



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Análisis de Emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet corsa
evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes
y después de la reparación del motor**

Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny y Maldonado Chala, Walter Ronaldo

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

17 de agosto 2021



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Monografía, “**Análisis de emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes y después de la reparación del motor**” fue realizado por **Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny** y el señor **Maldonado Chala, Walter Ronaldo**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos ,técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

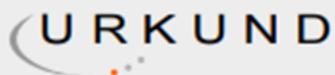
Latacunga, agosto de 2021

Firma:

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.:0503454811

URKUND ANALYSIS RESULT



Urkund Analysis Result

Analysed Document: MONOGRAFIA Cabrera y Maldonado.pdf (D112032697)
Submitted: 9/3/2021 4:15:00 PM
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

<https://noticias.autocosmos.com.pe/2011/01/03/cuales-son-los-gases-contaminantes-mas-comunes-que-emiten-los-autos>
https://www.infotaller.tv/electromecanica/funcionan-sensores-oxigeno-tipos_0_1546645371.html
<https://www.motorpasion.com/revision/funcionamiento-motor-combustion-paso-a-paso-video>

Instances where selected sources appear:

7

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and flourishes, positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Arias Pérez Angel Xavier

CC: 0503454811

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORIA

Nosotros, **Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny**, con cedula de ciudadanía n° 0604662718 y **Maldonado Chala, Walter Ronaldo** con cedula de ciudadanía n° 1723227854, declaró que el contenido, ideas y criterios de la monografía: “**Análisis de Emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes y después de la reparación del motor**” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, agosto 2021

Firma:

Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny

C.C: 0604662718

Firma:

Maldonado Chala, Walter Ronaldo

C.C:1723227854



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny**, con cedula de ciudadanía n° 0604662718 y **Maldonado Chala, Walter Ronaldo** con cédula de ciudadanía n° 1723227854 autorizan a la Universidad de las Fuerzas Armadas publicar la monografía : **“Análisis de Emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes y después de la reparación del motor”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, agosto de 2021

Firma:

Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny

C.C.:0604662718

Firma:

Maldonado Chala, Walter Ronaldo

C.C.:1723227854

DEDICATORIA

Esta tesis quiero dedicar principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Nancy Colcha y Pablo Cabrera quienes fueron el pilar fundamental para lograr mi carrera universitaria, siempre escuchando sus consejos tan sabios que me llenaba de orgullo para llegar a donde estoy, agradezco a mis hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y nunca dejaron de apoyarme cada instante a mis abuelitos quienes me motivan a seguir luchado cada día.

Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi familia que siempre estuvieron para ayudarme avanzar con mis estudios en especial a mis padres que fueron el mayor apoyo que tuve para poder llegar hasta aquí, a mis amigos, compañeros, docentes que me incentivaron aprender y más importante se lo dedico a Dios que me dio la fuerza para seguir y no rendirme en el camino para convertirme en un profesional.

Maldonado Chala, Walter Ronaldo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres quienes me motivaron en todo momento y su apoyo incondicional siempre presente a la distancia que estaba de ellos y gracias a ellos puedo culminar mis estudios y lograr una meta más en mi vida agradecer a mis hermanos por el apoyo y demostrarme que no me encontraba solo por sus palabras ejemplares de seguirme superado, a mis amigos y compañeros quienes me ayudaron en todo momento difícil cuando lo necesitaba. Como no agradecer a esta prestigiosa Universidad que me abrieron las puertas con mucho cariño y afecto de igual forma, agradezco a mis docentes y director de Tesis, que supieron ser guías y motivarme para desarrollarme como persona y profesional.

Cabrera Colcha, Pablo Jeovanny

AGRADECIMIENTO

Quiero ofrecer a mi agradecimiento a todas las personas que me ayudaron en mi transcurso como estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas, a mis amigos por siempre brindarme su mano cuando lo requería, a los profesores de la carrera por sus enseñanzas y consejos, a mi familia por la paciencia y el apoyo incondicional hacia conmigo. Agradezco en especial a mi compañero de tesis y a su familia que sin su apoyo la consigna de este proyecto no se hubiese logrado.

Maldonado Chala, Walter Ronaldo

Tabla de contenido

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Urkund analysis result	3
Responsabilidad de autoria.....	4
Autorización.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Tabla de contenido.....	10
Índice de tablas	14
Índice de figuras.....	15
Resumen	18
Abstract.....	19
Planteamiento del problema de la investigación	20
Antecedentes	20
Planteamiento del problema.....	21
Justificación	22

Objetivos	23
<i>General.....</i>	<i>23</i>
<i>Específicos</i>	<i>23</i>
Alcance	24
Marco teórico.....	25
La contaminación automotriz.....	25
<i>Tipos de emisiones contaminantes</i>	<i>25</i>
El monóxido de carbono.....	25
Los hidrocarburos.....	26
Los óxidos de nitrógeno	27
Impacto ambiental.....	27
Combustibles fósiles	28
<i>Gasolina.....</i>	<i>29</i>
Octanaje.....	30
Combustión en motores a gasolina.....	31
<i>Mezcla estequiométrica</i>	<i>32</i>
Analizador de gases de escape	34
<i>Tipos de analizadores gases de combustión.....</i>	<i>34</i>
<i>Fallas y causas.....</i>	<i>37</i>

<i>Soluciones para las fallas</i>	38
<i>Alternativas para disminuir emisiones en motores a gasolina</i>	39
<i>Sistema de escape</i>	41
Catalizador	42
<i>Tipos de catalizadores</i>	43
Sensor ego.....	44
<i>Tipos de sensores ego</i>	44
<i>Dtcs relacionado a fallas con el sensor ego</i>	45
Múltiple de escape.....	45
Conductos de evacuación	46
La altitud y el rendimiento en los motores	47
Normativas de control y regulación de emisiones.	48
<i>Norma EURO</i>	49
<i>Normativas en el país</i>	50
Desarrollo del proyecto.....	53
Selección del analizador de gases.....	53
<i>Analizador de gases portátil kane auto plus 4-2</i>	56
Como se debe realizar la medición.....	57
Ficha técnica	64
Resultados de medición empleando gasolina extra.....	65

Resultados de medición empleando gasolina eco-país.....	67
Resultados de medición empleando gasolina súper.....	69
Análisis de resultados empleando gasolina extra.....	71
<i>Motor no reparado</i>	71
<i>Motor reparado</i>	74
Análisis de resultados empleando gasolina eco-país.....	76
<i>Motor no reparado</i>	76
<i>Motor reparado</i>	78
Análisis de resultados empleando gasolina súper.....	80
<i>Motor no reparado</i>	80
<i>Motor reparado</i>	82
Análisis de resultados	84
Conclusiones y recordaciones.....	88
Conclusiones	88
Recomendaciones	89
Bibliografía.....	91
Anexos.....	95

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Nivel de Octanaje de las Gasolinas que se expiden en el País</i>	30
Tabla 2. <i>Analizadores de gases automotriz y sus funciones</i>	54
Tabla 3. <i>Límite de emisiones contaminantes en la CORPAIRE</i>	64
Tabla 4. <i>Ficha técnica del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1.8 litros</i>	65
Tabla 5. <i>Resultados de mediciones con gasolina extra en Latacunga</i>	66
Tabla 6. <i>Resultados de mediciones con gasolina extra en Bucay</i>	67
Tabla 7. <i>Resultados de mediciones con gasolina eco-país en Latacunga</i>	68
Tabla 8. <i>Resultados de mediciones con gasolina eco-país en Bucay</i>	69
Tabla 9. <i>Resultados de mediciones con gasolina súper en Latacunga</i>	70
Tabla 10. <i>Resultados de mediciones con gasolina súper en Bucay</i>	71
Tabla 11. <i>Resultados de la medición de los gases de escape antes y después de reparar el motor del vehículo Chevrolet Corsa a más de 1000 msnm.</i>	86
Tabla 12. <i>Resultados de la medición de los gases de escape antes y después de reparar el motor del vehículo Chevrolet Corsa a menos de 1000 msnm.</i>	87

Índice de figuras

Figura 1. <i>La Emisión de Gases Contaminantes de Fuentes Móviles.....</i>	28
Figura 2. <i>Explotación de Combustibles Fósiles.....</i>	29
Figura 3. <i>Combustión de la Gasolina en la cámara del Cilindro del Motor</i>	32
Figura 4. <i>Combustión Completa de la mezcla de Aire y Combustible Admitida al Motor.....</i>	33
Figura 5. <i>Combustión Incompleta de la Mezcla de Aire y Combustible</i>	34
Figura 6. <i>Analizador de gases de escapes de vehículos con motores gasolina</i>	37
Figura 7. <i>Emisión de gases de Escape.....</i>	39
Figura 8. <i>Recirculación de gases de escape.....</i>	41
Figura 9. <i>Sensor de Oxígeno u Sensor EGO.</i>	44
Figura 10. <i>Múltiple de Escape.....</i>	46
Figura 11. <i>Tipos de Conductos del Sistema de Escape</i>	47
Figura 12. <i>Estandarización según la normativa EURO</i>	49
Figura 13. <i>Límite de Gases establecidos por la normativa EURO.....</i>	50
Figura 14. <i>Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina.....</i>	52
Figura 15. <i>Analizador de gases Brain Bee – modelo ags-688.....</i>	55
Figura 16. <i>Analizador de gases portátil KANE auto plus 4-2.....</i>	55
Figura 17. <i>Analizador de gases Brain Bee Mahle AGS-690.....</i>	56

Figura 18. <i>Analizador de Gases Portátil y componentes</i>	57
Figura 19. <i>Excesiva emisión de humo negro demuestra el mal funcionamiento del motor</i>	58
Figura 20. <i>Temperatura adecuada para realizar mediciones</i>	59
Figura 21. <i>Encendido del analizador de gases portátil Kane</i>	60
Figura 22. <i>Sonda de medición del analizador de gases</i>	61
Figura 23. <i>Resultados de los porcentajes de medición en ralentí</i>	61
Figura 24. <i>Resultados de los porcentajes de medición en alta carga</i>	62
Figura 25. <i>Disminución de los porcentajes de medición para apagar el analizador</i>	63
Figura 26. <i>Porcentajes de emisión empleando gasolina extra con el motor no reparado</i>	73
Figura 27. <i>Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina extra con el motor no reparado</i>	74
Figura 28. <i>Porcentajes de emisión empleando gasolina extra con el motor reparado</i>	75
Figura 29. <i>Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina extra con el motor reparado</i>	76
Figura 30. <i>Porcentajes de emisión empleando gasolina eco-país con el motor no reparado</i>	77

Figura 31. <i>Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina eco-país con el motor no reparado.....</i>	<i>78</i>
Figura 32. <i>Porcentajes de emisión empleando gasolina eco-país con el motor reparado.....</i>	<i>79</i>
Figura 33. <i>Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina eco-país con el motor reparado.....</i>	<i>80</i>
Figura 34. <i>Porcentajes de emisión empleando gasolina súper con el motor no reparado.....</i>	<i>81</i>
Figura 35. <i>Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina súper con el motor no reparado.....</i>	<i>82</i>
Figura 36. <i>Porcentajes de emisión empleando gasolina súper con el motor reparado.....</i>	<i>83</i>
Figura 37. <i>Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina súper con el motor reparado.....</i>	<i>84</i>

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación trata del Análisis de emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet Corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes y después de la reparación del motor. En el mismo se investiga acerca de las normas de control y regulación de las emisiones contaminantes que genera el parque automotor en el país y también varios conceptos que consideraron importantes para el desarrollo del estudio, se escogió de entre varios analizadores de gases automotrices, al analizador portátil KANE que se ajustaba adecuadamente, para tomar las mediciones de los porcentajes de emisión de los gases contaminantes del vehículo, bajo las condiciones que pueden influir en la obtención de los resultados, se realizó un estudio de valores de medición obtenidos en función del factor altitud y del nivel de octanos de las gasolinas que se expiden en el territorio Ecuatoriano. Obteniendo resultados satisfactorios los cuales se encuentran establecidos en el trabajo escrito. Determinando que el estado funcionamiento del motor de un vehículo en sobremanera afecta al índice de emisiones contaminantes del mismo.

Palabras clave:

- **ANALIZADOR DE GASES**
- **MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**
- **HIDROCARBUROS (HC)**
- **EMISIONES CONTAMINANTES**
- **INEN 017:2008, 2203:2000, 2204:2002**

ABSTRACT

The analysis of pollutant gas emissions in a Chevrolet corsa evolution vehicle with a 1.8-liter engine using gasoline of different quality before and after engine repair can be done by this degree of work. In the same one it is investigated about the norms of control and regulation of the polluting emissions that generates the automotive park in the country and also several concepts that they considered important for the development of the study, it was chosen of several analyzers of automotive gases, to the portable analyzer KANE that was adjusted adequately, The KANE portable analyzer was chosen among several analyzers to take the measurements of the emission percentages of the polluting gases of the vehicle, under the conditions that can influence in the obtaining of the results, a study of measurement values obtained in function of the altitude factor and the octane level of the gasoline that are issued in the Ecuadorian territory was carried out. Obtaining satisfactory results which are established in the written work. Determining that the state of operation of the engine of a vehicle greatly affects the rate of pollutant emissions of the vehicle

Keywords:

- **GASES ANALYZER**
- **CARBON MONOXIDE (CO)**
- **HYDROCARBONS (HC)**
- **POLLUTANT EMISSIONS**
- **INEN 017: 2008, 2203: 2000, 2204: 2002)**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema de la investigación

1.1. Antecedentes

La emisión de gases de escape de los vehículos es una de las fuentes de contaminación ambiental más grandes a nivel mundial, tanto que hoy en día se han puesto muchas restricciones a los grandes fabricantes de automóviles en la construcción de sus motores buscando que estos sean más amigables con el medio ambiente. A nivel nacional la mayoría de automotores que circulan por las calles están propulsados por motores de combustión interna que usan como fuente de energía combustibles fósiles lo cual se vuelve perjudicial al medio ambiente.

Para (Stalin, 2016) en el Proyecto de Grado Análisis del control de emisiones de gases de combustión del motor gasolina Toyota serie 2tr cuando se generan dtc's en el sistema de control electrónico de combustible

Las emisiones de un automóvil son sustancias nocivas para la población y el medio ambiente. Estas emisiones pueden presentarse en forma de sólidos, líquidos o gases, mediante el sistema OBD se monitorea y estandariza a un nivel mínimo. La concentración de los gases producto de la combustión de los motores de ciclo Otto se puede determinar con los analizadores de gases, éste es un equipo que mide la concentración de cinco gases como son: CO, CO₂, HC, basado en el principio de medición infrarroja no dispersiva de gases, además de NO_x y O₂ basado en la medición electroquímica. (p.2).

