



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

### **TEMA:**

**IMPACTO AMBIENTAL DE LA VARIACIÓN DEL OCTANAJE DE LA GASOLINA EN UN MOTOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA CON CONVERTIDOR CATALÍTICO.**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en la especialidad de  
Mantenimiento Automotriz

**AUTOR: PULE CALDERÓN LUIS FRED**

**DIRECTOR: ING. CARLOS SEGOVIA**

Ibarra, 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100327470-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Pule Calderón Luis Fred		
<b>DIRECCIÓN:</b>	San Isidro, Juan Montalvo Y 10 de Agosto		
<b>EMAIL:</b>	lfredpulec16@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	974 - 123	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0990496354

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Impacto Ambiental de la Variación del Octanaje de la Gasolina en un Motor a Inyección Electrónica con Convertidor Catalítico.
<b>AUTOR (ES):</b>	Pule Calderón Luis Fred
<b>FECHA:</b>	2015/12/20
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Segovia Troya Carlos Marcelo

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Fred Pule Calderón, con cédula de identidad Nro. 100327470-9, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra de trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días del mes de diciembre de 2015

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Luis Fred Pule Calderón



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Luid Fred Pule Calderón, con cédula de identidad Nro. 100327470-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: Impacto ambiental de la variación del octanaje de la gasolina en un motor a inyección electrónica con convertidor catalítico, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 20 días del mes de diciembre de 2015

(Firma).....

Nombre: Luis Fred Pule Calderón

Cédula: 100327470-9

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Director de Trabajo de Grado sobre el tema: Impacto ambiental de la variación del octanaje de la gasolina en un motor a inyección electrónica con convertidor catalítico. Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Pule Calderón Luis Fred, egresado de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos Técnicos y Científicos acorde a lo establecido por la Universidad Técnica del Norte.



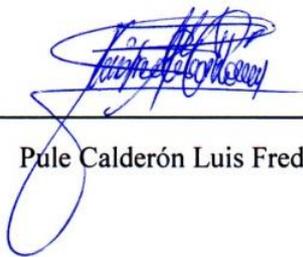
---

Ing. Carlos Segovia  
DIRECTOR DE PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo, Pule Calderón Luis Fred, declaro que el trabajo realizado es de mi autoría; mismo que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que parte de la información ha sido consultada de referencias bibliográficas que se adjuntan al final de este documento.

La Universidad Técnica del Norte puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa vigente.



---

Pule Calderón Luis Fred

## **DEDICATORIA**

El amor de familia, es el mejor abrigo para sembrar la esperanza, seguridad y confianza, Dios me ha bendecido con un hogar en el que crecido con amor.

Este trabajo dedico al esfuerzo, dedicación, guía y apoyo de mis padres, que con profundo amor en mi diario caminar, supieron darme el mejor ejemplo de honradez, perseverancia y responsabilidad que me ha permitido alcanzar la presente meta.

Luis Fred

## **AGRADECIMIENTO**

Extiendo mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por haberme brindado la oportunidad de formarme y culminar mis estudios profesionales dentro de sus aulas, de la misma manera, a cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por compartir sus conocimientos en cada clase. Agradecer de manera especial al Ingeniero Carlos Segovia por guiarme durante todo este proceso.

Luis Fred

## RESUMEN

En la actualidad, los índices de contaminación se han ido incrementando, por ello, los gobiernos se han visto obligados a adoptar varias restricciones en relación al tema ambiental. El mayor aporte para dicho incremento, es proporcionado por la quema de combustible fósiles, esto, debido a que el principal medio de transporte utilizado en todo el mundo, es el automóvil. Uno de los principales inconvenientes con los combustibles, es que no todos los países disponen de la misma calidad de combustible, siendo responsables de ello las distintas refinerías del planeta encargadas de ese trabajo. El número de octanos de un combustible indica la calidad del mismo, entre mayor sea este valor, se dirá que el combustible es de mejor calidad; con ello la contaminación generada al medio ambiente tendrá un menor impacto. La gasolina es un tipo de combustible, generalmente utilizado para el funcionamiento en motores de combustión interna. Durante el desarrollo de este trabajo se emplearán cuatro muestras de gasolina, dos locales y dos del país vecino de Colombia, determinando con ello cuál de estas muestras tiene un mayor y menor impacto al medio ambiente, a pesar del bajo índice de octano con el que cuentan las gasolinas colombianas se puede evidenciar que el nivel de monóxido de carbono se encuentra por debajo del límite establecido, los niveles de emisiones de las gasolinas ecuatorianas son inferiores a las gasolinas colombianas esto se debe principalmente por el número de octanos que influye en el rendimiento del motor y por lo tanto en las emisiones, el caso de las gasolinas ecuatorianas también se registró una disminución del porcentaje de oxígeno, debido al aumento del régimen del motor sin embargo, hay que mencionar que al contar con mayor octanaje el porcentaje de oxígeno presente en las emisiones es mucho mayor que el registrado por las gasolinas colombianas, De todas las emisiones producidas tras la combustión en el interior del motor, son tres los gases emitidos que deben ser tratados por su alta toxicidad, estos son: el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos (HC), con el fin de controlar el índice contaminante generado por los vehículos los fabricantes se vieron en la obligación de implementar sistemas dispositivos que ayuden a reducir dichas emisiones, con el afán de desarrollar motores menos contaminantes, los fabricantes decidieron utilizar un convertidor catalítico, que es encargado en tratar los gases resultantes de la combustión antes de que salga a la atmósfera.

## SUMMARY

Today, pollution levels have been increasing, therefore, governments have been forced to take various restriction in relation to environmental issues. The biggest contribution for this increase is by burning fossil fuel, that is because the principal means of transportation around the world is the automobile. One of the major drawbacks with fuel is that not all countries have the same quality of fuel, different refineries from this planet are responsible of this work. The octane number of fuel indicates its quality, as higher this value is, it is said, that the fuel is of better quality, thus the environmental generated pollution will have less impact. Gasoline is a fuel type generally used for operation in internal combustion engines. During the development of this work, four samples of gasoline will be used, two local and two from the neighboring country of Colombia, thereby determining which of these samples have a higher or lower impact on the environment, despite the low octane Colombian gasoline has, it can be demonstrated that the level of carbon monoxide is below of the limit, the emission levels of Ecuadorian gasoline are lower than Colombian gasoline, this is mainly due to the octane number, that affects performance motor and thus emissions; in the case of Ecuadorian gasoline also has a decrease in the percentage of oxygen, due to has been increased, engine however it must be mentioned that having higher octane, the percentage of oxygen present, in the emissions is much higher than the recorded by Colombian gasoline of all the emissions after combustion inside the engine, three emitted gases have to be treated for their high toxicity, these are: carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NOx) and hydrocarbons (HC), in order to control the pollution index generated by vehicles, manufactures were obligated to implement systems devices that help to reduce these emissions, with the aim to develop cleaner engines, manufactures decided to use a catalytic converter, which is treating the resulting gases from combustion before it goes into the atmosphere.



## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	ii
CERTIFICACIÓN .....	vii
DECLARACIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Planteamiento del problema .....	4
1.3 Formulación del problema .....	4
1.4 Delimitación .....	5
1.4.1 Espacial .....	5
1.4.2 Temporal .....	5
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 General .....	5
1.5.2 Específicos .....	5
1.6 Justificación .....	6
CAPÍTULO II .....	7
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 El combustible .....	7
2.1.1 La calidad del combustible en Ecuador .....	7
2.1.2 La calidad del combustible en Colombia .....	8
2.1.3 La gasolina .....	9
2.1.4 Aditivos ecológicos .....	14

2.1.5	Combustibles alternativos .....	15
2.1.6	Funcionamiento del motor en relación al octanaje del combustible.....	16
2.1.7	Motores a inyección electrónica .....	17
2.1.8	Efecto de la altitud durante el proceso de combustión.....	21
2.1.9	Toxicidad de los gases de escape .....	22
2.1.10	Convertidor catalítico.....	27
2.1.11	Ahorro de combustible.....	30
2.1.12	Impacto ambiental.....	31
2.1.13	Derrame de combustible. ....	32
2.1.14	Efectos de la gasolina con plomo.....	33
2.1.15	Calidad del aire en Ecuador .....	34
2.1.16	Analizador gases. ....	35
2.1.17	Límites de emisiones permitidas en Ecuador.....	37
CAPÍTULO III .....		39
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.1	Tipo de investigación .....	39
3.2	Métodos.....	39
3.2.1	Analítico – sintético .....	39
3.2.2	Deductivo - Inductivo .....	40
3.2.3	Método experimental .....	400
3.3	Técnicas e instrumentos .....	400
3.3.1	Pruebas de funcionamiento .....	400
3.3.2	Simulación de funcionamiento .....	411
3.3.3	Motor a inyección con convertidor catalítico .....	411
3.3.4	Muestras de gasolina.....	41
3.3.5	Instrumentos.....	411
3.3.6	Analizador de gases .....	411
CAPÍTULO IV .....		42
4.	PROPUESTA ALTERNATIVA .....	42
4.1	Fundamentación tecnológica .....	42
4.2	Especificaciones.....	43
4.2.1	Resultados .....	47

4.2.2	Monóxido de carbono (CO).....	47
4.2.3	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	54
4.2.4	Hidrocarburos (HC) .....	62
4.2.5	Oxígeno (O <sub>2</sub> ) .....	70
4.2.6	Factor lambda.....	77
4.2.7	Óxidos de nitrógeno (Nox) .....	85
4.2.8	Síntesis .....	85
CAPÍTULO VI.....		87
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
5.1	Conclusiones .....	87
5.2	Recomendaciones .....	89
BIBLIOGRAFÍA .....		90
ANEXOS .....		922

