crece-parque-automotor-y-ventas-en-ibarra/>. [Último acceso: 02 03 2026].
- [31] EL UNIVERSO, «Ibarra, segunda ciudad de América Latina con mejor calidad de aire, según OMS,» 07 05 2014. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/vida-estilo/2014/05/07/nota/2930786/ibarra-segunda-ciudad-america-latina-mejor-calidad-aire-segun/>. [Último acceso: 22 02 26].
- [32] E. Arroyo, A. Cevallos, R. Imbaquingo y J. Melo , *Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado*, 2020.
- [33] Ministerio de Ambiente y Energía, *Balance Energético Nacional 2024*, Quito, 2024.
- [34] L. Roás, *Los vehículos eléctricos*, 2011.
- [35] J. Hernández-, R. Fernández, A. Mora y J. Alvarado, *Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA Soul vs KIA Soul EV*, 2022.
- [36] P. Haessing, «Electric vs Thermal vehicle calculator,» 2025. [En línea]. Available: <https://pierreh.eu/ev-calc/>. [Último acceso: 17 02 2026].
- [37] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA*, Quito, 2017.
- [38] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR. PROCEDIMIENTOS,» Primera, Quito, 2003.
- [39] M. Dagradi, «MonkeyMotor,» 22 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.monkeymotor.net/2019/06/ficha-tecnica-chevrolet-corsa-1994.html>. [Último acceso: 18 06 2025].
- [40] MOVIDELNOR, *Estimación del parque automotor*, Ibarra.
- [41] Servicio Ecuatoriano de Normalización , *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULAR AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE UTILIZAN DIESEL*, Quito, 2002.

Anexos

Figura 13 Vehículo del estudio comparativo



Figura 14 Motor de combustión



Figura 15 Motor eléctrico



Figura 16 Banco de baterías



Figura 17 Pruebas de funcionamiento