Los gases contaminantes que generan los vehículos tienden a variar en sus porcentajes de emisión dependiendo de diversos factores, como el estado del motor, revoluciones por minuto, la calidad de combustible, la altitud, la humedad del ambiente entre otros.

Para (Pashma Pacheco & Toscano Sandoval, 2019) en el proyecto de grado Análisis de gases de escape en un motor de combustión interna, utilizando un colector de admisión de aluminio y un colector plástico.

Los vehículos de tipo térmicos o que fundamentan su funcionamiento en procesos térmicos gracias a la combustión de elementos derivados del petróleo, entregan gran potencia de respuesta y aprovechamiento de la energía calorífica, pero lastimosamente son los principales causantes de contaminación a niveles realmente elevados y siendo estos incapaces de eliminar el grado de emisiones (p.3).

En conclusión, el mal funcionamiento de diversos componentes del motor puede llegar afectar en sobremanera las características de trabajo, varias de las averías que se puedan presentar pueden llegar a incidir mucho en problemas de combustión de la gasolina provocando el aumento de las emisiones del automotor al Ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

En la ciudad de Latacunga se ha determinado un alto índice de emisiones contaminantes en gran cantidad de vehículos producto del mal estado de los motores a gasolina. La falta de información e interés de los conductores acerca de los efectos negativos de la emisión de gases de escape como también la calidad de combustibles que se expiden en el país agrava el problema de la contaminación ambiental.

Es considerable y oportuno tomar en cuenta que el motor tiende a sufrir averías, las cuales afectan su rendimiento y condicionan su eficiencia, ya sea que las fallas sean electrónicas o mecánicas esto repercute en el funcionamiento ideal del motor y consecuentemente en la emisión de gases de escape que se vuelven más dañinos hacia el medio ambiente. Encontrar o determinar acertadamente cual es causa de las averías en el motor puede tornarse muy complicado por la cantidad de componentes que pueden incurrir en un problema haciendo difícil darle solución.

1.3. Justificación

La realización de este proyecto busca determinar el índice de emisiones contaminantes mediante la medición de los gases de escape en el vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros antes y después de su reparación. En el Ecuador Chevrolet es uno de los fabricantes automotrices que más vehículos vende, por lo cual es muy común encontrar muchos automotores de esta marca circulando por la ciudad de Latacunga por tal razón se eligió el modelo corsa evolution para ejecutar el análisis.

En un proceso técnico de reparación de motor es pertinente realizar un análisis mediante el uso del equipo de diagnóstico adecuado para determinar correctamente la causa de las averías que llevan a realizar el mantenimiento correctivo completo en el motor. El análisis posterior a la reparación del motor permitirá conocer si existe una reducción de las emisiones contaminantes.

La adquisición del analizador de gases es de gran importancia para realización del análisis y aún mucho más importante conocer su uso como también las ventajas que brinda en el campo de mantenimiento preventivo, de igual manera para el mantenimiento correctivo vehicular por lo cual se vuelve una herramienta de suma

utilidad para los estudiantes de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Analizar la emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes y después de la reparación del motor.

1.4.2. Específicos

- Investigar acerca de las normativas que regulan el límite de emisiones de gases por vehículos con motores a gasolina en el país.
- Seleccionar el equipo adecuado que permita la realización del análisis de emisiones de gases de escape en el vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros.
- Medir los porcentajes de emisión de los gases de escape del vehículo Chevrolet corsa, bajo diferentes condiciones de altitud empleando los tres tipos de gasolinas que se expiden en el país, antes y después de reparar el motor.
- Comprobar que los valores que se obtengan de la medición de los gases de escape estén en los límites permisibles de emisiones contaminantes que estipulan las normas tanto antes como después de reparar el motor.
- Realizar un análisis del efecto que tiene la calidad de la gasolina, con respecto a los valores que se obtengan de la medición de los gases de escape del vehículo Chevrolet corsa.

- Realizar un estudio de resultados de la incidencia que tiene el factor de la altitud con respecto a los porcentajes de emisión de los gases contaminantes en el vehículo Chevrolet corsa.

1.5. Alcance

Mediante el análisis de gases de escape en el Vehículo Chevrolet Corsa con motor de cilindraje 1.8 litros, se recopilarán que se compararán para conocer si está de acuerdo a las normas de control y regulación de emisiones del país. Por medio de la elaboración del informe técnico de diagnóstico en el cual se detallarán las fuentes causantes de averías en el motor, utilizando adecuadamente el analizador de gases.

Conocer la influencia de la calidad de la gasolina y la presión atmosférica en la emisión de gases de escape del motor del vehículo Chevrolet Corsa evolution. Aportar con un equipo de diagnóstico técnico en el área de mantenimiento preventivo y correctivo que beneficiara a los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1. La contaminación automotriz

Abordar el tema de la contaminación ambiental es importante para determinar conceptos que permitan llevar el desarrollo del análisis correcto de la emisión de gases de escape.

Los vehículos son considerados importantes agentes de contaminación ambiental. En la actualidad, aparecen como elementos indispensables en el funcionamiento de la sociedad moderna y los ecosistemas urbanos, circulando por las carreteras del mundo millones de vehículos (coches, motocicletas, camiones y autobuses) que hacen que cada vez sean más los problemas ambientales y de salud que sufrimos todos los seres vivos que convivimos con ellos.

El ciclo de vida de todo vehículo es en sí mismo contaminante, desde su producción hasta su destrucción o abandono como residuo. Por ello, debemos optimizar su uso y reducir al mismo tiempo su impacto en el medio ambiente, usando diferentes medidas preventivas como principal arma para combatir la contaminación vehicular. (Roldán, 2019)

2.1.1. Tipos de emisiones contaminantes

2.1.1.1. El monóxido de carbono

Debido a que el monóxido de carbono es un gas inodoro, llega a ser muy perjudicial para el ser humano se lo conoce por ser uno de los tres gases contaminantes más peligrosos.

Una concentración de 0.5% de CO en el aire puede poner a una persona inconsciente y matarla en un lapso de 10 a 15 minutos. Incluso una menor concentración porcentual (0.04%) puede causar dolores de cabeza y amenazar la vida de una persona tras varias horas de exposición.

El monóxido de carbón se forma cuando la mezcla de combustible es rica y hay poco oxígeno para quemar completamente todo el combustible. Entre más rica sea la mezcla de combustible, más grande será la cantidad de CO que se produce. Altas emisiones de CO indican una combustión incompleta típicamente causada por un mal ajuste en el carburador, un filtro de aire tapado, que la mariposa del carburador esté atorada, que el sistema de entrada de aire caliente esté defectuoso, falta de sensor de oxígeno, presión excesiva de combustible o un problema con la medida de inyección de gasolina entre otros. (Blancarte, 2011)

2.1.1.2. Los hidrocarburos

Las emisiones de hidrocarburos son gasolina sin quemar y vapores de aceite. Aunque no son directamente dañinos, son los mayores contribuyentes para el smog y la contaminación del ozono. Los hidrocarburos en la atmósfera reaccionan con el sol y se rompen para formar otros componentes químicos que irritan los ojos, las fosas nasales, garganta y pulmones.

Las emisiones de HC, las cuáles son medidas en partes por millón (PPM), se generan por una mala ignición (una bujía o un cable de bujía en mal

estado), un pobre encendido (un incorrecto ajuste al carburador o fugas en el vacío que crean una mezcla pobre al momento del encendido), pérdida de compresión (por fuga o una válvula de escape quemada) o por un motor desgastado lo que causa que queme aceite (guías de válvulas, anillos o cilindros usados). (Blancarte, 2011)

2.1.1.3. Los óxidos de nitrógeno

El nitrógeno crea el 78% del aire que respiramos, aunque normalmente es inerte y no se involucra directamente en el proceso de ignición, en temperaturas de combustión por arriba de los 1370°C el oxígeno y el nitrógeno se combinan formando varios componentes llamados “óxidos de nitrógeno”. Este evento ocurre normalmente cuando el motor tiene mucha carga y la válvula reguladora está completamente abierta.

Los NOX en concentraciones pequeñas en partes por millón, pueden causar irritaciones en los ojos, nariz y pulmones, así como dolores de cabeza. En altas concentraciones pueden provocar bronquitis y agravar otras enfermedades relacionadas con los pulmones. Una vez en la atmósfera, reaccionan con el oxígeno para formar ozono (el cuál es también tóxico para respirar) y smog. (Blancarte, 2011)

2.2. Impacto ambiental

En Ecuador son muchos los vehículos con motores que mantienen tecnologías antiguas, básicamente los grandes fabricantes automotrices reciclan sus motores viejos, para ser equipados en vehículos nuevos que son enviados y comercializados en países de bajo desarrollo como los son en su mayoría los países latinoamericanos y esto en

sobremanera aumenta el índice de emisiones contaminantes generadas por el parque automotor.

Los efectos de la contaminación ambiental sobre el ser humano y sobre los seres vivos son devastadores; las emisiones tóxicas de los motores de automóvil ocasionan desde problemas leves, como son dolores de cabeza, reducción de la capacidad de reacción y concentración, falta de visibilidad, ennegrecimiento de los edificios y monumentos, hasta serios trastornos en la salud y enfermedades crónicas de las vías respiratorias, pulmones, corazón, sistema digestivo, cerebro, etc. (Lira, 1999, p. 5)

Figura 1.

La Emisión de Gases Contaminantes de Fuentes Móviles



Nota. La Emisión de Gases Contaminantes de Fuentes Móviles. tomado de (Roldán, 2019)

2.2. Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son una fuente de energía no renovable. Este recurso proviene de descompuestos de animales y plantas. Se trata de un recurso natural que tarda millones de años en regenerarse. El petróleo es un aceite

mineral contenido en grandes bolsas a los estratos superiores de la corteza terrestre. Tiene una estructura líquida, pero también se puede presentar como gas licuado. El petróleo sufre un proceso de transformación en una refinería. Una vez refinado, proporciona una gran cantidad de productos utilizados como fuente de energía. Entre los productos derivados del petróleo destacan la gasolina, el gasóleo, el fuel, etc. (Planas, 2016)

Figura 2.

Explotación de Combustibles Fósiles.



Nota. Explotación de Combustibles Fósiles. Tomado de (Portillo, 2018)

2.2.1. Gasolina

Este combustible resulta de la fracción del petróleo, cuyo punto de ebullición oscila entre los 70 y 180° C, y contiene mezclas de hidrocarburos entre 4 y 12 carbonos. En tanto combustible, la gasolina es uno de los más utilizados a nivel mundial, ya que la mayor parte del parque automotor la requiere. Sin embargo, la gasolina es un combustible contaminante, razón por la cual hoy en día se estudian diferentes alternativas para su sustitución. (Significados, 2019)

2.2.1.1. Octanaje

El octanaje es la escala que permite calificar el poder antidetonante de los carburantes, cuando éstos son comprimidos en el cilindro que forma parte de un motor. Esta escala, también conocida como índice de octano, considera una determinada combinación de hidrocarburos como base para poder realizar la comparación correspondiente.

El octanaje, en definitiva, refleja la calidad del combustible. Si el combustible tiene un alto octanaje, se evitarán las detonaciones prematuras y se incrementará la liberación de energía útil. (Pérez Porto & Gardey, 2015)

En Ecuador se comercializa 3 tipos de gasolinas la cual son Extra, Súper y Eco-País como se muestra en la tabla 1 estos combustibles son la fuente de movilidad de la mayoría de vehículos con motores a gasolina en el país y a su vez la gasolina Extra y Eco País son la de mayor consumo, en la tabla 1 se puede observar el nivel de octanaje de los combustibles.

Tabla 1.

Nivel de Octanaje de las Gasolinas que se expiden en el País

Combustible	Número de Octanos
Extra	85
Eco-país	85
Súper	92

Nota. Las gasolinas que se expiden en el país cumplen las exigencias de mala norma EURO 2.

2.3. Combustión en motores a gasolina

Prácticamente todos los motores de combustión que se utilizan para impulsar los vehículos modernos son de cuatro tiempos, pero ¿qué significa eso exactamente? Pues reduciéndolo al funcionamiento de un solo cilindro para entenderlo mejor diremos que se necesitan completar cuatro fases para conseguir una dosis de energía que será la encargada de mover las ruedas. Los cuatro tiempos de un motor de combustión interna son los siguientes:

Admisión: En esta fase comienza la magia. Con el pistón situado en el extremo superior del recorrido, las válvulas de admisión se abren para dejar entrar la mezcla de combustible atraída por el vacío en la cámara de combustión a medida que desciende el pistón y ayudada por la presión de los inyectores.

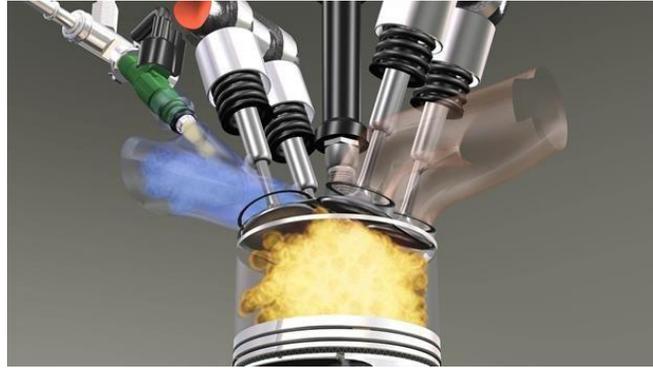
Compresión: Con las válvulas cerradas el pistón comienza a subir hasta llegar de nuevo a su extremo superior comprimiendo la mezcla de aire y combustible.

Explosión: Con la cámara de combustión llena de mezcla y las válvulas aún cerradas se genera una detonación bien iniciada por una chispa eléctrica (bujía en los motores de gasolina) o por la propia auto detonación por compresión (diésel). La fuerza generada por la explosión obliga a bajar al pistón.

Escape: En el último de los cuatro tiempos del motor es cuando se abren las válvulas de escape y los gases producidos por la detonación se evacúan empujados por la subida del pistón. (Martín, 2019)

Figura 3.

Combustión de la Gasolina en la cámara del Cilindro del Motor



Nota. Combustión de la Gasolina en la cámara del Cilindro del Motor. Tomado de (José, 2012)

2.3.1. Mezcla estequiométrica

La relación teóricamente idónea de aire y combustible que busca el motor, para introducir a la cámara de combustión.