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido promedio oxigenado (% peso) en las muestras de gasolina-etanol. ...	15
Tabla 2. Casos registrados de infecciones respiratorias en el Ecuador. ....	34
Tabla 3. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina (prueba estática). ....	37
Tabla 4. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor a gasolina (prueba dinámica). ....	38
Tabla 5. Resultados del monóxido de carbono con gasolinas Colombianas 800 rpm.....	47
Tabla 6. Resultados del monóxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas A 800 rpm. .	48
Tabla 7. Consolidación de datos de CO a un régimen de 800 rpm. ....	49
Tabla 8. Resultados del monóxido de carbono con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm.	51
Tabla 9. Resultados del monóxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm.	52
Tabla 10. Consolidación de datos de CO a un régimen de 2 500 rpm. ....	52
Tabla 11. Resultados de CO emitidos por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm. ....	53
Tabla 12. Resultados del dióxido de carbono con gasolinas Colombianas a 800 rpm.....	55
Tabla 13. Resultados del dióxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	56
Tabla 14. Consolidación de datos de CO <sub>2</sub> a un régimen de 800 rpm. ....	57
Tabla 15. Resultados del dióxido de carbono con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm....	58
Tabla 16. Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm.....	59
Tabla 17. Consolidación de datos de CO <sub>2</sub> a un régimen de 2 500 rpm. ....	60
Tabla 18. Resultados de CO <sub>2</sub> emitidos por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm. ....	61
Tabla 19. Resultados de hidrocarburos con gasolinas Colombianas.....	63
Tabla 20. Resultados de hidrocarburos con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	64
Tabla 21. Consolidación de datos de HC a un régimen de 800 rpm. ....	65
Tabla 22. Resultados de hidrocarburos con gasolinas Colombianas a 2500 rpm.....	66
Tabla 23. Resultados de hidrocarburos con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. ....	67
Tabla 24. Consolidación de datos de HC a un régimen de 2 500 rpm. ....	68
Tabla 25. Resultados de HC emitidos por las cuatro muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.....	69
Tabla 26. Resultados del oxígeno con gasolinas Colombianas a 800 rpm.....	70
Tabla 27. Resultados del oxígeno con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	71
Tabla 28. Consolidación de datos de O <sub>2</sub> a un régimen de 800 rpm. ....	72
Tabla 29. Resultados del oxígeno con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm.....	73
Tabla 30. Resultados del oxígeno con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. ....	74

Tabla 31. Consolidación de datos de O <sub>2</sub> a un régimen de 2 500 rpm. ....	75
Tabla 32. Resultados de O <sub>2</sub> emitidos por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm. ....	76
Tabla 33. Resultados del factor lambda con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	78
Tabla 34. Consolidación de datos del factor lambda a un régimen de 800 rpm. ....	79
Tabla 35. Resultados del factor lambda con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm. ....	80
Tabla 36. Resultados del factor lambda con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. ....	81
Tabla 37. Consolidación de datos del factor lambda a un régimen de 2 500 rpm. ....	82
Tabla 38. Valore del factor lambda registrado por las 4 muestras a 800 y 2 500 rpm. ....	83
Tabla 39. Resultados de las pruebas en base a normas INEN. ....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena del octano y n-heptano .....	10
Figura 2. Curvas de destilación .....	14
Figura 3. Motor con sistema de inyección electrónica .....	17
Figura 4. Tipos de inyección. ....	18
Figura 5. Componentes del sistema de inyección de un motor .....	19
Figura 6. Elementos controlados por la ECU .....	20
Figura 7. Riel de inyectores .....	20
Figura 8. Efecto de la altitud sobre la presión atmosférica. ....	21
Figura 9. Efecto de la altitud sobre la fracción molar del oxígeno.....	21
Figura 10. Fracción molar de oxígeno para Quito a una altura de 2 810 msnm es 0,202 .	22
Figura 11. Efecto invernadero .....	23
Figura 12. Monóxido de carbono. ....	24
Figura 13. Óxidos de nitrógeno. ....	25
Figura 14. Metano. ....	26
Figura 15. Dióxido de azufre .....	26
Figura 16. Catalizador de tres vías. ....	27
Figura 17. Partes de un catalizador.....	28
Figura 18. Esquema de procesos químicos que se producen en un catalizador de 3 vías ..	29
Figura 19. Catalizador oxidante.....	30
Figura 20. Estructura de la propuesta .....	42
Figura 21. Motor de chevrolet sail.....	44
Figura 22. Especificaciones técnicas del analizador de gases. ....	44
Figura 23. Analizador de gases Brain BEE AGS 688. ....	46
Figura 24. Porcentaje del monóxido de carbono con gasolinas Colombianas a 800 rpm. .	48
Figura 25. Porcentaje del monóxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm...	49
Figura 26. Emisiones de CO de las cuatro muestras A 800 RPM. ....	50
Figura 27. Emisiones de CO con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm.....	51
Figura 28. Porcentaje del monóxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 2500 rpm.	52
Figura 29. Emisiones de CO de las cuatro muestras a 2 500 rpm. ....	53
Figura 30. Resultados de las emisiones de CO de las 4 muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.	54
Figura 31. Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas Colombianas a 800 rpm. ....	55
Figura 32. Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm.....	56

Figura 33. Emisiones de CO <sub>2</sub> de las cuatro muestras a 800 rpm. ....	57
Figura 34. Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas Colombianas a 2500 rpm. ...	59
Figura 35. Resultados del dióxido de carbono con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. .	60
Figura 36. Emisiones de CO <sub>2</sub> de las cuatro muestras a 2 500 rpm. ....	61
Figura 37. Resultado de las emisiones de CO <sub>2</sub> de las 4 muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.	62
Figura 38. Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas Colombianas a 800 rpm. ....	63
Figura 39. Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	64
Figura 40. Emisiones de HC de las cuatro muestras a 800 rpm. ....	65
Figura 41. Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm. ....	66
Figura 42. Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. ....	67
Figura 43. Emisiones de HC de las cuatro muestras a 2 500 rpm. ....	68
Figura 44. Resultado de las emisiones de HC de las 4 muestras a 800rpm y 2 500 rpm. ...	69
Figura 45. Porcentaje del oxígeno con gasolinas Colombianas a 800 rpm. ....	70
Figura 46. Porcentaje del oxígeno con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	71
Figura 47. Emisiones de O <sub>2</sub> de las cuatro muestras a 800 rpm. ....	72
Figura 48. Porcentaje del oxígeno con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm. ....	74
Figura 49. Porcentaje del oxígeno con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. ....	75
Figura 50. Emisiones de O <sub>2</sub> de las cuatro muestras a 2 500 rpm. ....	76
Figura 51. Resultado de las emisiones de O <sub>2</sub> de las 4 muestras a 800 rpm y 2 500 rpm. ...	77
Figura 52. Factor lambda con gasolinas Colombianas a 800 rpm. ....	78
Figura 53. Factor lambda con gasolinas Ecuatorianas a 800 rpm. ....	79
Figura 54. Factor lambda resultante de las cuatro muestras a 800 rpm. ....	80
Figura 55. Factor lambda con gasolinas Colombianas a 2 500 rpm. ....	81
Figura 56. Factor lambda con gasolinas Ecuatorianas a 2 500 rpm. ....	82
Figura 57. Factor lambda resultante de las cuatro muestras a 2 500 rpm. ....	83
Figura 58. Valor del factor lambda de las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm. ....	84
Figura 59. Muestras de gasolina Colombiana. ....	93
Figura 60. Finalización de la prueba de estanqueidad. ....	93
Figura 61. Equipo analizador de gases con su sonda, pre-filtro, trampa de agua. ....	94
Figura 62. Prueba de estanqueidad realizada por el analizador de gases. ....	94
Figura 63. Oficio de solicitud del equipo analizador de gases. ....	95

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de vehículos dentro de una ciudad disponen de un motor a gasolina, dicho motor no es más que una máquina termodinámica formada por un conjunto de piezas y mecanismos fijos y móviles.

La producción de gasolina de bajo octanaje por parte de las refinerías, hace que los sistemas de inyección electrónica y elementos como el catalizador no cumplan con su función, ya que no van a trabajar bajo las condiciones para las que fueron diseñados.

El principal objetivo del presente estudio, radica en determinar la importancia del número de octanos de un combustible, verificando el impacto que puede ocasionar la quema de un combustible con un bajo número de octanos.

Al mismo tiempo, se considera como una investigación bibliográfica, ya que requiere de información proveniente de documentos, en donde se indiquen aspectos como la variación del impacto ambiental en relación al número de octanos de un combustible, de igual manera, es considerada como una investigación científica, esto, debido a que durante su desarrollo se realiza el análisis de datos generados por las pruebas que se llevan a cabo con varias muestras de gasolina en un motor con catalizador mediante un analizador de gases

Durante el desarrollo se emplearán cuatro muestras de gasolina, cada una de ellas presenta un distinto número de octanos. Las emisiones generadas con cada muestra serán sometidas a un analizador de gases, para determinar cómo incide el octanaje de un combustible en el impacto ambiental durante la quema de combustibles fósiles.

De los resultados en el análisis experimental con gasolina extra ecuatoriana y colombiana de 87 octanos, se determina que la gasolina ecuatoriana permite un mejor rendimiento del motor, al mismo tiempo que sus niveles de emisiones fueron menores.

Con 81 y 87 octanos la gasolina colombiana corriente y extra respectivamente; presenta mayor presencia de gases contaminantes que la gasolina ecuatoriana, que posee mayor octanaje y menor contaminante, con los siguientes porcentajes de contaminación:

Al final se podrá concluir cuáles son los beneficios de utilizar un combustible de mejor calidad. Cada usuario de un vehículo de combustión interna debería exigirlo, ya que además de disminuir la contaminación ambiental, otro de los beneficios que ellos reciben directamente, se da en la prolongación del mantenimiento al motor de su vehículo.

## CAPÍTULO I

### 1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

Dentro del área automotriz, en los últimos años se ha evidenciado un considerable adelanto tecnológico en varios apartados, como es el caso de la seguridad, rendimiento, confort, entre otros.

La mayoría de vehículos dentro de una ciudad disponen de un motor a gasolina, dicho motor no es más que una máquina termodinámica formada por un conjunto de piezas y mecanismos fijos y móviles, cuya función principal es transformar la energía generada químicamente por la combustión entre un carburante (gasolina) y un comburente (oxígeno), en energía mecánica.

A pesar de encontrar en el mercado automotriz, vehículos que emplean energías renovables para su funcionamiento, aún la gran mayoría de automóviles cuentan con un sistema de inyección, siendo el combustible más usado la gasolina. El sistema de alimentación por inyección electrónica fue introducido en Europa en el año 1990, esto, debido al interés en reducir los niveles de contaminación.

El tema ambiental hoy en día es de mucha importancia, es por ello que los sistemas del vehículo se han visto modificados en unos casos y en otros se han incorporado nuevos elementos como es el caso del catalizador, este elemento ocasiona modificaciones químicas a los gases de escape antes de que estos salgan hacia el medio ambiente, dichas modificaciones ayudan a reducir la proporción de los gases nocivos formados durante el proceso de combustión. La gasolina sin plomo va de la mano del catalizador, reduciendo con ello los niveles contaminantes. Dentro de los sistemas de inyección, la ECU controla con gran precisión la proporción de combustible y aire empleados durante el

funcionamiento del motor, la finalidad de ellos, es conseguir que toda la proporción asignada se combustione en su totalidad, evitando con ello que partículas sólidas salgan a la atmósfera.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El impacto medio ambiental generado por las emisiones resultantes de la combustión abarca a la gran mayoría del sector automotriz, siendo este para movilidad particular, de grandes masas e inclusive de materia prima.