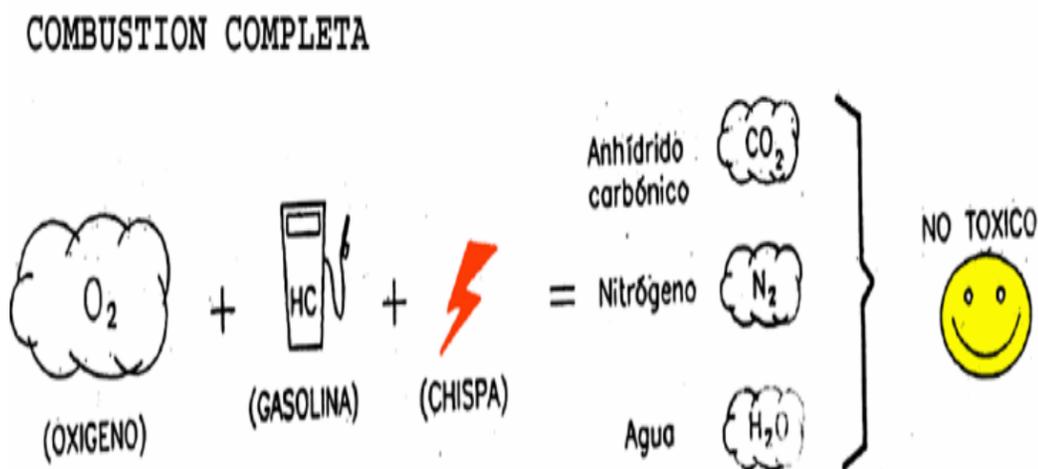
La relación ideal de aire y combustible en un motor de gasolina es de 14,7 kg de aire por 1 kg de combustible. Esta se denomina “mezcla estequiométrica”. La cantidad de aire introducida en la combustión se corresponde exactamente con la necesidad teórica de aire. Es la mezcla de aire y carburante. Según la proporción, la mezcla puede ser estequiométrica, pobre o rica. Es estequiométrica cuando el aire contiene el oxígeno necesario para reaccionar con el carbono del carburante. Si hay exceso de aire, es una mezcla pobre. Si, por el contrario, hay defecto de aire, entonces la mezcla es rica (Autozinternacional, 2013)

En función de la teoría solo se da un tipo de combustión, pero por diversos factores que se suscitan en la práctica se tiene dos tipos.

Completa: este tipo de combustión se da cuando la mezcla de aire y combustible dentro de la cámara de combustión es detonada por completo teniendo gases de tubo de escape como CO_2 , N_2 y Vapor de Agua los cuales no son contaminantes.

Figura 4.

Combustión Completa de la mezcla de Aire y Combustible Admitida al Motor.



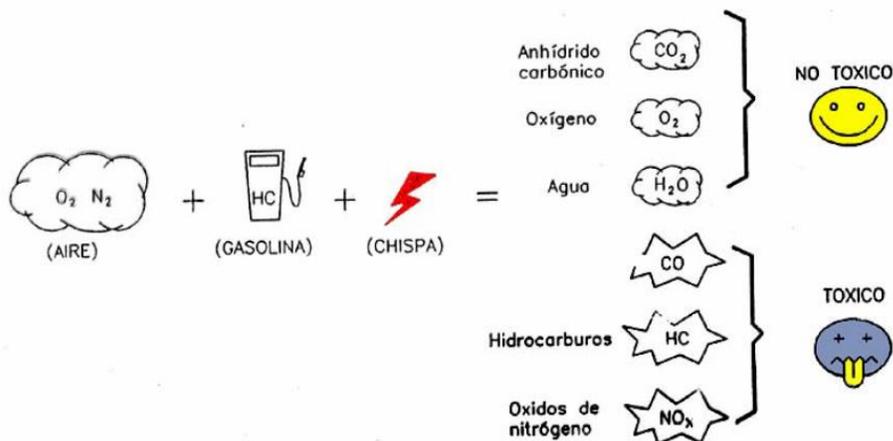
Nota. Gases de escape que se obtienen cuando existe una combustión completa en el motor. Tomado de (I.E.S. Sierra de Guara, 2017)

Incompleta: este tipo de combustión es la más común en los vehículos motorizados a gasolina, la combustión incompleta se da cuando la mezcla de aire y combustible dentro de la cámara del motor no se detona por completo conforme a lo que dicta la teoría. Son muchos los factores que intervienen para que se dé una combustión incompleta lo cual genera la emisión de gases de tubo de escape contaminantes tales como CO , HC y Nox .

Figura 5.

Combustión Incompleta de la Mezcla de Aire y Combustible

Combustión incompleta



Nota. Gases de escape que se obtienen cuando existe una combustión completa en el motor. Tomado de (I.E.S. Sierra de Guara, 2017)

2.4. Analizador de gases de escape

El análisis de gases de escape es un diagnóstico que permite evaluar la cantidad de emisiones que está produciendo un vehículo. El motor lleva a cabo un proceso de combustión del que se obtienen diversos gases, como el monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno, entre otros. En este sentido, el análisis establece la proporción de cada gas, así como su concentración, dando lugar a una evaluación precisa sobre el desempeño del motor. (Rojas, 2019)

2.4.1. Tipos de analizadores gases de combustión

La función de los analizadores de gases de combustión es medir las emisiones contaminantes, que se dan producto de la detonación de un combustible, que por lo general son derivados del petróleo o de fuente fósil.

Analizadores de gases de combustión portátiles

Los analizadores de gases portátiles son razonablemente exactos, pero no tienen las mismas capacidades de análisis como los analizadores de gases de tipo grande. Por lo general, consisten en una unidad en forma de caja y una sonda que se inserta en el horno, caldera u otra cámara de combustión. Incluso los sensores más pequeños pueden rastrear múltiples tipos de gases, como el oxígeno y el dióxido de carbono.

Analizadores de gases permanentes

Los analizadores de gases permanentes más grandes permanecen en un lugar y producen resultados con calidad de laboratorio en forma regular. Estos tipos de analizadores de gases de escape vienen en muchos tipos. Algunos están diseñados para controlar continuamente las emisiones de un sistema de combustión. Estos se conocen como sistemas de control de emisiones continuas o CEMS.

Analizadores de gases de combustión infrarrojos

Los analizadores de gases de combustión infrarrojos utilizan tecnología infrarroja para rastrear las cantidades de ciertos tipos de gases en los gases de combustión de un sistema de combustión. Trabajan en la idea de que diferentes tipos de gases absorben diferentes longitudes de onda de la radiación infrarroja.

Estos analizadores suelen ser portátiles y son los mejores en la medición de monóxido de carbono y dióxido de azufre.

Analizadores de gases de combustión Bacharach

Los analizadores de gases de combustión Bacharach se utilizan para rastrear la cantidad de hollín de un gas particular.

Analizadores de gases de combustión electroquímicos

Los analizadores de gases de combustión utilizan sensores electroquímicos para determinar la composición de los gases de combustión. Incluyen tres electrodos revestidos que reaccionan de una manera determinada con gases. Esta reacción es leída por el analizador.

Analizadores de gases de combustión multi-sensor

Los analizadores de gases pueden venir equipados con múltiples sensores que rastrean varios gases al mismo tiempo. Algunos pueden rastrear cinco gases o más a la vez, lo que permite al operador obtener una idea más completa de la composición del gas de combustión de un sistema. (Mitchell, 2017)

Figura 6.

Analizador de gases de escapes de vehículos con motores gasolina



Nota. Analizador de gases NGA-6000 para 4 gases. Tomado de (Compra Total, 2016)

2.4.2. Fallas y causas

Diagnosticar las fallas de funcionamiento del vehículo es muy importante ya que el diagnóstico es la parte que definirá el camino que se llevará la reparación.

Cuando se observa humo blanco saliendo por el tubo de escape, puede ser una señal buena y una mala. En el mejor de los escenarios el humo blanco es producido por el agua condensada en el interior del tubo; sin embargo, también puede indicar que se está quemando el líquido refrigerante del motor. Para que esto último suceda, al menos un cilindro debe estar deteriorado, o hay una rajadura en el bloque del motor.

Por otra parte, el humo azul puede ser un indicativo de que existe una fuga de aceite, debido a que éste entra en la cámara de combustión y se quema junto al

combustible habitual. En caso de aparecer humo gris, es posible que se esté quemando el líquido de transmisión.

Ahora bien, el humo negro es la principal característica del exceso de combustible. Para que esto suceda, es probable que el filtro de aire esté sucio; un circuito del retorno del combustible se encuentre obstruido; algunos elementos de la admisión, como los inyectores o los sensores, estén en mal estado; o el regulador de la presión del combustible ya no funcione.

El analizador de gases ayuda detectar posibles fallas en la quema de combustible, evitando que el motor comience a fallar. No obstante, también es auxiliar para reducir las emisiones contaminantes, causantes de alteraciones medioambientales y enfermedades respiratorias. (Rojas, 2019)

2.4.3. Soluciones para las fallas

Monóxido de carbono: se forma cuando el proceso de combustión es incompleto, es decir, no hay suficiente oxígeno para quemarlo. Si sus valores son altos, esto representa un peligro, ya que se trata de un gas tóxico para el ser humano.

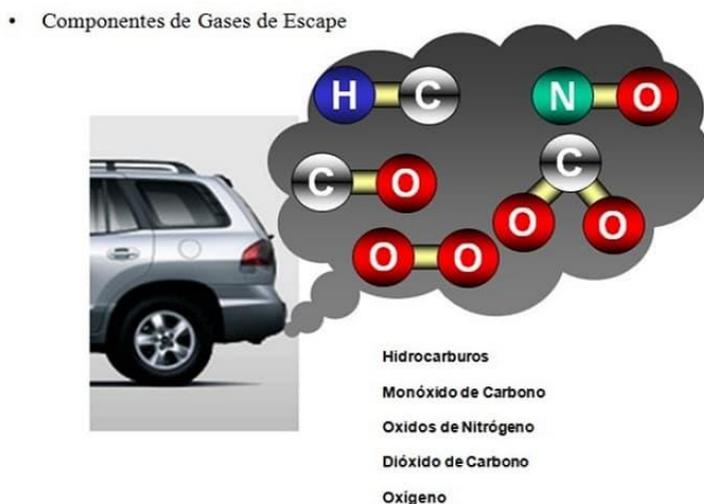
Dióxido de azufre: se presenta como impureza en los combustibles y se encuentra en pequeñas cantidades en los motores de gasolina; aunque hay una mayor emisión para los motores de diésel por el tipo de combustible. Su combinación con vapor de agua produce la acidificación de la lluvia.

Hydrocarburos: los hidrocarburos que no se quemaron también son un indicativo del mal estado de este. Suelen darse por una mezcla pobre de oxígeno. Si hay

una concentración alta, esto indica exceso de combustible y que, además, existe una fuga de aceite hacia la cámara de combustión. (Rojas, 2019)

Figura 7.

Emisión de gases de Escape.



Nota. Componentes de los gases de escape. Tomado de (Ayuda Revi3n T3cnica, 2020)

2.4.4. Alternativas para disminuir emisiones en motores a gasolina

Son los m3todos que aplican los fabricantes automotrices para reducir las emisiones contaminantes que generan los motores que van equipados en sus diferentes v3hculos, de esta forma buscan cumplir con los par3metros que exigen cada una de las asociaciones de control y regulaci3n de gases contaminantes de fuentes m3viles en los distintos pa3ses.

Ventilaci3n del dep3sito de combustible en circuito cerrado: el combustible emite unos vapores contaminantes que deben ser «atrapados». Obviamente, para poder repostar necesitamos que el dep3sito no sea herm3tico, pero se instalan

una serie de válvulas y tuberías que hacen que esos vapores sean canalizados y tratados en un filtro de carbón activo que los neutraliza. Si se genera gran cantidad de vapor y el filtro de carbón activo no da abasto se inyectan esos vapores en el motor para que los queme.

Ventilación cerrada del cigüeñal: además del combustible, el aceite y la compresión de los cilindros producen emisiones contaminantes en la parte baja del motor. También son recirculados y reintroducidos en los cilindros para volver a quemarlos.

Recirculación de gases de escape (EGR): para reducir las emisiones de HC (hidrocarburos parcialmente quemados), se incorpora una válvula que comunica el tubo de escape con la admisión del motor. Cuando la mecánica trabaja con poca carga (si no pisamos mucho el acelerador) esa válvula se abre y permite que parte de los gases de escape vuelvan a entrar en el cilindro. De este modo se reduce la energía de la combustión (al reducir la densidad de oxígeno en el proceso) y se vuelven a quemar los posibles hidrocarburos mal combustionados anteriormente.

Trampas NOx: a veces, el catalizador responsable de neutralizar los peligrosos NOx no es capaz de «hacer el trabajo en tiempo real», de modo que lo que se hace es instalar una trampa NOx. Lo que hace es «almacenar» los NOx cuando el motor está produciendo en exceso este gas (en las fases de baja carga) y los va transformando con posterioridad (si no se ha saturado antes, claro) cuando el conductor pisa con más ganas el acelerador. (Fidalgo, 2018)

Figura 8.

Recirculación de gases de escape.



Nota. Recirculación de gases de escape empleando Inyector Adblue. Solo para vehículos con motores a diésel. Tomado de (Fidalgo, 2018)

2.4.5. Sistema de escape

El sistema de escape de un vehículo es el responsable de conducir hacia el exterior los residuos que se producen en un motor de combustión interna. Todo proceso de combustión conlleva la generación de residuos, residuos que se producen por diferentes motivos, por ejemplo, cuando la combustión, es decir, la quema del combustible, no se produce completamente se generan residuos “no quemados” que deben ser sacados de la recámara de combustión para repetir el proceso.

Entonces, como el proceso de combustión dentro de un motor es cíclico, es decir, repetitivo, la generación de residuos dentro de la recámara que deben ser expedidos hacia el exterior son constantes. Es allí, donde entra la importancia

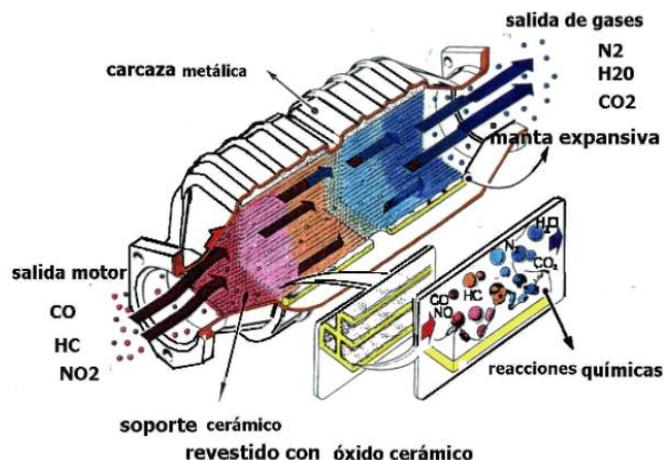
del sistema de escape, ya que, es a través de él que estos residuos son conducidos hacia afuera del vehículo. (Mundo del Motor, 2017)

2.4.5.1. Catalizador

Los catalizadores más usados son los constituidos por platino, paladio y vanadio o por óxidos de cobre y de níquel. La sustancia catalizadora necesita un soporte, constituido generalmente por materias inertes. Se hace mucho uso de los catalizadores en el campo de las pinturas acrílicas y de los plásticos, para acelerar el proceso de polimerización, o en los silenciadores denominados precisamente catalíticos, para reducir la contaminación. El empleo de un catalizador en una pintura permite su endurecimiento en poco tiempo, pero exige también una técnica especial de pulverización

El convertidor catalítico de los automóviles y más conocido como catalizador es un dispositivo instalado en la salida del múltiple de escape. Dentro de una carcasa de acero inoxidable se alojan miles de celdas catalíticas por donde circulan los gases de escape. Estas celdas son sumamente delgadas y dispuestas de tal forma que conforman una superficie de contacto con el gas equivalente a tres canchas de fútbol. Las celdas conforman una colmena cerámica recubierta por una capa amortiguadora que la protege de los golpes. (Motor Giga, 2011)

Figura 9.

Convertidor Catalítico

Nota. Imagen en corte de un convertidor catalítico. Tomado de (Motor Giga, 2011)

2.4.5.1.1. Tipos de catalizadores

El catalizador de reducción se puede definir como: aquel que solo tiene una vía, para mayor detalle es de señalar que es de forma de panal de abeja.

El catalizador de oxidación también conocido como: de dos vías, es llamado así porque se encarga de eliminar dos de los mayores contaminantes, estos son el monóxido de carbono y los hidrocarburos.

Los catalizadores de triple vía, llamados o conocidos así porque actúan eliminando los tres contaminantes principales en el mismo compartimento mediante acciones de oxidación y reducción, transformando a los mismos en compuestos no tóxicos: nitrógeno, agua y dióxido de reducción, transformando a los mismos en compuestos no tóxicos: nitrógeno, agua y dióxido de carbono.

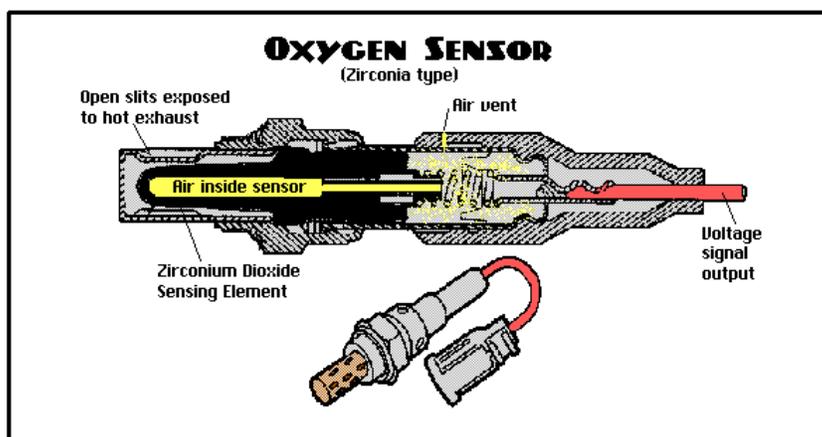
(Mundo del Motor, 2017)

2.4.5.2. Sensor EGO

El sensor de oxígeno O₂, también llamado sonda lambda, es el encargado de monitorear el nivel de oxígeno en los gases de escape y se encuentra situado en el escape del motor. La señal de un mal funcionamiento del sensor lambda es el aumento del consumo de combustible, la reducción de la dinámica del vehículo, la pérdida de potencia del motor, el ralentí irregular o la velocidad de ralentí incorrecta. (Ingeniería y Mecánica Automotriz, 2020)

Figura 10.

Sensor de Oxígeno u Sensor EGO.



Nota. Sensor de oxígeno de zirconio, vista en corte. Tomado de (Ingeniería y Mecánica Automotriz, 2020)

2.4.5.2.1. Tipos de sensores EGO

Sensor de circonio: El principio de funcionamiento se basa en un elemento activo, que es una cerámica de óxido de circonio recubierta por placas de titanio que hacen de electrodos. El electrodo interno está en contacto con el oxígeno del exterior, y el electrodo externo, con los gases de escape.

Este tipo de sonda tiene forma de ampolla y el número de cables varía entre uno y cuatro dependiendo de si tiene elemento calefactor.

Sensor calefactado de célula plana: Es más compacto que el resto de sensores y posee un ratio de medida mayor, al ofrecer entre 5 y 7 mediciones por segundo. Su elemento calefactor es más pequeño, por lo que demanda menos corriente para funcionar.

Sensor de banda ancha: Mide el contenido de oxígeno de una forma más precisa, dado que su señal varía en torno a unas milésimas de amperio, ofreciendo un valor muy cercano al real de lo que está sucediendo dentro del motor. Es una sonda especialmente útil en motores que trabajan con carga estratificada, como las actuales de inyección directa que presentan un factor Lambda cercano a 2. (Infotaller.tv, 2021)

2.4.5.2.2. DTCs relacionado a fallas con el sensor EGO

P0130: Exceso de combustible

P0133: Existe una respuesta lenta por parte del circuito del sensor de O₂

P0134: Sensor inactivo o abierto

P0171: Exceso de oxígeno.

P0172: Sistema demasiado rico.

2.4.5.3. Múltiple de escape

El colector o múltiple de escape es entre otras cosas un complejo de tuberías que se encarga de conducir los gases quemados producidos en la recámara de combustión del motor y canalizarlos hacia una tubería extensa hacia la parte

trasera del automóvil. Éste se encuentra ubicado cerca de las cabezas de los cilindros del motor, a un costado del cabezote y posee entradas por donde circularán los gases quemados expedidos por el motor. (Mundo Motor, 2015)

Figura 11.

Múltiple de Escape.



Nota. Colector de gases de escape. Tomado de (Mundo del Motor, 2017)

2.4.5.4. Conductos de evacuación

Dentro del sistema de escape, los conductos de evacuación son los encargados de conducir los gases de combustión que van desde el múltiple del colector hasta la salida a la superficie que por lo general va ubicada en la parte posterior del auto.

Dentro de la configuración del sistema de escape, se encuentran varios tipos de conductos, a continuación, los nombramos:

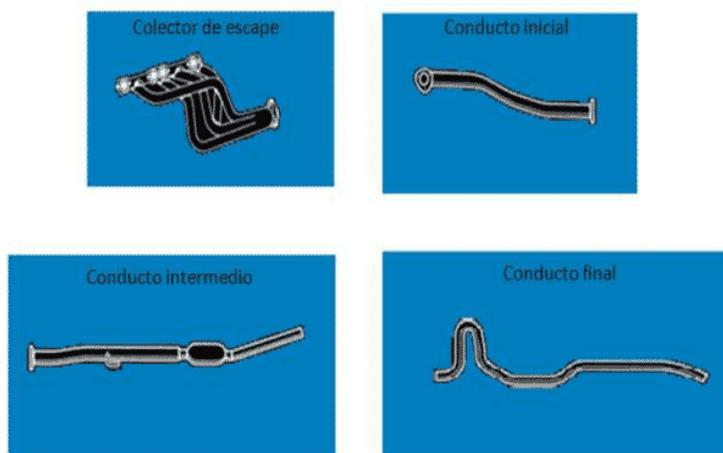
Etapa o conducto inicial: Desde el múltiple son recibidos los gases de combustión y son transportados por este conducto que se encuentra ubicado corriente abajo dentro del sistema de escape.

Etapa o conducto intermedio: Esta etapa viene a conectar el tubo de escape con el silenciador en el sistema de escape. El propósito de esta etapa es transportar los gases hasta el silenciador y de esa manera silenciar el sonido que se produce dentro del sistema. Es importante señalar que no todos los autos poseen esta etapa.

Etapa o conducto final: Dentro de todo el sistema de escape, completa el diseño, finalmente a través de esta etapa se dirigen los gases de combustión hacia el exterior del auto. De manera general, un conducto de escape final posee una longitud mayor a 35 cm. (Mundo del Motor, 2017)

Figura 12.

Tipos de Conductos del Sistema de Escape



Nota. Tipos de Conductos del Sistema de Escape. Tomado de (Mundo del Motor, 2017)

2.5. La altitud y el rendimiento en los motores

Muchos factores son los que pueden llegar a incidir en el funcionamiento adecuado del motor y ocasionar que se mermen sus prestaciones, uno de los más conocidos es el factor de la altitud.

La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste. Sin embargo, para cuantificar el efecto sobre las prestaciones del motor, basta con considerar el efecto sobre las condiciones termodinámicas.

La altitud disminuye notablemente la potencia indicada, y por tanto la efectiva, desarrollada por un motor de aspiración natural, en todo el rango de regímenes de giro. Sin embargo, este efecto se reduce al turbo sobrealimentado el motor, pudiendo incluso llegar a compensarse tal reducción a alto régimen. (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Sánchez, 2006)

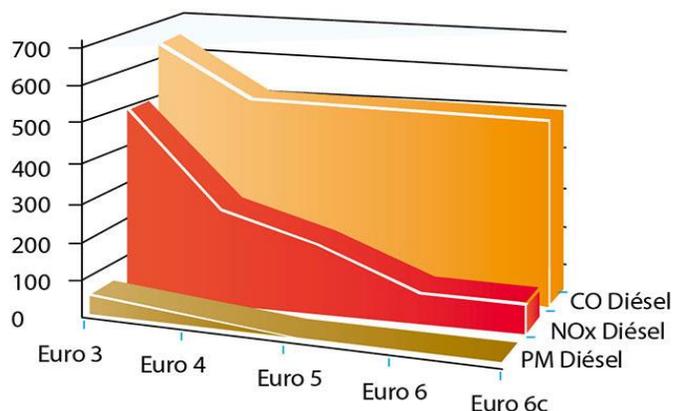
2.6. Normativas de control y regulación de emisiones.

En enero del 2017 la normativa del EURO 3 entró en vigor en el Ecuador con la intención de disminuir el impacto ambiental producto de las emisiones de vehículos a gasolina y diésel ya que desde el año 1992 en el país se aplicaba a la normativa EURO 1 como norma de estandarización para el control y regulación.

Las normativas que se encuentran vigentes en el Ecuador indican el control y la regulación de los gases de escape permitidos en vehículos que usan como fuente de energía a los combustibles derivados del petróleo o fuentes fósiles.

Figura 13.

Estandarización según la normativa EURO



Nota. Normas EURO 3 (EC2000). Tomado de (Transporte.Doblevia, 2020)

2.5.2. Norma EURO

Debido a la preocupación por el avanzado crecimiento de emisiones contaminantes producidos por el parque automotor a finales de los años 80, la Unión Europea creó e implementó la norma euro, con la cual los vehículos nuevos debían cumplir con las exigencias que limitaban los gases potencialmente peligrosos para la salud como los son el óxido de nitrógeno, el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, entre otros, que son cada vez más severos.

A partir del año 1992 entró en vigor la primera norma Euro 1 y fue así como cada 4 años a aproximadamente, han entrado en vigencia con nuevos requisitos y nuevos valores que deben cumplir los vehículos; de esta forma su evolución ha exigido ser más rigurosa en las normas Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5 y la más reciente Euro 6, la cual ya ha pasado por varias revisiones y actualmente está

vigente la C y en el 2020 entrará en vigor la D en ciertos países del continente europeo, teniendo en cuenta las prohibiciones de vehículos propulsados por combustibles fósiles. (Revista Auto Crash, 2019)

Figura 14.

Límite de Gases establecidos por la normativa EURO

Límites de emisiones establecidos por cada norma Euro para los turismos							
Norma	Entrada en vigor	CO (g/km)	HCT (g/km)	NMHC	HCT+NOx (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
Motor diésel							
Euro 1**	01/07/92	2,72 (3,16)	----	----	0,97 (1,13)	----	0,14 (0,18)
Euro 2, IDI	01/01/96	1,0	----	----	0,7	----	0,08
Euro 2, DI	01/01/1996 ^a	1,0	----	----	0,9	----	0,10
Euro 3	01/01/00	0,64	----	----	0,56	0,50	0,05
Euro 4	01/01/05	0,50	----	----	0,30	0,25	0,025
Euro 5	01/09/09	0,50	----	----	0,23	0,18	0,005 ^c
Euro 6	01/09/14	0,50	----	----	0,17	0,08	0,005 ^c
Motor gasolina							
Euro 1**	01/04/92	2,72 (3,16)	----	----	0,97 (1,13)	----	----
Euro 2	01/01/96	2,2	----	----	0,5	----	----
Euro 3	01/01/00	2,30	0,20	----	----	0,15	----
Euro 4	01/01/05	1,0	0,10	----	----	0,08	----
Euro 5	01/09/09	1,0	0,10	0,068	----	0,06	0,005 ^{b,c}
Euro 6	01/09/14	1,0	0,10	0,068	----	0,06	0,005 ^{b,c}

■ CO: masa de monóxido de carbono; HCT: masa total de hidrocarburos; NOx: masa de óxidos de nitrógeno; PM: masa de partículas, NMHC: masa de hidrocarburos no metanos.
IDI: inyección indirecta, DI: inyección directa.

Nota. Estandarización de los límites permisibles de las emisiones de los gases de escape. Tomado de (Revista Auto Crash, 2019)

2.5.1. Normativas en el país

Para que un vehículo en Ecuador circular debe aprobar con la revisión técnica vehicular cada año que se encuentra estandarizada por las siguientes normas:

- INEN 017:2008, control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres. (Ver Anexo A)
- NTE INEN 2203:2000, gestión ambiental. aire. vehículos automotores. determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralentí" prueba estática. (Ver Anexos B)
- NTE INEN 2204:2002, gestión ambiental. aire. vehículos automotores. límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. (Ver Anexo C)

La norma INEN 2204:2002 establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina. Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas. Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a la gasolina. (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016)

Figura 15.

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina.

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
^a Volumen				
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

Nota. Esta imagen muestra la tabla con límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

Tomado de (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016)

Capítulo III

3. Desarrollo del proyecto

3.1. Selección del analizador de gases

Para empezar con el análisis de las emisiones de gases de escape del vehículo Chevrolet corsa evolución, es debidamente necesario contar con el equipo adecuado que pueda garantizar que el proceso del estudio pueda desarrollarse correctamente, en función de los parámetros establecidos por lo cual el analizador de gases automotrices debe contar las características idóneas para llevarlo a cabo. Como se puede observar en la tabla 2 la cual muestra a tres distintos equipos con sus diferentes características de esta manera se busca elegir el analizador gases que convenga al desarrollo del estudio.

Los analizadores de gases de escape descritos en la tabla 1 cuentan con las características que se requieren para el desarrollo del estudio, no existe mucha diferencias uno del otro ya que los tres equipos son capaces de medir tanto el porcentaje de monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), oxígeno(O₂) y el número de partículas por millón de los hidrocarburos (HC) de las emisiones de un vehículo propulsado por un motor a gasolina en si estos gases son el enfoque principal de las mediciones que se realizan en los centros de revisión técnica dentro del País.