La producción de gasolina de bajo octanaje por parte de las refinerías, hace que los sistemas de inyección electrónica y elementos como el catalizador no cumplan con su función, ya que no van a trabajar bajo las condiciones para las que fueron diseñados.

El número de octanos de un combustible, indica la calidad del mismo y la capacidad que este tiene para evitar el auto-detonación dentro del motor. Esto depende básicamente de la tecnología empleada en las refinerías, abarcando el aspecto tecnológico en materia de refinación y procesos petroquímicos.

Dentro de un motor, el régimen de compresión que alcanza la mezcla es generalmente de 8 a 1. Cuando la mezcla se auto enciende antes de que la bujía suministre la chispa, se produce una explosión a destiempo, siendo esto cuando el pistón aún no ha completado su carrera, con ello se ocasionan mayores daños para el motor además de los sonidos y vibraciones relacionadas con estas detonaciones. La importancia de un combustible de alto octanaje, no radica únicamente en los beneficios medio ambientales, sino también, para el motor y su rendimiento, evitando con ello mayores daños en los componentes del mismo motor.

## **1.3 Formulación del problema**

¿Cuál sería el octanaje más adecuado para que un combustible ocasione el menor impacto ambiental?

## **1.4 Delimitación**

### **1.4.1 Espacial**

El presente trabajo de grado será desarrollado en un taller automotriz de la ciudad de Ibarra.

### **1.4.2 Temporal**

El desarrollo del presente trabajo de grado será llevado a cabo a partir del mes de Febrero de 2015 y terminará en el mes de Marzo de 2016.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 General**

Impacto Ambiental de la Variación del Octanaje de la Gasolina en un Motor a Inyección Electrónica con Convertidor Catalítico.

### **1.5.2 Específicos**

1. Investigar las consecuencias ocasionadas al utilizar gasolinas de distinto octanaje en motores a inyección.
2. Adquirir muestras de gasolinas locales y del vecino país de Colombia con distinto octanaje.
3. Realizar pruebas en un motor a inyección electrónica que disponga de un convertidor catalítico mediante un analizador de gases.
4. Desarrollar un informe en donde se analice los resultados generados durante el desarrollo de las pruebas con las muestras de gasolina.

5. Determinar el octanaje idóneo que debería tener un combustible para generar el menor impacto ambiental.

## **1.6 Justificación**

El presente trabajo tiene como finalidad demostrar que los combustibles de calidad (alto octanaje) ocasionan un menor impacto medio ambiental. Las empresas deben invertir en la tecnología de sus refinerías para ofrecer al usuario un combustible de calidad, de igual manera este último debería exigirlo. Con ello se generarían mayores recursos económicos, el vehículo de cada usuario se vería menos afectado, lo que le conlleva a realizar menos gastos en cuanto a reparaciones y lo más importante, con el uso de combustibles de mayor calidad se ocasionará un menor impacto al medio ambiente.

Las pruebas que a continuación se detallan, demostrarán cómo es posible reducir la contaminación ambiental resultante del uso de combustibles fósiles, para ello, se emplearán cuatro muestras de gasolina. Cada muestra tiene diferente octanaje, esto permitirá verificar cuál de ellas resulta más perjudicial, tanto, para el medio ambiente como para el mismo motor del vehículo.

Sin lugar a duda la muestra con mayor octanaje será la que menos contaminación genere, sin embargo, el valor de este combustible siempre es el más alto, pese a ello, el motor de un vehículo tendrá un mejor desempeño y su tiempo antes del mantenimiento se prolongará, además del beneficio al planeta.

## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO TEORICO**

#### **2.1 El combustible**

La calidad de un combustible es medido en relación a su grado de octanos, sin embargo, además de indicar su calidad, da a conocer la capacidad de consumo del combustible; es decir, en el caso de una gasolina con mayor grado de octanos, mejorará la potencia y rendimiento de un motor y al mismo tiempo el consumo de combustible se verá aminorado.

Petroecuador, (2015), menciona que a finales del año 2011, se presentaron las primeras importaciones de gasolina de 95 octanos, esta, fue mezclada y procesada en las refinerías del país con la gasolina que se tenía anteriormente, con ello, se consiguió mejorar el octanaje de las gasolinas presentes en el mercado, así pues, la gasolina extra paso de 81 a 87 octanos, mientras que la gasolina súper pasó de 90 a 92 octanos.

(Ecopetrol, 2011), menciona que a principios del presente año, se comercializará en las distribuidoras de combustible, la segunda generación de gasolina verde, en donde se destaca el aumento del número de octanos, es así, que la gasolina corriente pasó de 78 a 83 octanos, mientras que la gasolina extra subió de 81 a 87 octanos. Los beneficios de la gasolina con mayor octanaje son notables, además, por cada mil metros sobre el nivel del mar, se obtiene una ganancia que varía de 2 a 3 unidades de octano, esto se debe principalmente por la menor densidad que presenta el oxígeno en la atmósfera.

##### **2.1.1 La calidad del combustible en Ecuador**

La gasolina comercializada en el Ecuador hasta el año 2011 tenía un octanaje de 81 octanos para la gasolina extra y de 87 octanos para la gasolina súper. Hasta la presente

fecha el número de octanos de las gasolinas ha aumentado, teniendo actualmente 90 octanos en la gasolina extra y 92 en la súper. El incremento en el número de octanos ayuda al rendimiento y potencia de un motor, además de disminuir el consumo de combustible y prolongar el lapso de tiempo de mantenimiento.

A pesar de ello, la gasolina comercializada en Ecuador no deja de ser contaminante, debido a que aún produce emisiones de azufre, pero no todo es negativo, porque en relación a la anterior gasolina, el porcentaje de azufre se ha reducido de 2000 ppm a tan solo 600 ppm, encontrándose dicha reducción a menos del 50 % de su antecesora.

El gobierno ha manifestado que se desarrollarán programas que ayuden al mejoramiento de la calidad de los combustibles, con ello se pretende dar cumplimiento a las normas de calidad EURO 5.

Esto indica el porcentaje de biogasolina, de las gasolinas ecuatorianas. Un nuevo tipo de gasolina denominada ecológica se está comercializando en nuestro país. Se trata de gasolina extra mezclada con 5% de etanol anhidro. Se apuesta a los biocombustible como parte de una estrategia de revolución productiva sostenible y con miras a diversificar la matriz energética.

En el diario El Mercurio, (2010) se publica que “dentro de los beneficios que se espera de la venta de esta gasolina es la reducción de un 15% en las importaciones de nafta de alto octanaje, mejorar la calidad del combustible reduciendo aromáticos, benceno, azufre, olefinas; obtener un combustible aditivo que mantiene el sistema de inyección y carburación de los vehículos limpios; así como mejorar la calidad del aire reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>”

### **2.1.2 La calidad del combustible en Colombia**

La gasolina comercializada en Colombia hasta el año 2013, tenía un octanaje de 78 para la gasolina corriente y de 83 para la extra. En la actualidad el octanaje comercializado aumento, siendo este de 81 octanos para la gasolina corriente y de 87 para la extra. Sin embargo el déficit de este combustible es evidente dentro del país, además representa un

inconveniente para los usuarios, debido a que el precio de la gasolina es elevado. Debido a los inconvenientes presentados con este combustible, es fácil evidenciar que la calidad del mismo no se mantiene.

La mayoría de usuarios opta por la gasolina corriente debido al costo de la misma, sin embargo, inconscientemente se está provocando daños al motor del vehículo, lo ideal sería crear una cultura de optar por la gasolina requerida por el tipo de motor que disponga un determinado vehículo.

Según Duque, (2010) “la comercialización de biogasolina en Colombia a partir del día 1. ° de noviembre de 2005. La biogasolina (gasohol o mezcla E10) es una mezcla que contiene 90% de gasolina y 10% de etanol en volumen”. El etanol se origina a partir de la fermentación natural, luego de extraer los jugos de cultivos como la caña de azúcar, el maíz, el trigo o la yuca.

La biogasolina se presenta como una alternativa para reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente que producen las grandes ciudades debido a la quema de combustibles fósiles en el sector del transporte. Duque, (2010) , explica que “sin embargo, en la literatura científica especializada la evidencia de efectos ambientales favorables por el uso de gasolina oxigenada con un 10% de etanol es escasa”. Por el contrario, hay gran controversia a nivel mundial acerca del uso de este combustible modificado.

En este trabajo se hace una extensa revisión científica en la que se muestra que la mezcla etanol-gasolina presenta cuestionables beneficios ambientales ya que puede incrementar la producción de contaminantes altamente tóxicos y smog fotoquímico, ofrece pocos beneficios en cuanto a reducciones de gases de efecto invernadero y sostenibilidad ambiental, además de incrementar el riesgo de la contaminación

### **2.1.3 La gasolina**

La gasolina es un tipo de combustible, generalmente utilizado para el funcionamiento en motores de combustión interna. Es una mezcla de cadenas de hidrocarburos de cinco a nueve átomos de carbono de relativa volatilidad. Es obtenida del petróleo por destilación

fraccionada. Es conocida en algunos países bajo el nombre de nafta o bencina. Tiene una densidad de 760 g/L.

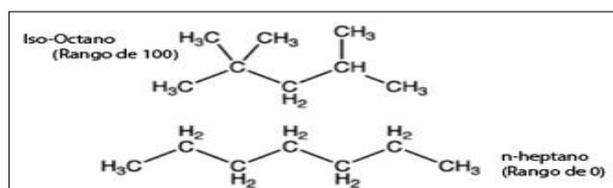
### ***Características***

En la actualidad este tipo de combustible debe cumplir varias condiciones, de entre ellas, se destacan dos: permitirle funcionar adecuadamente a un motor de combustión interna y ocasionar el menor impacto al medio ambiente.

Otra de las principales características de la gasolina, es su número de octanos (MON: Motor Octane Number, RON: Research Octane Number y/o su promedio PON: Pump Octane Number), este particular indica la resistencia presentada por el combustible para producir auto-detonaciones al interior de la cámara de combustión.

### ***Origen del nombre octanaje***

Los hidrocarburos que forman parte de la gasolina tienen moléculas de diferente tamaño como los heptanos (7 carbonos), octanos (8 carbonos), nonanos (9 carbonos) y así sucesivamente.



**Figura 1.** Cadena del octano y n-heptano

**Fuente:** (Ecopetrol, 2011)

La gasolina se conforma por octano, ya que este, soporta altas compresiones sin ocasionar una auto-ignición. Así por ejemplo, la gasolina de 87 octanos está conformada por 87 % de octano y 13 % de heptano, siendo este último variable.

### ***Número de octanos***

El número de octanos recibe varios nombres, entre ellos están: grados de octano e índice de octano, sin embargo, es más común “octanaje”. Esta característica es de mucha

importancia en un combustible, puesto que es la que indica la presión y temperatura a la que un combustible mezclado con oxígeno, puede ser sometido sin que este se auto-detone, previo a alcanzar su temperatura de ignición.

El número de octanos depende de la relación de compresión de un motor. Al disponer del número adecuado de octanos se evita la auto-detonación, consiguiendo con ello una ignición homogénea en toda la cámara.

Un combustible que exceda el número de octanos requeridos por el motor, no ofrecerá mayores beneficios, por el contrario, representará un mayor costo para el usuario, al igual que un aumento en la contaminación al medio ambiente.

Por otro lado, cuando se utiliza gasolina de bajo octanaje, se presentan auto-detonaciones, trayendo consigo un mal funcionamiento y bajo rendimiento del motor, además de que dichas auto-detonaciones ocasionan daños prematuros en los elementos del motor.

Con la finalidad de mejorar la calidad de los combustibles, se han implementado nuevas tecnologías de refinación, procesos como el reformado catalítico, la isomerización, entre otros, todo ello, eleva el número de octanos sin la necesidad de añadir aditivos.

Con esto prácticamente se ha desplazado el tetra-etilo de plomo, contribuyendo también con estándares ambientales.

### ***Número de octanos comercial***

El octanaje que manejan los países a nivel mundial, tiene cierta variación, esto principalmente porque el parque automotor es distinto y como ya se había mencionado, esta característica va en relación a los requerimientos de un motor (vehículos comerciales y de gama alta). Para determinar la capacidad antidetonante de la gasolina, se llevan a cabo dos pruebas en un motor, con ello se obtienen dos parámetros:

- RON. Esta prueba se efectúa a un régimen de 600 rpm, con un entrada de aire a una temperatura de alrededor de 52 °C.

- MON. Esta prueba se lleva a cabo a un régimen de 900 rpm, con una entrada de aire a una temperatura de 149 °C.

Para establecer el número de octanos comercial es necesario aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Número de octano comercial} = \text{RON} + \text{MON} = R + M$$

### ***Escala de octanaje***

Para determinar la capacidad anti-detonante de la gasolina se utiliza una escala arbitraria de número de octanos, dicha escala dada a los hidrocarburos tiene dos apartados: iso-octano que tiene un máximo índice de octano de 100 (gasolina poco detonante), y n-heptano con un índice mínimo de octano de 0 (gasolina propensa a la auto-detonación).

Las pruebas son llevadas a cabo en un motor especial de un solo cilindro, en este, se aumenta progresivamente la compresión hasta que se manifiesten las detonaciones, luego de ello se elabora una mezcla de iso-octano con una determinada cantidad de n-heptano, esta mezcla tendrá el número de octanos adecuados en relación a la prueba realizada para evitar auto-detonaciones.

### ***Poder calorífico***

Es la capacidad que tiene un combustible para ceder calor mediante una reacción ideal de oxidación. La reacción de los hidrocarburos con el oxígeno genera vapor de agua y CO<sub>2</sub>. Dentro de la termodinámica, es posible definirlo como la diferencia de entalpías estándar de formación de los productos menos la de los reactivos, cuando T=25°C. Además indica la cantidad de energía que teóricamente se puede obtener una determinada cantidad de combustible.

### ***Poder calorífico inferior (PCI)***

Es la cantidad de calor generado teóricamente por la combustión completa de una unidad de volumen del combustible sin que el vapor de agua se condense.

### ***Poder calorífico superior (PCS)***

A diferencia del anterior, en este caso el vapor de agua se condensa, al condensarse se desprende una cantidad de energía lo cual lo diferencia de su similar.

### ***Densidad específica***

Se define como la relación entre la masa del combustible y el volumen que ocupa bajo condiciones de referencia, tanto de presión como de temperatura.

### ***Densidad relativa***

Es la relación existente entre la densidad específica de un combustible y el peso específico de un elemento de referencia. Para elementos sólidos y líquidos el elemento de referencia es el agua (1000 kg/m<sup>3</sup>) y en el caso de los gases es el aire (1,293 kg/m<sup>3</sup>).

### ***Punto de inflamación***

Se considera aquella temperatura a la cual, una mezcla entre un carburante y un comburente entran en reacción. La temperatura juega un papel muy importante ya que de ella depende una correcta ignición, pero también puede ser la causante de daños en ciertos componentes del motor.

### ***Volatilidad***

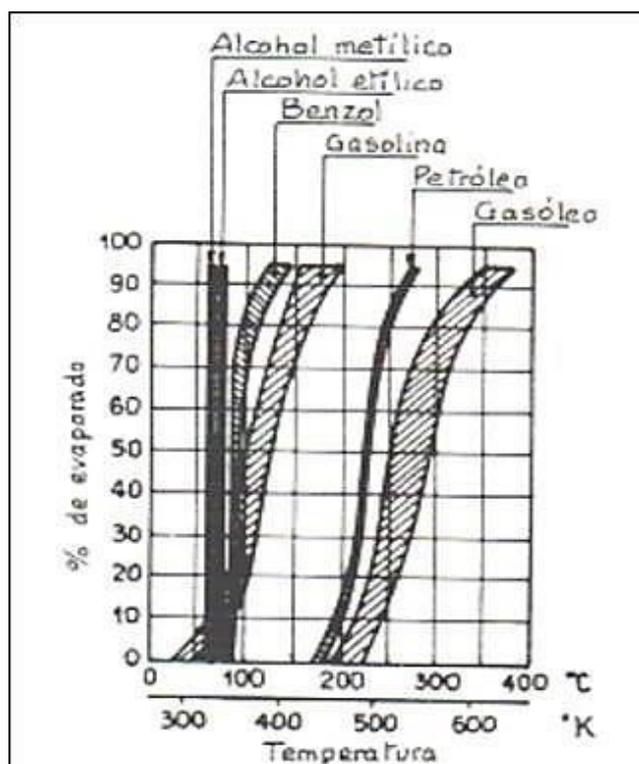
Se mide de igual manera que la presión de vapor, la cual tiene un valor de 0,7 – 0,85 mmHg. Indica indirectamente el contenido de los componentes volátiles que brinden la seguridad de un producto mientras se almacena o transporta. La volatilidad de los combustibles es equilibrada, es decir que sus componentes se destilan de igual manera bajo altas o bajas temperaturas.

### ***Curva de destilación***

Se relaciona con la composición de la gasolina, su volatilidad y su presión de vapor. El 10% de destilación a una temperatura de inferior a 70 °C, asegura la presencia de componentes volátiles que facilitan el arranque en frío.

A un 50% de destilación con una temperatura de 140 °C, se consigue la volatilidad correcta y la máxima potencia durante la aceleración.

A un 90% y punto final de destilación y una temperatura inferior a 190 y 225°C respectivamente, permite evitar dilución del aire y se garantiza un adecuado rendimiento del combustible.



**Figura 2** Curvas de destilación

Fuente: (Cataluña, 2009)

#### 2.1.4 Aditivos ecológicos

Dentro del desarrollo de una gasolina de mayor calidad, se vio en la necesidad de suprimir una de los aditivos que mejoraba el octanaje del combustible, como es el caso del tetra-etilo de plomo, siendo este último altamente tóxico, afectando al medio ambiente y al mismo ser humano.

Se han desarrollado nuevos aditivos oxigenados, también conocidos como ecológicos. Dentro de estos tenemos: el Metil-Ter-Éter (MTBE), el Ter-Amil-Metil-Éter (TAME) y el Etil-Teer-Butil-Éter (ETBE). Al añadir estos aditivos a la gasolina se aumenta su número

de octanos, además de proporcionar una mayor oxigenación, la cual se ve reflejada directamente en una combustión más completa y en un mejor rendimiento del motor.

Los aditivos más utilizados son el MTBE y el TAME, esto ya que poseen un alto valor de octano, una baja presión de vapor y sobre todo una alta disponibilidad. Para su elaboración se emplea el metanol, butano, butilenos, isobutilenos e isoamileno, estos elementos son materia prima dentro del proceso de refinación, por lo que representa una ventaja económica.

**Tabla 1.** Contenido promedio oxigenados (% peso) en las muestras de Gasolina-Etanol.

Tipo de oxigenado	0% EtOH		10% vol. EtOH		15% vol. EtOH	
	Magna	Premium	Magna	Premium	Magna	Premium
ETBE <sup>1</sup>	<0.1	0.2±0.0	<0.1	0.2±0.0	<0.1	<0.1
EtOH <sup>2</sup>	<0.1	<0.1	9.8±0.2	11.3±0.1	15.1±1.0	16.1±0.3
MTBE <sup>3</sup>	10.5±0.1	17.9±0.0	9.7±0.1	16.0±0.0	9.6±0.8	15.2±0.1
tBa <sup>4</sup>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Oxígeno total experimental	1.9±0.0	3.3±0.0	5.2±0.1	6.8±0.1	7.0±0.5	8.4±0.1
Oxígeno total teórico	1.9±0.0	3.3±0.0	5.2±0.1	6.9±0.1	7.0±0.5	8.4±0.1

<sup>1</sup>Etil ter-butil éter, <sup>2</sup>Etanol, <sup>3</sup>Metil ter-butil éter, <sup>4</sup>Ter-butil alcohol

Fuente:(Hernández P, Domínguez A, Caballero P., 2011)

### 2.1.5 Combustibles alternativos

En la actualidad, factores como la contaminación ambiental y el avance tecnológico, han permitido que las opciones energéticas posibles de emplear para el funcionamiento de los medios de transporte se incrementen y se encuentren en desarrollo, todas ellas para reemplazar a un combustible en específico o a todos en general. Dentro de estas opciones tenemos:

- Etanol.

- Metanol.
- Butanol.
- Gas natural.
- Biodiesel.
- Hidrógeno.
- Electricidad.

### **2.1.6 Funcionamiento del motor en relación al octanaje del combustible**

El rango de compresión de un motor varía según el modelo del mismo, generalmente se encuentran en un rango que va de 9:1 a 13:1, e incluso por encima de este último. Aquellos motores de alta compresión requieren una gasolina cuyo octanaje este por encima de los 87 octanos.

Para obtener un mejor rendimiento del motor, menor consumo de combustible, menor contaminación y menor daño a los elementos del mismo motor; intervienen dos aspectos que van de la mano, la alta relación de compresión de un motor y un combustible con alto número de octanos.

Disponer de una alta compresión en un motor, requiere que el combustible permita ser comprimido a altas presiones, sin que este, auto-igniciones. Es ahí donde el octanaje juega un papel indispensable.