Tabla 2.*Analizadores de gases automotriz y sus funciones*

Equipo	Características
Analizador de gases Brain Bee – modelo ags-688	Función automática de calibración a CERO, tiempo de calentamiento menor a 10 minutos, sistema de filtrado reforzado y con trampa de agua, pruebas automáticas para residuos de HC y vacío, compensador de altura, cálculo de Lambda y CO corregido, Habilitado para medición de NOx con sensor. Se muestra en la figura 16
Analizador de gases portátil KANE auto plus 4-2	Tiempo de calentamiento menor a 2 minutos, comunicación a PC/ANDROID: Bluetooth – RS-232, memoria/ Data Logging: 500 TESTS, temperatura ambiente: 5 – 45 °C, humedad: 10 – 90% RH no condensada, temperatura Almacenamiento: 0 – 50 °C, fácil mantenimiento, control de velocidad de bomba. Se muestra en la figura 17
Analizador de gases Brain Bee Mahle AGS-690	Función automática de calibración a CERO, tiempo de calentamiento menor a 10 minutos, pruebas automáticas para residuos de HC y vacío, compensador de altura, indispensable para ciudades de altura, medición inalámbrica vía radio de RPM, mide: HC, CO, CO ₂ , O ₂ * Cálculo de Lambda y CO corregido, Habilitado para medición de NOx. Se muestra en la figura 18

Nota. Descripción de las características de los Analizadores de Gases de Escape para el desarrollo del análisis.

Figura 16.

Analizador de gases Brain Bee – modelo ags-688



Nota. Analizador de gases Brain Bee – modelo ags-688. Tomado de (Globaltech.LA, 2018)

Figura 17.

Analizador de gases portátil KANE auto plus 4-2



Nota. Analizador de gases portátil KANE auto plus 4-2. Tomado de (Globaltech .LA, 2019)

Figura 18.

Analizador de gases Brain Bee Mahle AGS-690



Nota. Analizador de gases Brain Bee Mahle AGS-690. Tomado de (Globaltech.LA, 2018)

El analizador de gases portátil Kane auto plus 4-2 es el equipo que se adecua mejor a lo que se quiere conseguir con la realización del estudio, ya que como su nombre lo indica este es portátil lo que hace su transportación sea más fácil en vista de que en el desarrollo del proyecto se requiere que se realice el análisis de emisiones a diferentes altitudes para ver cómo incide la presión atmosférica en la emisión de los gases de escape.

La diferencia más notable en relación a los otros equipos es que el analizador de gases portátil Kane auto plus 4-2 no puede medir el porcentaje de óxidos de Nitrógeno (NOX) pero esto no es tan relevante para la realización del estudio ya que en los centros de revisión técnica del país no se mide este gas por que para poderlo hacer, el vehículo debe ser sometido a otras condiciones que requieren que el automotor se encuentre en movimiento subiendo una cuesta por esta razón es que no se lo realiza.

3.1.1. Analizador de gases portátil Kane auto plus 4-2

Este equipo es de los primeros analizadores de gases portátiles y uno de más utilizados por su efectividad a la hora de realizar los análisis, también es una herramienta que es fácil manipular y utilizar. el analizador de gases portátil Kane auto plus 4-2 cuenta una bomba que se puede controlar de manera práctica para evitar el consumo excesivo de batería y fuera de lo que es el equipo que permite que guarden los reportes de análisis cuenta con una impresora que ayuda a imprimir los reportes en tiempo real y de manera rápida.

Figura 19.

Analizador de Gases Portátil y componentes



Nota. Aquí se puede observar el analizador de gases portátil Kane auto plus 4-2 elegido para realizar las mediciones.

3.2. Como se debe realizar la medición

Para realizar la medición de los gases de escape en un vehículo con motor a gasolina utilizando el analizador de gases portátil KANE, se deben cumplir algunas condiciones para que los resultados del análisis sean los más efectivos posibles. Lo

primero hay que tener en cuenta es que la medición no se la puede realizar en vehículos que se encuentren emitiendo una excesiva cantidad de gases como se muestra en figura 20, en muchos automóviles por el mal funcionamiento del motor se puede percibir a simple vista una elevada cantidad de emisiones en este estado lo más recomendable es no efectuar el análisis para evitar daños en el equipo.

Figura 20.

Excesiva emisión de humo negro demuestra el mal funcionamiento del motor



Nota. Cuando se observa a simple vista que un vehículo está humeando lo recomendable es no medir el porcentaje de emisiones contaminantes. Tomado de (Conserva tu Coche, 2016)

Para empezar con el análisis de las emisiones dentro en el vehículo este debe estar en ralentí a menos de 1000 revoluciones por minuto (RPM) y la temperatura del motor de estar entre los 70 y 90 grados centígrados como se muestra en la figura 21, también se puede esperar a que le electro ventilador se encienda, lo que se busca con esta condición es acercarse al estado normal de trabajo del motor cuando se encuentra en carretera.

Figura 21.

Temperatura adecuada para realizar mediciones



Nota. Condiciones requeridas en vehículo para el análisis de gases con analizador portátil Kane.

Hasta que el vehículo pueda alcanzar la temperatura ideal para realizar el análisis se debe encender el equipo, el analizador de gases Kane le toma menos de un minuto en prenderse como se muestra en la figura 22. Ya completamente encendido se debe revisar la carga de batería para evitar algún contratiempo durante la medición.

Figura 22.

Encendido del analizador de gases portátil Kane



Nota. El encendido del analizador de gases portátil Kane toma alrededor de 80 segundos.

Como se puede observar en la figura 19 el equipo ya encendido comienza a medir el oxígeno del ambiente que se encuentra a 20.00% eso quiere decir que la bomba del analizador está encendida con lo cual se empezará el análisis en el vehículo, conectando la sonda de medición en el analizador y colocándola con la pinza en tubo de escape como se muestra en la figura 23 se procede a realizar la medición de las emisiones.

Figura 23.

Sonda de medición del analizador de gases

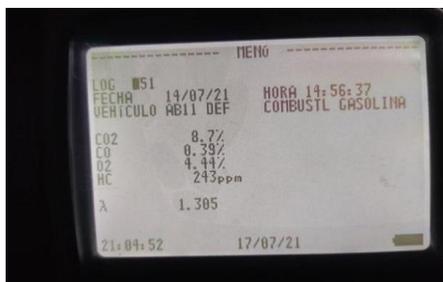


Nota. Conectando el analizador de gases portátil Kane al vehículo para la realización de las mediciones.

Una vez que las medidas se establezcan se puede realizar una captura de pantalla con el equipo para guardar el reporte o utilizando la impresora lo podemos imprimir tal como se muestra en la figura 24. Ya que las mediciones en ralentí estén hechas se debe continuar con la medición a altas revoluciones.

Figura 24.

Resultados de los porcentajes de medición en ralentí

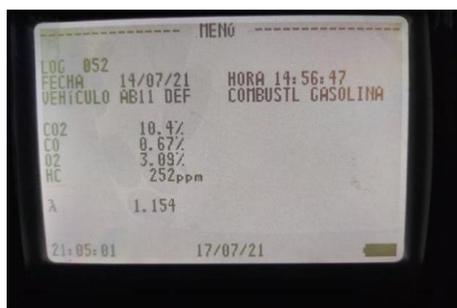


Nota. Valores de medición con el analizador de gases Kane a menos de 1000 revoluciones por minuto.

La siguiente toma de medidas se debe realizar con el motor del vehículo a alta carga para lo cual se acelera hasta alcanzar las 2500 revoluciones por minuto (RPM) y mantenerlo en ese régimen hasta que se pueda establecer los valores de medición en el equipo o durante 2 minutos como se muestra en la figura 25. de esta manera es como realiza el análisis de gases de escape en los centros de revisión técnica del país.

Figura 25.

Resultados de los porcentajes de medición en alta carga



Nota. Medición de gases de escape a 2500 revoluciones por minuto.

Ya una vez finalizado con las mediciones de los gases de escape con el vehículo en ralentí y a 2500 revoluciones por minuto (RPM) se procede a desconectar la sonda del tubo de escape y también debe alejarse del vehículo hasta que los valores de medición del equipo lleguen a cero hasta que los valores no lleguen a cero lo recomendable es no apagar la bomba ni el equipo como se muestra en la figura 26.

Figura 26.

Disminución de los porcentajes de medición para apagar el analizador



Nota. Como apagar el analizador de gases Kane adecuadamente o para evitar daños.

El método de medición de los gases del escape está enfocado en el proceso que emplea la CORPAIRE que es la corporación que se encarga de realizar la revisión técnica vehicular en la ciudad de Quito. La CORPAIRE enfoca el análisis de gases de escape en los porcentajes de emisión de oxígeno, monóxido de carbono e hidrocarburos como se puede mostrar en la tabla 2.

Tabla 3.*Límite de emisiones contaminantes en la CORPAIRE*

VEHÍCULOS A GASOLINA (Excepto Motos)							
Prueba Estática en Ralentí (800-1000) RPM y Altas (2500) RPM							
Del	2000	en	HC ppm	Co %	O₂%	FALTA	RESULTADO
adelante			0 < =160	0 < =0.6	0 < =3	1	Aprobado
			160 < =180	0.6 < =0.8	3 < =4	2	Aprobado
			180 < =200	0.8 < =1	4 < =5	3	Aprobado
			200	1	5	4	Rechazado

Nota. En la tabla se muestran los límites de emisiones contaminantes que se aplican para aprobar la revisión técnica en la Corpaire.

3.3. Ficha técnica

El vehículo Chevrolet Corsa Evolution de Cilindrada 1.8 Litros, es un sedán compacto que ha tenido gran acogida aquí en el Ecuador, es muy común encontrarlo circulando por las calles del país además que es un modelo fabricado por Chevrolet que es prácticamente el fabricante y vendedor número uno de automotores en todo el territorio ecuatoriano, en la tabla 4 se puede observar sus especificaciones técnicas.

Tabla 4.

Ficha técnica del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1.8 litros

Especificaciones Técnicas
Motor
Posición Delantero transversal.
Número de cilindros 4 cilindros en línea.
Cilindrada 1.796 cm ³ .
Diámetro por carrera 84.8 x 79.5 mm.
Un árbol de levas en cabeza comandado por correa dentada.
2 válvulas por cilindro.
Alimentación por inyección electrónica multipunto.
Refrigeración líquida con electro ventilador.
Relación de compresión 9.4:1.
Potencia máxima 102 CV a 5.200 rpm.
Par motor 16.8 kgm a 2.800 rpm

Nota. especificaciones técnicas del motor del vehículo Chevrolet Corsa evolution con cilindrada de 1.8 litros.

3.4. Resultados de medición empleando gasolina extra

La medición de los gases de escape del vehículo Chevrolet Corsa evolution se desarrolló enfocado al proceso que sigue el centro de revisión técnica Copiare y bajo los términos y condiciones previstos para la realización del estudio tanto antes de reparar el motor como después de ello. La primera medición de los gases de escape se realizó empleando gasolina extra a más de 1000 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de la Latacunga, los valores que se obtuvieron del análisis de los gases de escape del vehículo Chevrolet Corsa evolution tanto antes como después de la reparación del

motor se puede observar en la tabla 5 y los valores que se obtuvieron con la medición de los gases de escape a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar en el sector Bucay se muestran en la tabla 6.

Tabla 5.

Resultados de mediciones con gasolina extra en Latacunga

Lugar	Latacunga			
Altitud	2850			
Gasolina	Extra			
	Revoluciones	Ralentí (1000 rpm)	Alta Carga (2500 rpm)	
Dióxido de Carbono (CO₂) %	8.70	12.10	10.4	12.70
Monóxido de Carbono (CO) %	0.39	0.54	0.67	0.67
Oxígeno (O₂) %	4.44	1.67	3.09	1.06
Hidrocarburos (HC) PPM	243	187	252	140
Lambda	1.30	1.06	1.15	1.027

Nota. Resultados obtenidos de la medición de los gases de escape empleando gasolina extra antes y después de la reparación del motor a más de 1000 msnm.

Tabla 6.

Resultados de mediciones con gasolina extra en Bucay

Lugar	Bucay			
Altitud	320			
Gasolina	Extra			
	Revoluciones	Ralentí (1000 rpm)	Alta Carga (2500 rpm)	
Dióxido de Carbono (CO₂) %	12.20	13.70	13.2	14.00
Monóxido de Carbono (CO) %	0.68	0.09	0.71	0.10
Oxígeno (O₂) %	3.16	2.00	1.13	1.66
Hidrocarburos (HC) PPM	194	88	194	97
Lambda	1.139	1.095	1.031	1.075

Nota. Resultados obtenidos de la medición de los gases de escape empleando gasolina extra antes y después de la reparación del motor a menos de 1000 msnm.

3.5. Resultados de medición empleando gasolina eco-país

La gasolina eco-país tiene un nivel de octanaje de 85 octanos y los resultados de las mediciones que se obtuvieron con el empleo de este combustible tanto antes como después de la reparar el motor en la ciudad de la Latacunga que se encuentra a más 1000 metros sobre el nivel del mar se puede observar en la tabla 7 y la medición realizada en el sector Bucay que se encuentra a menos de 1000 metros sobre el nivel de mar género los resultados que se muestran en la tabla 8.

Tabla 7.

Resultados de mediciones con gasolina eco-país en Latacunga

Lugar	Latacunga			
Altitud	2850			
Gasolina	Ecopaís			
	Revoluciones	Ralentí (1000 rpm)		Alta Carga (2500 rpm)
Dióxido de Carbono (CO₂) %	8.72	12.50	10.40	12.77
Monóxido de Carbono (CO) %	0.37	0.52	0.65	0.65
Oxígeno (O₂) %	4.43	1.63	3.09	1.04
Hidrocarburos (HC) PPM	242	185	256	140
Lambda	1.322	1.057	1.134	1.027

Nota. Resultados obtenidos de la medición de los gases de escape empleando gasolina eco-país antes y después de la reparación del motor a más de 1000 msnm.

Tabla 8.

Resultados de mediciones con gasolina eco-país en Bucay

Lugar	Bucay			
Altitud	320			
Gasolina	Ecopaís			
	Revoluciones	Ralentí (1000 rpm)		Alta Carga (2500 rpm)
Dióxido de Carbono (CO₂) %	12.19	13.16	13.21	14.03
Monóxido de Carbono (CO) %	0.65	0.09	0.71	0.09
Oxígeno (O₂) %	3.14	1.93	1.15	1.62
Hidrocarburos (HC) PPM	194	85	194	94
Lambda	1.138	1.093	1.030	1.077

Nota. Resultados obtenidos de la medición de los gases de escape empleando eco-país extra antes y después de la reparación del motor a menos de 1000 msnm.

3.6. Resultados de medición empleando gasolina súper

La gasolina súper tiene un nivel octanaje de 92 octanos, es el combustible de mejor calidad que se empleó para la realización de los análisis de emisiones de gases de escape y los resultados que se obtuvieron con su utilización a una altura de más 1000 metros sobre nivel del mar en la ciudad de la Latacunga se puede observar en la tabla 9 y los resultados de la medición a una altura de menos 1000 msnm se muestran en la tabla 10.

Tabla 9.

Resultados de mediciones con gasolina súper en Latacunga

Lugar	Latacunga			
Altitud	2850			
Gasolina	Súper			
	Revoluciones	Ralentí (1000 rpm)	Alta Carga (2500 rpm)	
Dióxido de Carbono (CO₂) %	12.58	13.80	13.70	14.00
Monóxido de Carbono (CO) %	0.62	0.10	0.89	0.10
Oxígeno (O₂) %	3.74	1.98	3.74	2.11
Hidrocarburos (HC) PPM	180	135	192	116
Lambda	1.169	1.090	1.057	1.097

Nota. Resultados obtenidos de la medición de los gases de escape empleando gasolina súper antes y después de la reparación del motor a más de 1000 msnm.

Tabla 10.

Resultados de mediciones con gasolina súper en Bucay

Lugar	Bucay			
Altitud	320			
Gasolina	Súper			
	Revoluciones	Ralentí (1000 rpm)	Alta Carga (2500 rpm)	
Dióxido de Carbono (CO₂) %	13.70	14.10	14.10	14.40
Monóxido de Carbono (CO) %	0.88	0.59	0.69	0.55
Oxígeno (O₂) %	2.34	1.19	1.80	1.16
Hidrocarburos (HC) PPM	160	115	108	101
Lambda	1.031	1.034	1.154	1.034

Nota. Resultados obtenidos de la medición de los gases de escape empleando súper extra antes y después de la reparación del motor a menos de 1000 msnm.

3.7. Análisis de resultados empleando gasolina extra

3.7.1. Motor no reparado

La emisión de Dióxido de Carbono a más de 1000 sobre el nivel del mar, se encuentra debajo del régimen adecuado que indica el buen funcionamiento del motor y cuando el vehículo se encuentra a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar, el porcentaje de emisión incrementa acercándose al valor indicado de buen funcionamiento del motor que es 14%. Tanto en Latacunga como en un sector Bucay los valores de emisión se ven afectados por el incremento de las revoluciones como se muestra en la figura 27.

La emisión de monóxido de carbono tiene cambios ligeros en los valores obtenidos, tanto en la ciudad de Latacunga como en el sector Bucay, de igual manera el

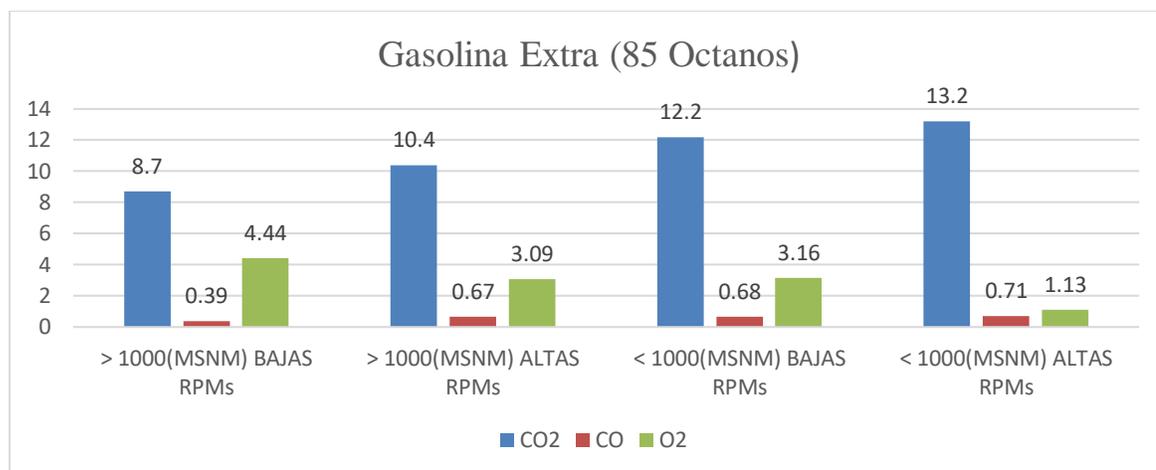
incremento de revoluciones hace que el porcentaje de emisión incremente ligeramente cómo se puede observar en la figura 27.

La emisión de oxígeno se encuentra en el régimen adecuado, para que el vehículo pueda circular y con respecto a la altitud el porcentaje de emisión disminuye cuando el vehículo se encuentra a menor altura cómo se puede observar en la figura 27.

La emisión de hidrocarburos se encuentra por encima del régimen indicado para la circulación del vehículo, cuando éste se encuentra a más de 1000 metros sobre el nivel del mar, pero cuando se encuentra a menos 1000 metros altura en el sector Bucay el porcentaje de emisión disminuye estando en el régimen adecuado para su circulación cómo se puede observar en la figura 28.

Figura 27.

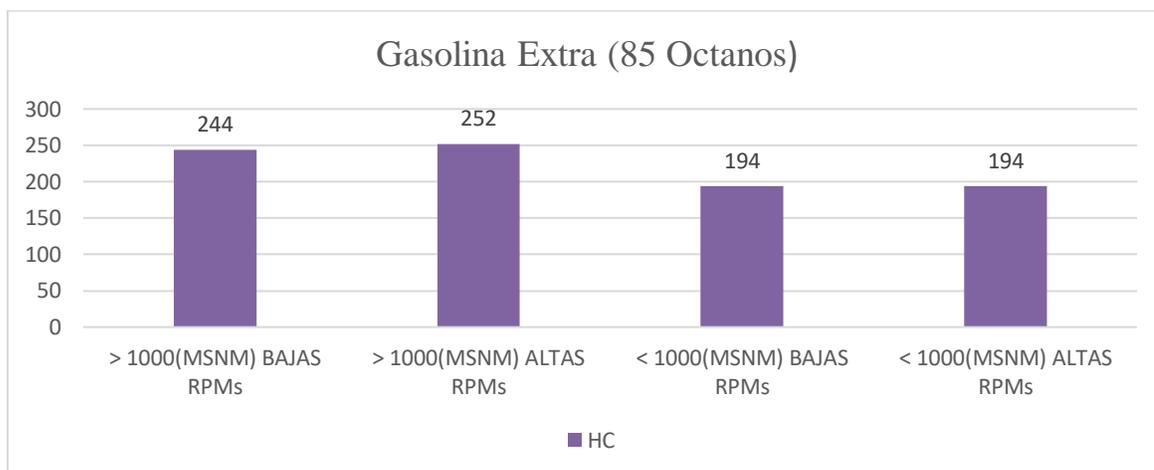
Porcentajes de emisión empleando gasolina extra con el motor no reparado



Nota. Porcentajes de emisión de los gases: CO₂, CO y O₂ en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina extra antes de reparar el motor.

Figura 28.

Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina extra con el motor no reparado



Nota. Porcentaje de emisión de HC en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina extra antes de reparar el motor.

3.7.2. Motor reparado

La emisión de dióxido de carbono con respecto a la reparación del motor mejoró, los valores incrementaron tanto en la medición en la ciudad de Latacunga como en el sector Bucay. A menos de 1000 metros sobre el nivel del mar, el índice de emisión de CO₂ alcanzó el valor adecuado que indica el correcto funcionamiento del motor. Bajo el factor de las revoluciones del motor el índice de emisiones de dióxido de carbono incrementa cuando los rpm son altas cómo se puede observar en la figura 29.

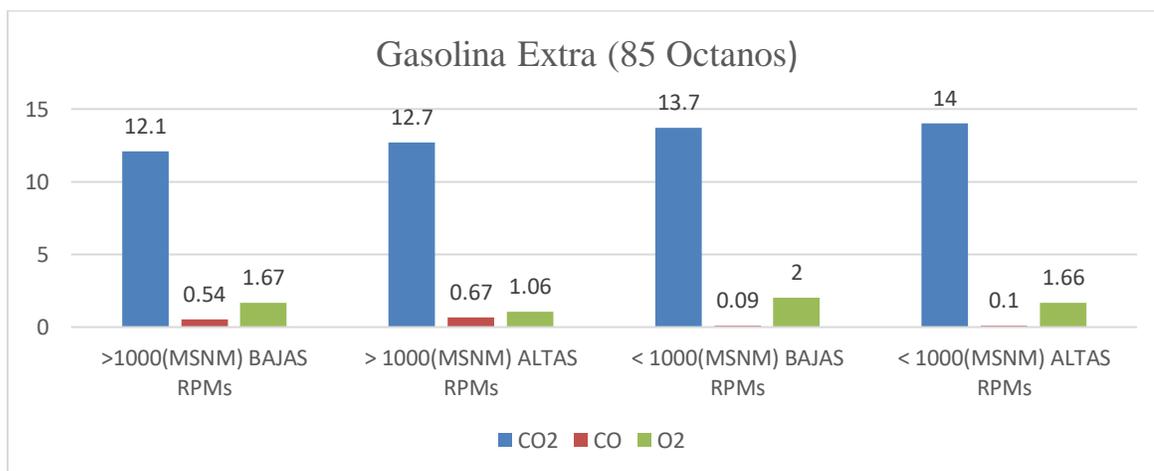
La emisión de monóxido de carbono se mantuvo bajo el régimen adecuado de circulación, inclusive a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar, el índice de emisión es más bajo. Con respecto a la reparación de motor los valores bajaron ligeramente cómo se puede observar en la figura 29.

La emisión de oxígeno con respecto a la reparación del motor, se obtuvo un valor de medición menor, manteniéndose en el régimen adecuado de circulación del vehículo. Con respecto a la altitud, el índice de emisión no cambió significativamente cómo se puede observar en la figura 29.

Después de la reparación del motor la emisión de hidrocarburos disminuyó al porcentaje adecuado de circulación, como lo indican las normas de control y regulación de emisiones. Partículas por millón de HC son menores en el sector de Bucay con respecto a la ciudad de Latacunga cómo se puede observar en la figura 30.

Figura 29.

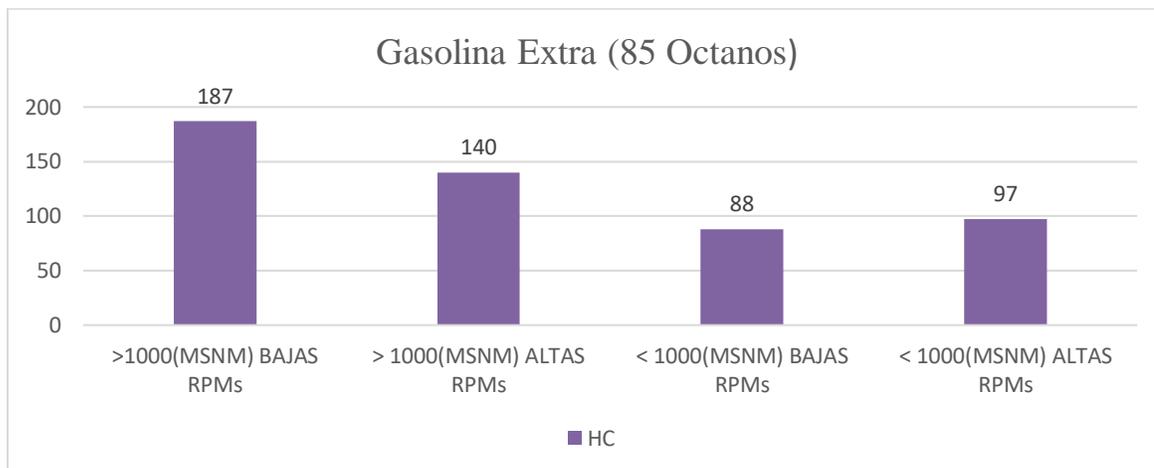
Porcentajes de emisión empleando gasolina extra con el motor reparado



Nota. Porcentajes de emisión de los gases: CO₂, CO y O₂ en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina extra después de reparar el motor.

Figura 30.

Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina extra con el motor reparado



Nota. Porcentaje de emisión de HC en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina extra después de reparar el motor.

3.8. Análisis de resultados empleando gasolina eco-país

3.8.1. Motor no reparado

La emisión de dióxido de carbono en Latacunga, es menor al índice adecuado que indica el correcto funcionamiento del motor, pero con respecto a su sector Bucay los valores son más cercanos al índice adecuado que es 14%. El porcentaje de emisión de CO₂ se incrementa conforme a las revoluciones, el valor va en aumento como se puede observar en la figura 31.

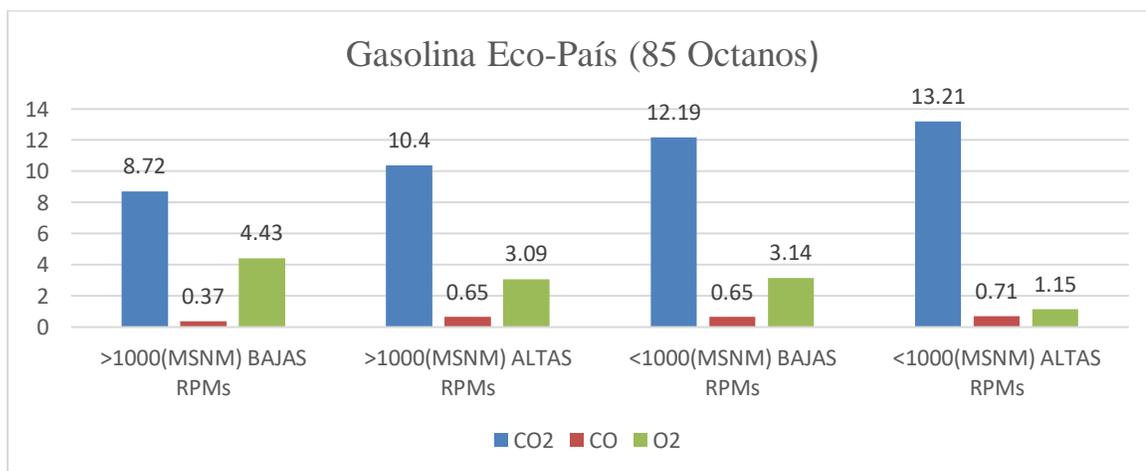
La emisión de monóxido de carbono entra en el régimen adecuado de circulación según las normas de control y regulación. Con respecto a la altitud los valores obtenidos de la medición tienen un cambio ligero tanto en Latacunga como en el sector Bucay como se puede observar en la figura 31.

La emisión de oxígeno se mantiene en el régimen adecuado de circulación y cómo se puede observar en la figura 31, el índice de emisión es menor en el sector Bucay que se encuentra a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar.