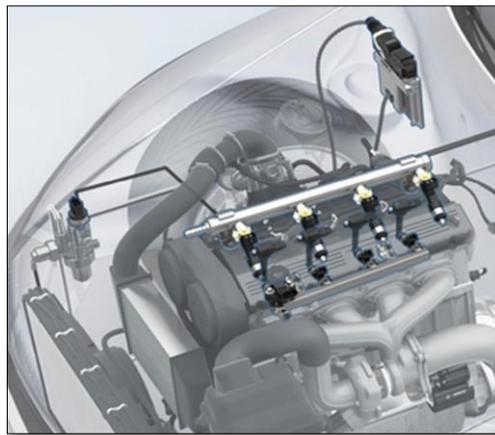
#### ***Gasolina de alto o bajo octanaje***

Aquellos vehículos de gama alta son generalmente de alta compresión, y en ese caso, el uso de una gasolina de alto octanaje es recomendación del fabricante para el óptimo desempeño del motor. Usar gasolina de bajo octanaje en estos motores ocasiona cascabeleo, que no es más que detonaciones anticipadas del combustible, esto provocaría daños y pérdida de potencia. En el caso de que el vehículo no sea de alto desempeño, invertir en gasolina de alto octanaje resultaría una mala inversión porque esta no va a influir en el rendimiento del motor (ni aumento de la potencia y tampoco ahorro de

combustible), es ahí cuando se recomienda el uso de gasolina de bajo octanaje, ya que con ella el motor no tendrá inconveniente alguno para funcionar.

### 2.1.7 Motores a inyección electrónica

Su principal diferencia en relación a los motores de carburador, es que se integra un sistema de inyección controlado por una ECU, esta es la encargada de controlar el factor lambda, el consumo de combustible y las emisiones hacia la atmósfera.



**Figura 3.** Motor con sistema de inyección electrónica  
**Fuente:** (Bosch, 2010)

La proporción de la mezcla carburante–comburente, va en relación de las condiciones a las que se encuentre trabajando el motor. En conjunto con el sistema de inyección operan varios sensores ubicados en todo el motor, mismos que envían información hacia la ECU para que sea esta la encargada de asignar una dosificación adecuada de combustible. Al inicio de la implementación de este sistema, los motores eran equipados con el sistema monopunto, es decir que el sistema trabajaba con un solo inyector para todos los cilindros; sin embargo, hoy en día son pocos los vehículos con este sistema, ya que para mejorarlo, se implementó un sistema multipunto el cual tiene un inyector por cada cilindro del motor.

#### *Funcionamiento del sistema de inyección*

El funcionamiento del sistema de inyección se basa en la información recolectada por los sensores, misma que es procesada por la ECU. La medición del caudal y temperatura

del aire aspirado por el motor en relación de la posición del acelerador, ello determinará la cantidad adecuada de combustible, incluyendo en ello el régimen del motor.

Además el sistema de alimentación debe suministrar combustible a una presión de 2,5 bares a 3,5 bares hasta los inyectores, para ello se requiere de una bomba eléctrica ubicada en el depósito.

Dentro de la información procesada también se encuentra la temperatura del refrigerante, el estado de carga en los motores turboalimentados, cantidad de oxígeno presente en los gases de escape, todos son procesados por la Unidad Electrónica de Control, resultando en señales transmitidas a los actuadores que permiten el óptimo funcionamiento del motor.

Una de las opciones que permite el sistema de inyección, es que facilita realizar un diagnóstico mediante aparatos externos como un scanner, elementos como este se conectan a esta unidad y le informa al técnico si algún elemento no está trabajando adecuadamente, esto es posible mediante los DTC (Diagnostic Trouble Codes), o también conocidos como códigos de falla.

Generalmente los daños ocasionados en los sensores, conllevan a su reemplazo ya que por lo general repararlos sería un riesgo para el usuario, indistintamente del sensor que haya sufrido un daño.

### ***Tipos de inyección***

Existen dos tipos de inyección, estos son:



**Figura 4.** Tipos de inyección.

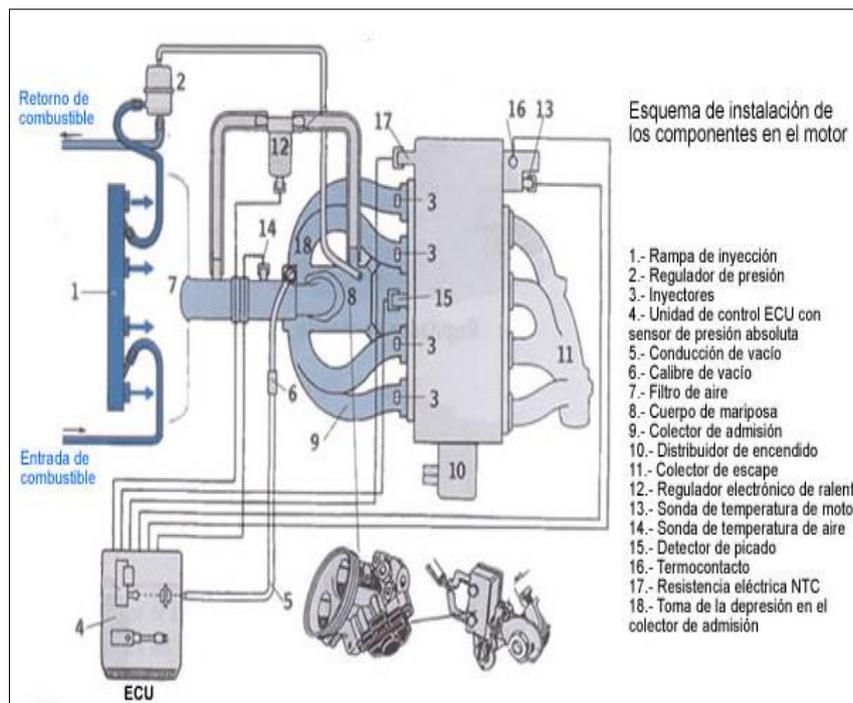
Fuente: (Bosch, 2010)

**Indirecta.** La inyección indirecta tiene lugar generalmente en el sistema monopunto, sin embargo también está presente en el sistema multipunto, en este caso el combustible es pulverizado en el múltiple de admisión o en una pre-cámara especial. En el caso de los motores a diésel, el combustible es inyectado en una pre-cámara.

**Directa.** La inyección directa tiene lugar en los sistemas multipunto, en este caso la cabeza del inyector se ubica dentro de la cámara de combustión y es ahí donde se inyecta directamente el combustible pulverizado.

### *Partes del sistema de inyección*

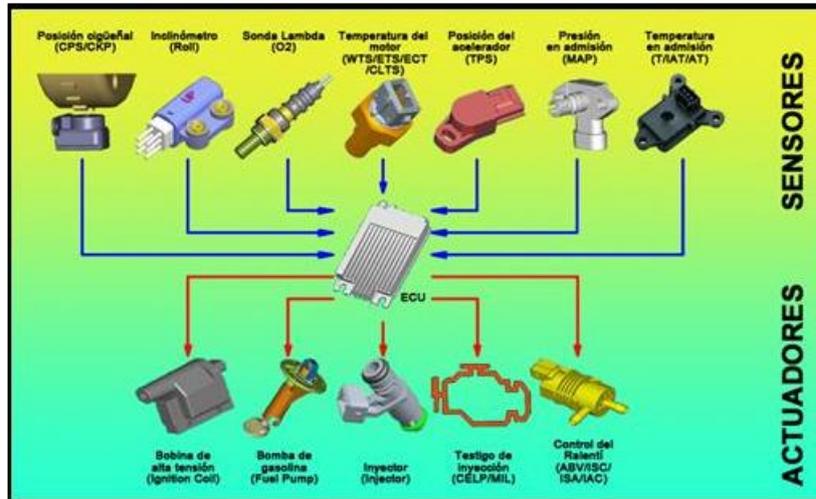
Los principales componentes que forman parte del sistema de inyección son:



**Figura 5.** Componentes del sistema de inyección de un motor

**Fuente:** (Bosch, 2010)

**ECU.** Es la unidad electrónica de control, su principal función es recibir la información proporcionada por los sensores para procesarla y enviar señales hasta los actuadores.



**Figura 6.** Elementos controlados por la ECU  
Fuente: (Cuadra, 2014)

**Sensores.** Tienen como función recibir información y enviarla a la ECU. Dentro de los sensores más importantes del motor están: MAP, MAF, IAT, KS, TPS, CKP, APP, entre otros.



**Figura 7.** Riel de inyectores  
Fuente: (Bosch, 2011)

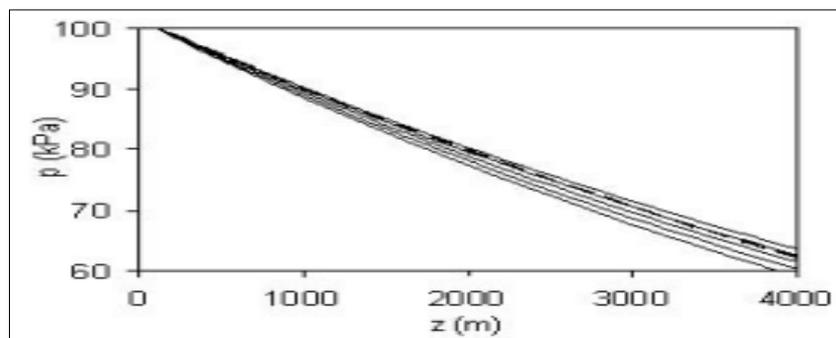
**Riel de inyectores.** Su función es recibir el combustible proveniente del depósito y mantenerlo a una determinada presión, antes de que ingresen a cada uno de los inyectores. Además de existir una sobrepresión, este riel dispone de una válvula diseñada para que la presión al interior del riel sea la adecuada.

**Actuadores.** Los actuadores son aquellos encargados de ejecutar ciertas acciones de gran importancia, entre ellos se destacan los inyectores, los cuales se encargan de pulverizar el combustible e inyectarlo. Son controlados por la ECU.

### 2.1.8 Efecto de la altitud durante el proceso de combustión

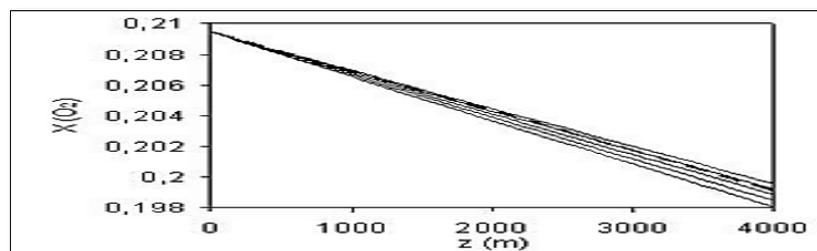
(Herrera J., 2012), menciona que al disminuir la presión y la temperatura atmosférica, la densidad del aire y su composición se ve afectada. Al variar la densidad, el rendimiento del motor se ve afectado debido a que cuenta con un sistema de alimentación volumétrico.

Tanto la densidad como la concentración de oxígeno afectan a los fenómenos locales que intervienen durante el proceso de combustión y durante la formación de emisiones contaminantes.

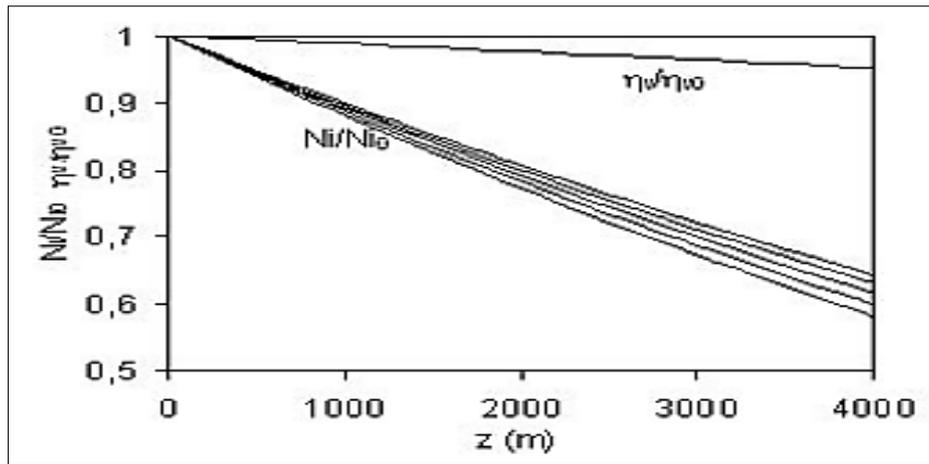


**Figura 8.** Efecto de la altitud sobre la presión atmosférica  
Fuente: (Herrera, 2012)

A continuación se pueden apreciar los efectos ocasionados por la altitud sobre la presión atmosférica, el oxígeno, el rendimiento y potencia de un motor de combustión.



**Figura 9.** Efecto de la altitud sobre la fracción molar del oxígeno.  
Fuente: (Herrera, 2012)



**Figura 10.** Fracción molar de oxígeno para Quito a una altura de 2 810 msnm es de 0,202  
**Fuente:** (Herrera, 2012)

En base a la figura 10, se tiene que para Quito, ciudad ubicada a 2 810 msnm, se tendrá un rendimiento volumétrico de 0,97 y una potencia efectiva máxima de 0,75.

### 2.1.9 Toxicidad de los gases de escape

Como producto resultante del proceso de combustión de una mezcla aire/combustible, se producen gases tóxicos que resultan nocivos para el ser humano y también para el medio ambiente.

Durante el proceso de combustión se generan las siguientes sustancias tóxicas: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, hollín, sustancias cancerígenas, compuestos de azufre y de plomo. Además los motores de combustión interna son responsables de otras sustancias tóxicas, como es el caso de los gases del cárter y la evaporación del combustible, todos ellos emitidos hacia la atmósfera.

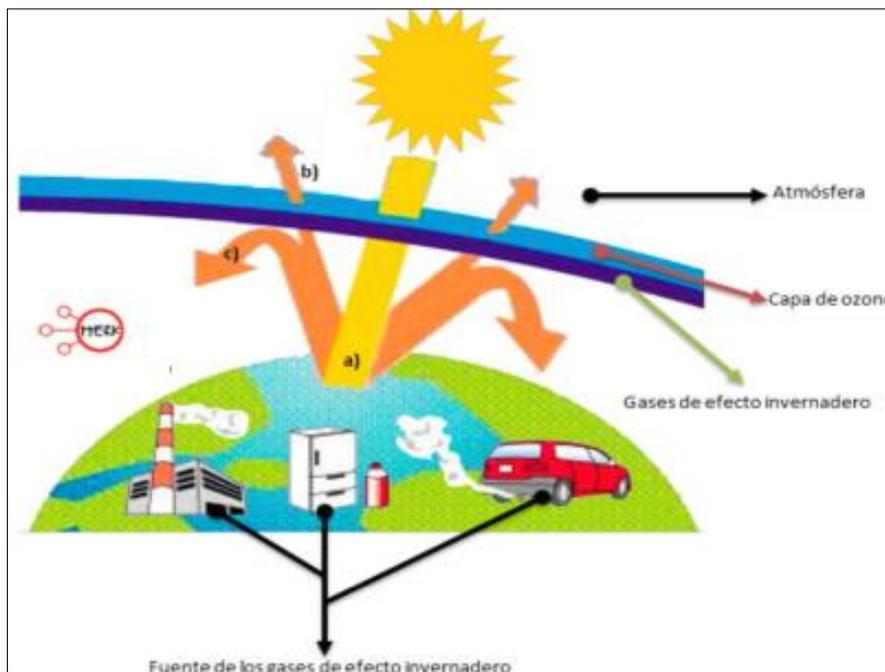
#### *Emisiones*

Dentro de las principales emisiones generadas por un motor de combustión interna, tenemos:

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** Su unidad de medida es el porcentaje de volumen. Se genera al quemar combustibles compuestos de carbono.

La cantidad de CO<sub>2</sub> emitidos en los gases de escape es directamente proporcional al consumo de combustible. Para disminuir la generación de ellos, se requiere de un menor consumo de combustibles fósiles.

Este gas es responsable del efecto invernadero, causante del calentamiento global y es por eso la preocupación en reducir las emisiones de este gas. Cuando se tiene un valor por debajo del 12 % se dice que la combustión fue mala, ocasionada por una mala mezcla o un encendido defectuoso.



**Figura 11.** Efecto invernadero

Fuente: (Vásquez, 2015)

**Vapor de agua (H<sub>2</sub>O).** En este caso el hidrógeno de la gasolina entra en reacción con el oxígeno del aire para formar vapor de agua.

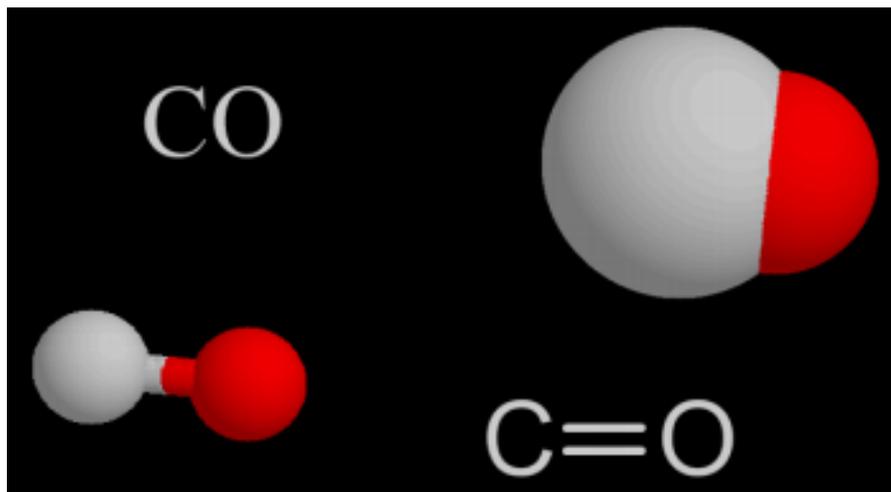
Sin embargo, estas emisiones en bajas cantidades podrían ser consideradas no contaminantes, pese a ello, la elevada generación de CO<sub>2</sub> de la mano de los motores de combustión interna, le ha permitido ser uno de los principales responsables del calentamiento global.

(Vásquez D., 2015), menciona que los siguientes gases, son los responsables de ocasionar daños en el medio ambiente:

**Monóxido de carbono (CO).** Su unidad de medida es el porcentaje en volumen. Se produce al existir poca presencia de oxígeno al interior de la cámara de combustión, por lo tanto la oxidación completa del carbono no se lleva a cabo.

Este gas depende de la relación aire/combustible, no tiene olor y tampoco color. Es altamente tóxico debido a su alta compatibilidad con la hemoglobina presente en la sangre, reduce la oxidación de los tejidos celulares. Si el porcentaje de la carboxihemoglobina en la sangre, supera el 50 %, el cuerpo humano no asimila el oxígeno provocando muerte por asfixia.

El porcentaje del monóxido de carbono se verá disminuido si la mezcla contiene mayor cantidad de oxígeno. Otro de los casos para reducir la cantidad de CO, sería la homogeneidad de la mezcla aire/combustible.



**Figura 12.** Monóxido de carbono

**Fuente:** (Vásquez D., 2015)

**Óxidos de nitrógeno (NOx).** Se considera que el 78 % del aire es nitrógeno. No reacciona con este a temperaturas normales, sin embargo cuando se lleva a cabo el proceso de combustión donde hay altas temperaturas y presiones, se produce una reacción de la cual se forma monóxido de nitrógeno.

Una vez que sale por el múltiple de escape reacciona con el oxígeno y forma dióxido de nitrógeno. Estos son gases estables y se les conoce como NOx. Al encontrarse en altas concentraciones en el ambiente pueden ocasionar molestias en el aparato respiratorio, llegando a ocasionar la muerte.



**Figura 13.** Óxidos de nitrógeno

Fuente: (Vásquez D., 2015)

El factor principal que incrementa el NO<sub>x</sub> es la temperatura durante la combustión, ya que cuanto mayor sea esta, el NO<sub>x</sub> se incrementará. Por lo tanto, es posible afirmar que la relación de la mezcla aire/combustible y el ángulo de encendido son factores que intervienen directamente en la formación del NO<sub>x</sub>.

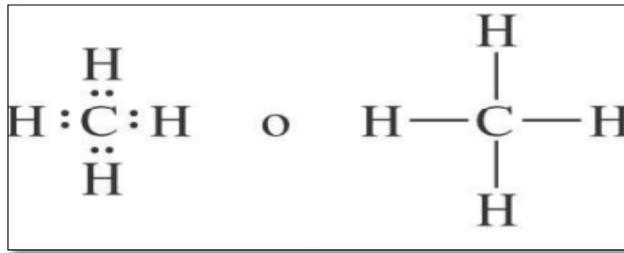
**Hidrocarburos (HC).** Su unidad de medida es en partes por millón de partes (ppm). Son partículas que no se combustionaron dentro de la cámara de combustión por falta de oxígeno, ello hace que se produzca una combustión incompleta y con ello se generen hidrocarburos combustionados parcialmente o simplemente salgan sin quemarse.