La emisión de hidrocarburos es elevada para el régimen adecuado de circulación como lo dicta las normas de control regulación de emisiones en el país, con respecto a la ciudad de Latacunga que se encuentra más de 1000 m sobre el nivel del mar y lo que respecta al sector Bucay la emisión de partículas por millón de HC están en el régimen adecuado de circulación como lo muestra la figura 32.

Figura 31.

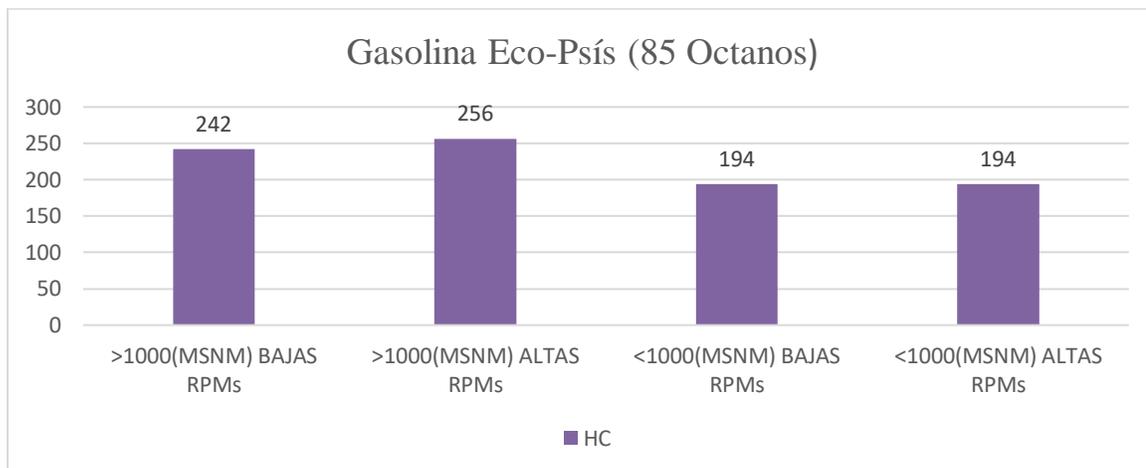
Porcentajes de emisión empleando gasolina eco-país con el motor no reparado



Nota. Porcentajes de emisión de los gases: CO₂, CO y O₂ en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina eco-país antes de reparar el motor.

Figura 32.

Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina eco-país con el motor no reparado



Nota. Porcentaje de emisión de HC en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina eco-país antes de reparar el motor.

3.8.2. Motor reparado

El Índice de emisión de dióxido de carbono subió con respecto a la reparación del motor, alcanzando un valor cercano al porcentaje adecuado que indica el buen funcionamiento del motor, cuando el vehículo se encuentra a más de 1000 metros sobre el nivel del mar en Latacunga y cuando el vehículo se encuentra a menos de 1000 metros de altura en el sector Bucay el índice de emisión es el correcto para un buen funcionamiento del motor en altas revoluciones cómo se puede observar en la figura 33.

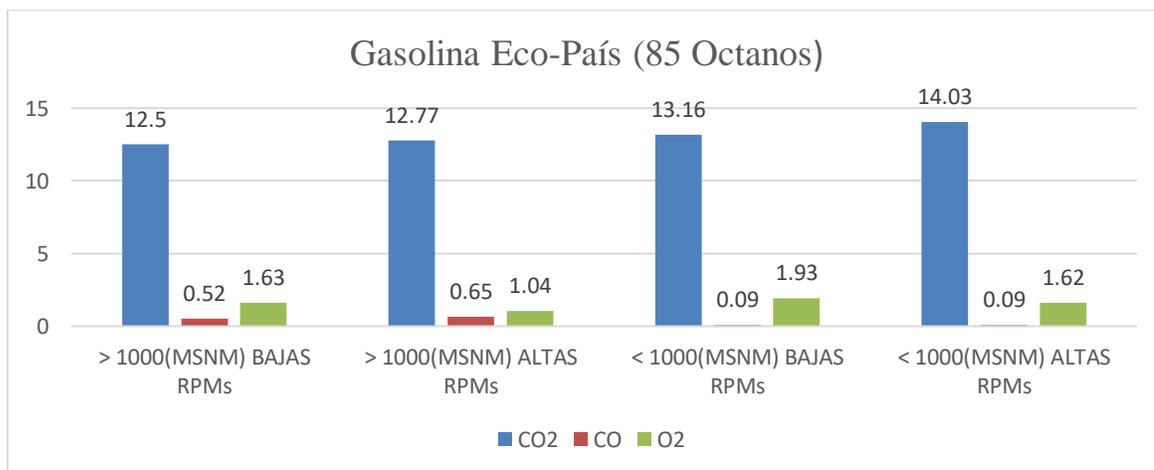
La emisión de monóxido de carbono disminuyó considerablemente después de la reparación de motor, tanto en revoluciones bajas como en revoluciones altas cómo se puede observar en la figura 33.

La emisión de oxígeno se redujo con respecto a la reparación del motor, el porcentaje obtenido de la medición se mantiene en el régimen adecuado para la circulación del vehículo. El factor de las revoluciones incide en la reducción ligera del porcentaje de emisión cuando los rpm son altas cómo se puede observar en la figura 33.

La emisión de hidrocarburos con respecto a la reparación del motor disminuyó de tal forma que el porcentaje de emisión está en el régimen adecuado para circular. Al respecto de altitud las partículas por millón son menores en el sector Bucay que se encuentra a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar como se muestra en la figura 34.

Figura 33.

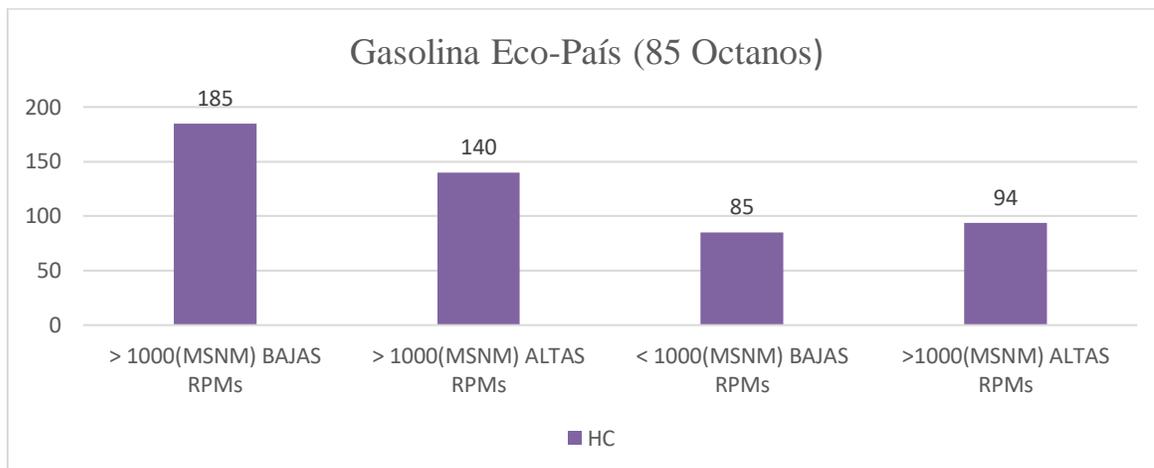
Porcentajes de emisión empleando gasolina eco-país con el motor reparado



Nota. Porcentajes de emisión de los gases: CO₂, CO y O₂ en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina eco-país después de reparar el motor.

Figura 34.

Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina eco-país con el motor reparado



Nota. Porcentaje de emisión de HC en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina eco-país después de reparar el motor.

3.9. Análisis de resultados empleando gasolina súper

3.9.1. Motor no reparado

La emisión de dióxido de carbono, es alta cuando el vehículo se encuentra a menor altura cómo se puede observar en la figura 35. Cuando los rpm aumentan, levemente el valor del porcentaje de emisión del CO₂ también lo hace.

La emisión de monóxido de carbono, se mantiene bajo el régimen adecuado para la circulación del vehículo y no tiene mayor cambio en referencia a la altitud cómo se puede observar en la figura 35.

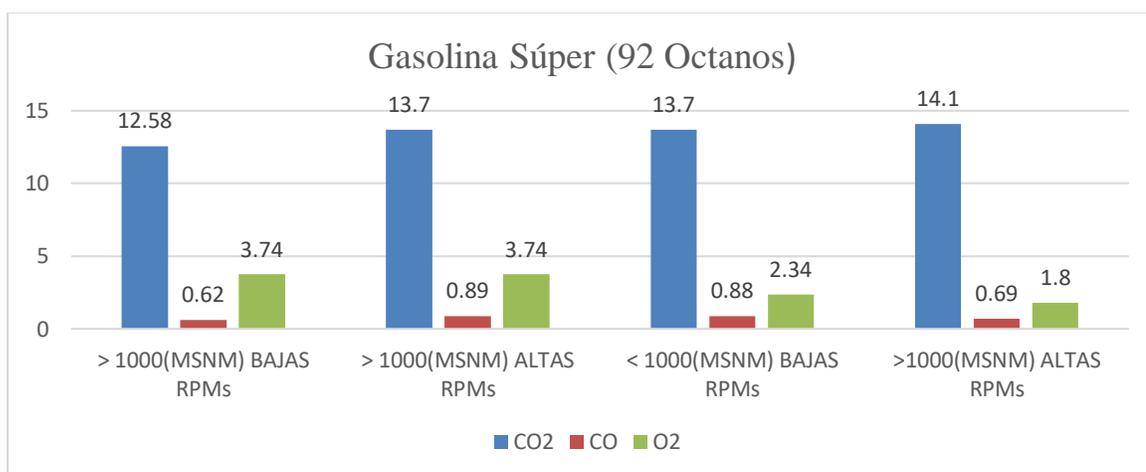
La emisión de oxígeno se encuentra bajo el régimen adecuado para la circulación del vehículo y se reduce con respecto a la altitud, cuando está en el sector

Bucay que se encuentra a menos de 1000 metros sobre nivel del mar el porcentaje de emisión de oxígeno es menor, cómo se puede observar en la figura 35.

La emisión de partículas por millón de hidrocarburos está en el régimen adecuado de circulación y cuando se encuentra a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar el índice de emisión es mucho menor cómo se puede observar en la figura 36.

Figura 35.

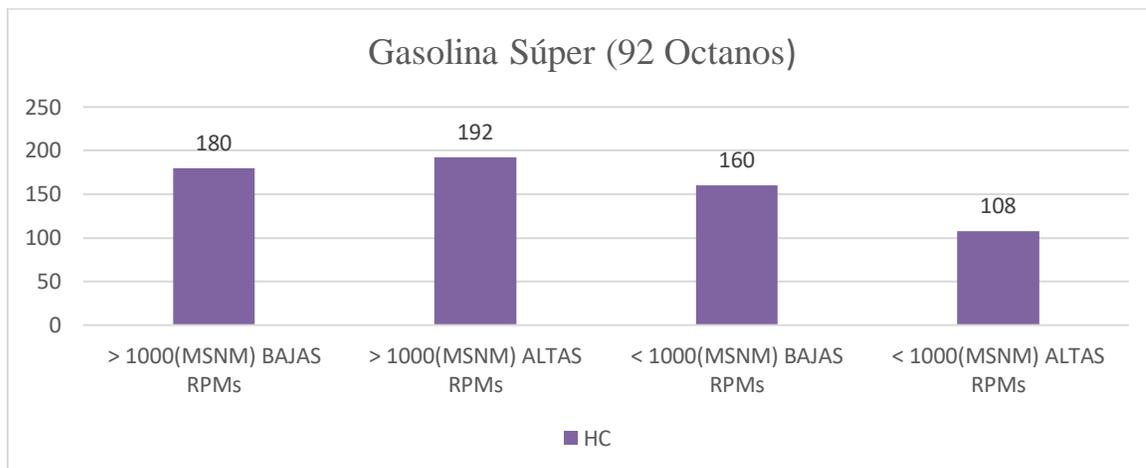
Porcentajes de emisión empleando gasolina súper con el motor no reparado



Nota. Porcentajes de emisión de los gases: CO₂, CO y O₂ en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina súper antes de reparar el motor.

Figura 36.

Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina súper con el motor no reparado



Nota. Porcentaje de emisión de HC en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina súper antes de reparar el motor.

3.9.2. Motor reparado

La emisión de dióxido de carbono, mejoró con respecto a la reparación del motor, los porcentajes obtenidos de la medición muestran valores adecuados para el correcto funcionamiento del motor, como se observa en la figura 37.

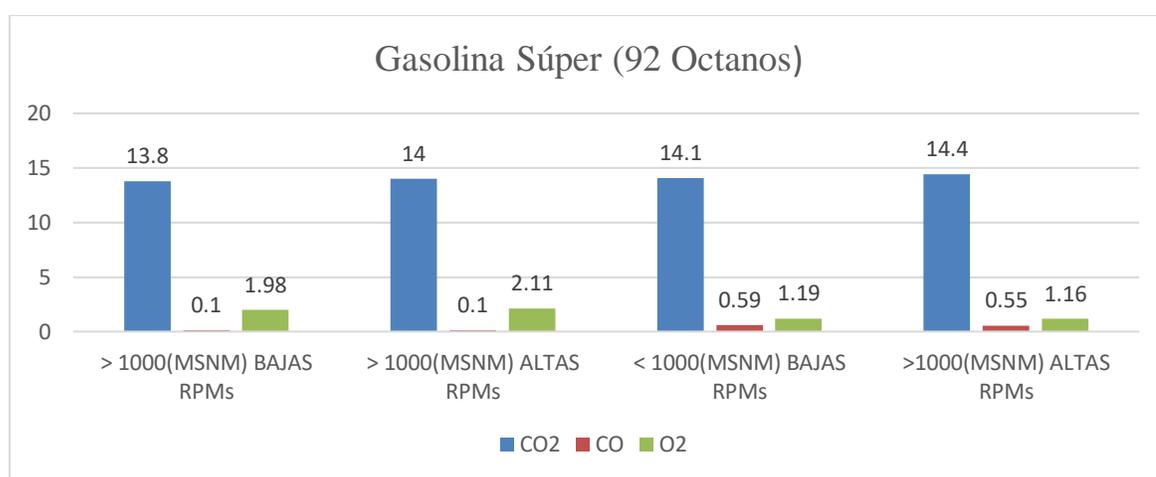
La emisión de monóxido de carbono, disminuyó después de la reparación del motor, teniendo porcentajes más bajos en la ciudad de Latacunga que se encuentra a más de 1000 metros sobre el nivel del mar cómo se puede observar en la figura 37.

El índice de emisión de oxígeno disminuyó con respecto a la reparación del motor, tanto en el sector de Bucay como en Latacunga como se puede observar en la figura 37.

La emisión de partículas por millón de hidrocarburos, disminuyó con respecto a la reparación de motor, los índices de emisión de HC son menores cuando el vehículo se encuentra en el sector Bucay a una altura menor a los 1000 metros sobre el nivel del mar, cómo se puede observar en la figura 38.

Figura 37.

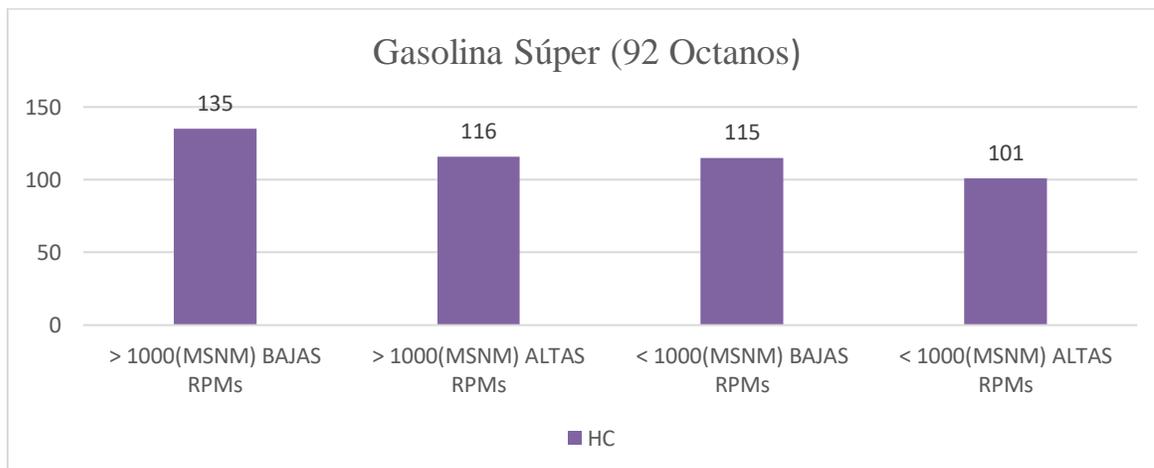
Porcentajes de emisión empleando gasolina súper con el motor reparado



Nota. Porcentajes de emisión de los gases: CO₂, CO y O₂ en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina súper después de reparar el motor.

Figura 38.

Porcentaje de emisión de hidrocarburos empleando gasolina súper con el motor reparado



Nota. Porcentaje de emisión de HC en función de la altitud y las revoluciones por minuto empleando gasolina súper después de reparar el motor.

3.10. Análisis de resultados

Las mediciones realizadas en el vehículo Chevrolet corsa evolution previo a reparar su motor, como después de hacerlo dejaron ver ciertas variaciones debido a los factores de calidad de combustible, revoluciones de motor y la altitud.

La Calidad de combustible: en función del nivel de octanaje de los combustibles que se expiden dentro del país, se puede decir que el mejor rendimiento del motor se dio utilizando la gasolina súper, que se considera la gasolina de mayor calidad en Ecuador, los índices de emisión de los gases eran menores a comparación de la gasolina extra y gasolina eco-país tanto antes como después de reparar el motor. La

gasolina extra y eco país, comparten el mismo número de octanos que es 85 por lo cual se pudo denotar que los valores obtenidos de las mediciones eran muy similares.

Altitud: es de conocimiento que cuando un vehículo se encuentra a mayor presión atmosférica su rendimiento es mejor, por lo cual el estudio en función de la altitud ayuda a reforzar esta idea ya que la emisión de dióxido de carbono que no es tóxica, pero da a conocer en qué estado se encuentra el motor y los porcentajes de emisión alcanzaban el valor adecuado cuando se encontraba a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar, lo que quiere decir que la presión atmosférica influye directamente en la emisión de dióxido de carbono. La emisión de oxígeno mayormente no tuvo gran afectación por el factor de la altitud, y su índice de contaminación se mantuvo en el régimen adecuado de circulación de igual manera con el monóxido de carbono. La cantidad de partículas por millón disminuye, conforme a la altitud lo que quiere decir que la presión atmosférica influye directamente en emisión de hidrocarburos, como se puede observar en la tabla 11 y 12.

Revoluciones del motor: la emisión de monóxido de carbono y de oxígeno, tendía a variar levemente cuando las revoluciones del motor se elevaban, mayormente la emisión de dióxido de carbono se veía más afectada por esta condición, incrementando su porcentaje de emisión conforme las revoluciones aumentaron, como se muestran los valores en la tabla 11 y 12.

Teniendo en cuenta que la reparación del motor del vehículo Chevrolet corsa evolution se realizó, enfocada sólo en aspectos mecánicos y no en otros como eléctricos y electrónicos se puede decir que el factor o la condición, que es más determinante en la variación de los porcentajes de emisión de los gases escape fue la calidad del combustible.

Tabla. 11.

Resultados de la medición de los gases de escape antes y después de reparar el motor del vehículo Chevrolet Corsa a más de 1000 msnm.

Interpretación de resultados > 1000 msnm					
Emisiones	Octanaje	Motor no reparado		Motor reparado	
		Bajas rpm	Altas rpm	Bajas rpm	Altas rpm
CO₂ %	85	8.70	10.40	12.10	12.70
	92	12.58	13.70	13.80	14.00
CO %	85	0.39	0.67	0.54	0.67
	92	0.62	0.89	0.10	0.10
O₂ %	85	4.44	3.09	1.67	1.06
	92	3.74	3.74	1.98	2.11
HC ppm	85	243	252	187	140
	92	180	192	135	116

Nota. Los resultados de esta tabla muestran los porcentajes de las mediciones tomadas en la ciudad de Latacunga empleando gasolina súper y extra.

Tabla 12.

Resultados de la medición de los gases de escape antes y después de reparar el motor del vehículo Chevrolet Corsa a menos de 1000 msnm.

Interpretación de resultados < 1000 msnm					
Emisiones	Octanaje	Motor no reparado		Motor reparado	
		Bajas rpm	Altas rpm	Bajas rpm	Altas rpm
CO₂ %	85	12.19	13.21	13.16	14.03
	92	13.70	14.10	14.10	14.40
CO %	85	0.65	0.71	0.09	0.09
	92	0.88	0.69	0.59	0.55
O₂ %	85	3.14	1.15	1.93	1.62
	92	2.34	1.80	1.19	1.16
HC ppm	85	194	194	85	94
	92	160	108	115	101

Nota. Los resultados de esta tabla muestran los porcentajes de las mediciones tomadas en el sector Bucay empleando gasolina súper y eco-país.

Capítulo IV

4. Conclusiones y recordaciones

4.1. Conclusiones

En esta tesis se analizó, la emisión de gases contaminantes en un vehículo Chevrolet corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros utilizando gasolina de diferente calidad antes y después de la reparación del motor porque, la contaminación vehicular es un problema agravante para la sociedad de hoy en día y entender cuáles son los factores, que generan un incremento en los porcentajes de emisión de gases contaminantes en los motores de combustión, interna ayudará reducir el índice de contaminación.

- En esta tesis se investigó, acerca de las normativas que regulan el límite de emisiones contaminantes de gases por vehículos con motores a gasolina en el país porque, es importante conocer cuáles son las restricciones que dictan las autoridades correspondientes con respecto a las emisiones contaminantes.
- Se seleccionó, el equipo adecuado que permitió la realización del análisis de emisiones de gases de escape en el vehículo corsa evolution con motor de cilindraje 1.8 litros, bajo las diferentes condiciones que llegan influir en los resultados de la medición.
- En esta tesis se midieron, los porcentajes de emisión de los gases de escape del vehículo Chevrolet corsa, bajo diferentes condiciones de altitud, empleando los tres tipos de gasolinas que se expiden en el país antes y después de reparar el motor porque, de esta manera se pudo

entender acerca del comportamiento, que tienen las emisiones contaminantes provenientes del parque automotriz en el país.

- En este estudio se comprobó, que los valores que se obtuvieron de la medición de los gases de escape estén bajo los límites permisibles de emisiones contaminantes que estipulan las normas, tanto antes como después de reparar el motor, porque es importante que los vehículos que circulan por las calles del país, se mantengan dentro del régimen de control de emisiones establecido.
- Se realizó un análisis del efecto que tiene la calidad de la gasolina, con respecto a los valores que se obtuvieron de la medición de los gases de escape, del vehículo Chevrolet corsa, porque es importante determinar la influencia que tiene el combustible en la emisión de gases contaminantes.
- En esta tesis se realizó un estudio, de los resultados de incidencia que tiene el factor de la altitud, con respecto a los porcentajes de emisiones de los gases contaminantes en el vehículo Chevrolet corsa, porque la presión atmosférica tiende a influir en el funcionamiento del motor por ende este factor, también influyó en los índices de gases contaminantes.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar el mantenimiento del motor en los tiempos que establece el fabricante del vehículo, esto ayudará a que el funcionamiento del motor sea el correcto y que por ende el índice de emisiones contaminantes disminuya.

- Se sugiere que para realizar las mediciones empleando el analizador de gases se siga los pasos indicados por el fabricante del equipo, para evitar que se provoquen fallas y daños o se disminuya el tiempo de vida útil de la herramienta.
- Se recomienda utilizar el combustible de mejor octanaje, para el motor de su vehículo, porque de esta manera se está ayudando a disminuir la emisión de gases contaminantes y también mejorando el rendimiento del vehículo.
- Se sugiere que se haga un análisis de la composición de los combustibles, antes de realizar un estudio de emisión de gases contaminantes en un mismo vehículo, para comprobar si están de acuerdo con las normas establecidas como lo indica la ley.

Bibliografía

- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2015). *Definición de*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de <https://definicion.de/octanaje/>
- Autozinternacional. (29 de marzo de 2013). *Autozulia.com*. Recuperado el 9 de junio de 2021, de <https://autozulia.com/mezcla-estequiometrica/>
- Ayuda revisión técnica. (19 de julio de 2020). *Ayuda revision tecnica*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de ayuda revision tecnica: <https://ayudarevisiontecnica.cl/que-gases-analiza-el-analizador-de-gases/>
- Blancarte, J. (03 de enero de 2011). *Autocosmos*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de autocosmos: <https://noticias.autocosmos.com.pe/2011/01/03/cuales-son-los-gases-contaminantes-mas-comunes-que-emiten-los-autos>
- Blog.idea. (S.F.). *Hheurísticas*. Obtenido de <https://blog.idea.cl/disenio/heuristicas-nielsen-parte1/>
- Compra total. (16 de abril de 2016). *Compra total*. Recuperado el 26 de junio de 2021, de compra total: <https://www.compratotal.com/collections/analizadores-de-gases>
- Conserva tu coche. (12 de abril de 2016). *Conserva tu coche*. Recuperado el 5 de julio de 2021, de conserva tu coche: <https://www.conservatucoche.com/es/blog/humo-negro-al-acelerar-n11>
- Fidalgo, R. (13 de agosto de 2018). *Autocasión*. Recuperado el 8 de junio de 2021, de autocasión: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-es-el-adblue-como-funciona-y-para-que-sirve>
- George y Mark, I. (1998-2021). *Metaforas por la que vivimos*. *nn/g*.

Globaltech.LA. (10 de noviembre de 2018). *Globaltech.LA*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de globaltech.la: <https://globaltechla.com/product/analisis-de-gases/>

i.e.s. sierra de guara. (2017). *i.e.s. sierra de guara*. recuperado el 7 de junio de 2021, de i.e.s. sierra de guara:

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/mezclas%20y%20gases%20de%20escape/combustion_mezcla.pdf

Infotaller.TV. (13 de mayo de 2021). *Infotaller.TV*. recuperado el 12 de junio de 2021, de infotaller.tv: https://www.infotaller.tv/electromecanica/funcionan-sensores-oxigeno-tipos_0_1546645371.html

Ingenieria y Mecanica automotriz. (20 de enero de 2020). *Ingenieria y mecanica automotriz*. Recuperado el 8 de junio de 2021, de ingenieria y mecanica automotriz: <https://www.ingenieriymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-oxigeno-y-cual-es-su-funcion/>

Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Sánchez, C. A. (2006). *Scielo*. Recuperado el 12 de junio de 2021, de scielo: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0718-07642006000500005&lng=n&nrm=iso

Lira, I. G. (1999). *Hidráulica & termofluidos*. 5,6. Recuperado el 5 de junio de 2021, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/hidraulica_mecanica/1999_n1/impacto.htm#arriba

- Martín, J. (8 de julio de 2019). *Motorpasion*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de motorpasion: <https://www.motorpasion.com/revision/funcionamiento-motor-combustion-paso-a-paso-video>
- Mitchell, J. (21 de julio de 2017). *Puro motores*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de puro motores: <https://www.puromotores.com/13175279/tipos-de-analizadores-de-gases-de-combustion>
- Motor giga. (7 de septiembre de 2011). *Motor giga*. Recuperado el 9 de junio de 2021, de motor giga: <https://diccionario.motorgiga.com/catalizador>
- Mundo del motor. (27 de septiembre de 2017). *Mundo del motor*. Recuperado el 8 de junio de 2021, de mundo del motor: <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-escape/>
- Pashma Pacheco, A. D., & Toscano Sandoval, I. F. (17 de marzo de 2019). *repositorio digital uide*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de repositorio digital uide: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3080/1/t-uide-1130.pdf>
- Planas, O. (8 de junio de 2016). *Energía solar. net*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de energía solar. net: <https://solar-energia.net/energias-no-renovables/combustibles-fosiles>
- Portillo, G. (2018). *Renovables verdes*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de renovables verdes: <https://www.renovablesverdes.com/combustibles-fosiles/>
- Revista auto crash. (9 de mayo de 2019). *Auto crash*. Recuperado el 12 de junio de 2021, de auto crash: <https://www.revistaautocrash.com/que-son-las-normas-euro-y-por-que-evolucionan/>

- Rojas, R. (29 de agosto de 2019). *Escapes mendoza*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de escapes mendoza: <http://www.escapesmendoza.cl/blog/author/admin-blog/>
- Roldán, I. F. (24 de julio de 2019). *Ecologíaverde*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de ecologíaverde: <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html>
- Servicio ecuatoriano de normalización. (6 de diciembre de 2016). *Servicio ecuatoriano de normalización*. Recuperado el 15 de junio de 2021, de servicio ecuatoriano de normalización: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
- Stalin, Q. T. (10 de agosto de 2016). *Repositorio institucional de la universidad de las fuerzas armadas espe*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de repositorio institucional de la universidad de las fuerzas armadas espe: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11770/t-espel-mai-0554.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Transporte.doblevia. (15 de septiembre de 2020). *Transporte.doblevia*. Recuperado el 12 de junio de 2021, de transporte.doblevia: <https://transporte.doblevia.org/normas-de-emisiones-euro/>
- Young, P. (21 de julio de 2017). *Puro motores*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de puro motores: <https://www.puromotores.com/13175478/tipos-de-catalizadores-en-los-automoviles>

ANEXOS