A ellos se les conoce también como smog. En altas cantidades representan un peligro para los seres humanos, afectando principalmente a su salud, provoca irritación en los ojos y es responsable de un olor desagradable. Además que está relacionado con la lluvia ácida.

El principal gas encargado de la contaminación de la atmósfera es el metano (CH<sub>4</sub>), equivaliendo al 85 %, mientras que el 15 % restante se encuentran concentrados de etano, n-butano, etileno, benceno, propano, acetileno isopentano y n-pentano.

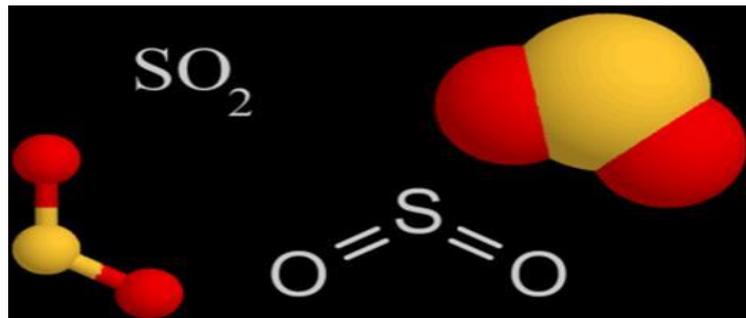
La cantidad de HC presentes en los gases de escape, se elevan cuando existe alta depresión en el múltiple de admisión. Si dentro del análisis de gases se tiene niveles altos

de hidrocarburos, puede deberse: presencia de una mezcla rica, combustión incompleta (muy pobre), el escape o el aceite pueden estar contaminados.



**Figura 14.** Metano.  
**Fuente:** (Vásquez D., 2015)

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).** El dióxido de azufre es el resultado de una oxidación del azufre contenido en el combustible. La cantidad de azufre presente en el combustible representa un bajo porcentaje por lo tanto las emisiones son reducidas.



**Figura 15.** Dióxido de azufre  
**Fuente:** (Vásquez D., 2015)

### ***Ventajas del sistema de inyección electrónica***

Dentro de las ventajas ofrecidas por motores a inyección en relación a sus predecesores, los de carburador, tenemos:

**Rendimiento.** La inyección electrónica permitió mejorar la forma de los colectores de admisión y con ello un adecuado llenado en los cilindros, lo cual se transforma en mayor potencia y mayor par motor.

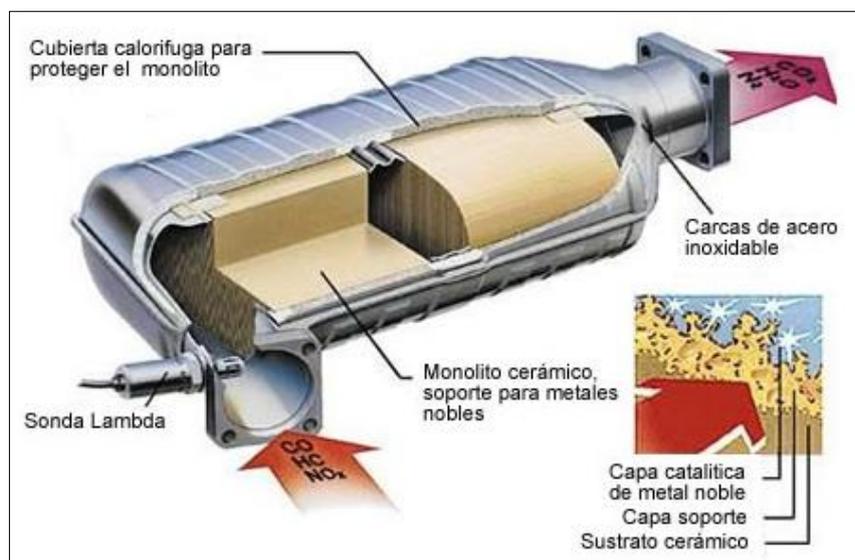
**Emisiones.** Las proporciones de combustible y oxígeno son directamente controladas por la ECU, estas van en relación a las condiciones en las que esté operando el motor. Con ello se consigue un menor consumo de combustible, al mismo tiempo que se reducen las emisiones contaminantes.

**Arranque.** Con una proporción adecuada de oxígeno/combustible en relación a factores como la temperatura del motor y su régimen o par de arranque, es posible obtener menores tiempos de arranque y una aceleración más rápida y segura.

### 2.1.10 Convertidor catalítico

Con el fin de controlar el índice contaminante generado por los vehículos, se han creado leyes que limitan la cantidad de emisiones que pueden producirse con un automóvil, en vista de ello, los fabricantes se vieron en la obligación de implementar sistemas o dispositivos que ayuden a reducir dichas emisiones.

Con el afán de desarrollar motores menos contaminantes, los fabricantes decidieron utilizar un convertidor catalítico, este nuevo sistema es el encargado de tratar los gases resultantes de la combustión antes de que estos salgan a la atmósfera. La reducción de emisiones es de hasta el 85 %. El plomo es un elemento que se encuentra en los gases de escape, inutiliza al catalizador con el tiempo impidiéndole cumplir su rol.



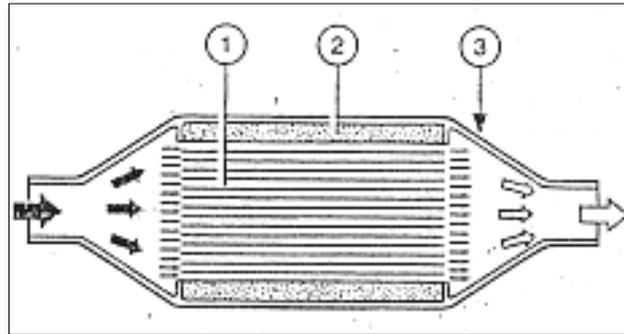
**Figura 16.** Catalizador de tres vías

**Fuente:** (Vásquez D., 2015)

De todas las emisiones producidas tras la combustión en el interior del motor, son tres los gases emitidos que deben ser tratados por su alta toxicidad, estos son: el monóxido de

carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos (HC), para que ello sea posible los gases que llegan al catalizador deben alcanzar una temperatura de 500 °C.

### **Partes**



**Figura 17.** Partes de un catalizador

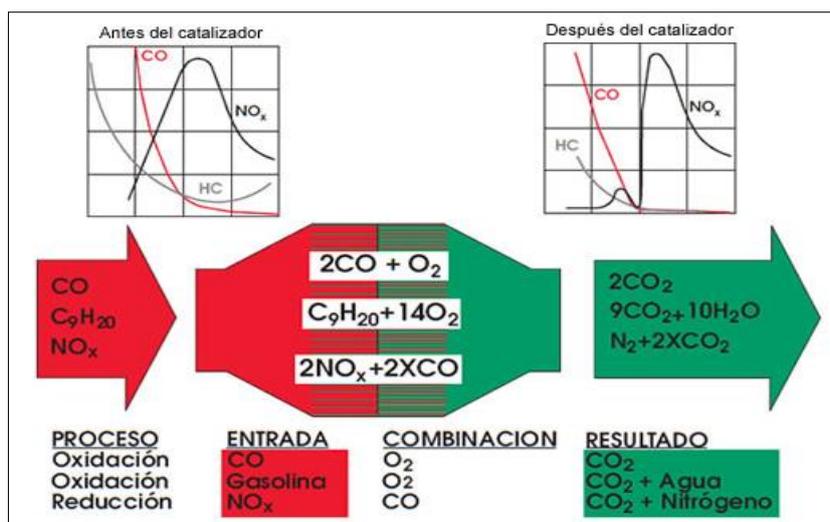
Fuente: (Vásquez D., 2015)

Un convertidor catalítico se conforma por un panel, mismo que por lo general es de cerámica, lleva incrustaciones de metales preciosos como platino, paladio y rodio. Las emisiones al entrar en contacto con estos metales, reaccionan, obteniendo con ello otros compuestos inofensivos para el medio ambiente como son: agua, bióxido de carbono, entre otros.

- Dispone de un monolito cerámico (1) con forma de panal. Sobre las paredes del panal se deposita una sustancia de metales preciosos.
- Cuenta también con una malla metálica (2) la cual permite la sujeción del monolito.
- Además tiene una envoltura (3) que integra conos de entrada y salida, su función es distribuir de la mejor manera el flujo de gases de escape.

### **Funcionamiento**

La estructura creada al interior del convertidor catalítico está dispuesta de tal forma que la superficie del catalizador quede expuesta al flujo de los gases de escape, esto se debe a que la fabricación de este elemento es muy costosa.



**Figura 18.** Esquema de procesos químicos que se producen en un catalizador de tres vías.  
Fuente: (Vásquez D., 2015)

Los convertidores catalíticos que poseen los vehículos, generalmente son de tres vías (en relación a los 3 contaminantes a tratar). Este elemento emplea dos clases de catalizadores, el primero es de reducción y el segundo de oxidación.

**Catalizador de reducción.** Se realiza la extracción de oxígeno de los componentes que conforman los gases de escape. Se considera como la primera etapa del proceso de tratamiento de gases. En ella se emplean platino y rodio para tratar las emisiones de NOx.

Al ingresar monóxido o dióxido de nitrógeno en el catalizador, este atrapa el átomo de nitrógeno, dejando en libertad el de oxígeno que saldrá a la atmósfera. El átomo atrapado, se une a uno más de nitrógeno antes de liberarlo.

En esta etapa, se descomponen los NOx en oxígeno y nitrógeno respectivamente, ambos componentes presentes en el aire por separado y que por lo tanto no son contaminantes.

**Catalizador de oxidación.** Se realiza la adición de oxígeno a los componentes que conforman los gases de escape (re-combustión). Considerada como la segunda etapa. Durante esta etapa se toman los HC y el CO para hacerlos reaccionar con el oxígeno procedente del motor, con ello se genera CO<sub>2</sub>.



**Figura 19.** Catalizador oxidante  
Fuente: (Vásquez D., 2015)

**Sistema de control.** Es considerada como la tercera etapa durante este proceso. En ella se monitorean los gases de escape mediante la ECU, misma que controla la inyección del combustible.

Se dispone del sensor de oxígeno, el cual se ubica antes del convertidor catalítico. Su función es informarle a la ECU la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape, con ello la ECU determina si debe aumentar o reducir la cantidad de combustible a inyectarse.

Estos parámetros le permiten operar al motor bajo una mezcla cercana a la estequiométrica (mezcla ideal teóricamente), además contribuye a mantener la presencia de oxígeno en el escape para ayudar en el tratamiento de los HC y del CO.

### 2.1.11 Ahorro de combustible

Existen algunas opciones disponibles para que el usuario ahorre una determinada cantidad de combustible, dentro de ello se tiene:

**Altura:** La altura en relación al nivel del mar influye en el consumo de combustible y rendimiento del motor. En el caso de un vehículo ubicado en una ciudad sobre los 2 000 msnm, este perderá hasta un 30 % de potencia. Por lo cual en ciudades cercanas al mar el consumo será menor debido principalmente a la densidad del aire.

**Velocidad:** Evitar altas velocidades, si el usuario se desplaza a 100 km/h en lugar de a 120km/h, el consumo se reducirá en un 60 % al recorrer la misma distancia.

**Acelerar o frenar:** Tanto la aceleración como la frenada deben realizarse suavemente de manera progresiva, es decir de menos a más, con ello se puede ahorrar hasta un 20 % de combustible.

**Presión de los neumáticos:** Mantener la presión de aire correcta en los neumáticos es muy importante, al tener un neumático cuyo inflado sea de menos 2 psi en relación al resto, el consumo de combustible se verá incrementado en 1 %. La presión adecuada se encuentre entre los 28 y 30 psi.

**Mantenimiento:** El buen estado del vehículo juega un papel importante, es por ello que se debe realizar una revisión cada cierto tiempo para prevenir daños, esto sin duda, ayudará en el ahorro del combustible.

### **2.1.12 Impacto ambiental**

(Torres M., 2005), menciona que los combustibles causan contaminación durante su uso, producción y traslado. Las grandes cantidades de CO<sub>2</sub> emitidas diariamente hacia la atmósfera, se consideran como uno de los responsables del calentamiento global, situación que de continuar sin un mayor control puede ocasionar cambios climáticos que podrían ser catastróficos para el planeta y sus habitantes.

La utilización de combustibles fósiles, el tratamiento correcto de los mismos y el control de los efectos de estos, no es responsabilidad única de las empresas que los producen y comercializan, sino también de las autoridades y la sociedad en general.

Otro de los factores que contribuyen con la contaminación es el incremento del parque automotor. Dentro de esto aún se encuentran en circulación vehículos que funcionan a carburador (sistema poco eficiente), vehículos a inyección electrónica, mismos que a pesar de su tecnología no consiguen suprimir las emisiones porque emplean combustibles para su funcionamiento. Vehículos que funcionan con energía alternativas, como es el caso de los vehículos eléctricos, se presentan como una posible solución a esta problemática. Sin

embargo, la llegada de esta tecnología por el momento se ve truncada por la infraestructura requerida.

Dentro del impacto ambiental, se pueden identificar dos campos:

**Técnico-científico.** Dentro de este campo se han desarrollado metodologías que permitan identificar y valorar las distintas clases de contaminación. Se incluye todo este proceso dentro de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

**Jurídico-administrativo.** En este campo se han creado leyes y normas que protegen al medio ambiente. Con ello se pueden modificar e incluso impedir que se lleven a cabo proyectos que puedan representar un peligro potencial para el medio ambiente

### **Clasificación**

Los impactos ambientales se clasifican según su efecto en el tiempo, estos son:

**Temporal.** Las consecuencias generadas no producen mayores daños y le permite al medio recuperarse en un lapso corto de tiempo a su estado original.

**Reversible.** Este tipo de impacto ambiental, le permite al medio afectado recuperarse a su estado original ya sea a corto, mediano o largo plazo.

**Persistente.** En este caso, los daños ocasionados al medio presentan influencia a largo plazo pudiendo inclusive ser extensibles en el tiempo.

**Irreversible.** Es el peor y más devastador de todos. La magnitud de los daños ocasionados, impiden la posibilidad de revertirlo a su estado original.

#### **2.1.13 Derrame de combustible**

(Lozano V., 2009), menciona que el derramamiento de combustible puede ocasionar grandes impactos ambientales, todo ello está sujeto al tiempo y cantidad de combustible derramado.

De ahí, se identifican los siguientes tiempos de respuesta:

**Tiempo inadvertido.** Tiene lugar desde el momento en que inicia el derrame, y finaliza cuando ha sido detectado. En la mayoría de los casos no transcurre mucho tiempo, por lo cual es posible realizar un control efectivo.

**Tiempo de notificación.** Tiempo transcurrido a partir del momento en que es detectado hasta que se informa al personal responsable. En este caso las medidas a tomar en cuenta son otras, debido a que el derrame no ha podido ser controlado dentro del tiempo inadvertido.

**Tiempo de control.** Es el tiempo requerido para la movilización y montaje del equipo encargado de tratar el derrame.

Cada empresa o institución encargada del manejo de combustibles, debe disponer de un plan de contingencia diseñado para eventos donde haya derrame de combustible, con ello se asegura una óptima respuesta en el menor tiempo posible.

El seguimiento de normas de seguridad y técnicas propias del tratado de combustibles, conllevarán a un adecuado convivir con el medio ambiente.

#### **2.1.14 Efectos de la gasolina con plomo**

Dentro de los metales pesados, como es el caso del plomo, mercurio, manganeso, cadmio, entre otros. Son considerados de alta toxicidad tanto para el medio ambiente como para los seres humanos, ya que atacan directamente a las células, terminando en problemas mutagénicos.

La gravedad de los efectos va en relación a la concentración de plomo en el aire respirado por los humanos sumado al tiempo de exposición a este.

Dentro de los casos registrados por envenenamiento agudo con plomo se registran: anemia, problemas de riñón, hígado y bazo, así como interferencia en la síntesis de la hemoglobina.

### 2.1.15 Calidad del aire en Ecuador

(Ministerio del Ambiente, 2010), menciona que a pesar de carecer de estudios que detallen la calidad de aire del Ecuador, es posible mencionar la calidad del mismo en algunas de sus principales ciudades. Para Quito se determinó que el promedio de carboxihemoglobina es superior a los valores aceptables (COHB 5%), esto indica que el riesgo de presentar infecciones respiratorias agudas altas es cuatro veces mayor.

**Tabla 2.** Casos registrados de infecciones respiratorias en el Ecuador

Provincias	Casos de infecciones respiratorias agudas
Carchi	18 360
Imbabura	30 302
Pichincha	140 005
Cotopaxi	23 092
Tungurahua	25 200
Bolívar	2 642
Chimborazo	31 764
Cañar	12 749
Azuay	41 339
Loja	36 660
Esmeraldas	51 334
Manabí	156 152
Los Ríos	60 708
Guayas	232 540
El Oro	68 190
Sucumbíos	12 734
Napo	1 390
Orellana	5 314
Pastaza	6 871
Morona Santiago	21 148
Zamora Chinchipe	11 533
Galápagos	1 717
<b>TOTAL</b>	<b>991 744</b>

Fuente: (M.S.P., 2005)

En Cuenca, los estudios han determinado que los niveles de COV, NO y SO<sub>2</sub> sobrepasan los niveles establecidos. Al realizar un monitoreo en veinte puntos de la ciudad,

se determinó que once de ellos presentan altas concentraciones de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> superando los niveles establecidos por la OMS.

La refinería de Esmeraldas es una de las empresas más importantes del país, puesto que es la mayor productora de combustibles y derivados de petróleo del país. Sin embargo en conjunto con la planta termo eléctrica Esmeraldas, constituyen la principal fuente de degradación ambiental de esta ciudad, debido a que sus efectos nocivos afectan directamente a la población cercana.

Dentro del monitoreo realizado a 22 barrios cercanos a la refinería, evidenciaron la presencia de material particulado tanto fino como grueso sobre el límite permisible. Además se determinó que muestras sedimentadas contenían hidrocarburos provenientes de la refinería como cadmio, níquel, vanadio y cromo, contaminantes que forman parte de partículas suspendidas posibles a ser inhaladas por las personas.

Se han presentado denuncias por parte de los habitantes ubicados al sur de la refinería, debido a que en horas de la madrugada se producen emanaciones en mayor cantidad de olores ofensivos para ellos. Son responsables de malestar físico, mareos y cefaleas, inclusive cuando las emanaciones se prolongan hasta el siguiente día, las escuelas aledañas se han visto en la obligación de ser evacuadas.

### **2.1.16 Analizador gases**

(Gómez J., 2010), menciona que el analizador de gases es una herramienta de diagnóstico. Se encarga de analizar la composición de los gases de escape tomando como referencia una base que le permite determinar la composición porcentual volumétrica de los gases resultantes de la combustión.

#### ***Partes***

Las partes que conforman el analizador de gases son:

- Tubo para escape del automóvil.

- Emisor de rayos infrarrojos.
- Captador de rayos infrarrojos.
- Lentes.
- Cámara de gases de la muestra patrón.
- Cámara para muestra de gases.
- Compresor.
- Comparador.
- Filtros.
- Sensor de oxígeno.

### ***Funcionamiento***

Los tubos emisores de rayos infrarrojos son los encargados de proyectar dichos rayos a través de unos lentes seleccionados según las emisiones a ser analizadas, luego de ello, el rayo difractado pasa a través de las cámaras de gases y se proyectan sobre un sensor.

Paralelamente se produce un proceso similar pero este, se lleva a cabo en la cámara de gases donde se encuentra la muestra patrón, misma que también es proyectada en el sensor. La información proyectada sobre el sensor es comparada para luego dar a conocer los resultados en la pantalla del analizador.

### ***Pruebas de emisiones***

Debido a los altos índices de contaminación por emisiones, el control de las mismas se ha vuelto más estricto y los equipos destinados al análisis de estas emisiones se han mejorado gracias al avance tecnológico.

El analizador de gases se encarga de analizar los niveles de las emisiones consideradas más tóxicas y contaminantes, así pues, tenemos:

**Monóxido de carbono (CO).** Considerado un subproducto de la combustión, este gas es inoloro y tóxico. Dentro de las principales razones por las cuales se produce, tenemos:

exceso de combustible en la mezcla (mezcla rica), bajas revoluciones de marcha, avance en la chispa.

**Hidrocarburos (HC).** Los hidrocarburos son el resultado de una combustión incompleta. El exceso de hidrocarburos se debe principalmente a fallas mecánicas y/o eléctricas – electrónicas.

- **Oxígeno (O2).** La presencia de oxígeno es un excelente indicador del buen estado y funcionamiento del motor. El O2 residual puede incrementarse dentro de la mezcla, a tal punto en que esta sea muy pobre e imposible de combustionar.
- **Dióxido de carbono (CO2).** Al igual que sus similares, es un subproducto de la combustión. En bajos niveles no es considerado tóxico debido a que es procesado por las plantas.

### 2.1.17 Límites de emisiones permitidas en Ecuador

(INEN, 2012), menciona que todo vehículo con motor a gasolina, durante su funcionamiento en ralentí bajo una temperatura normal de funcionamiento, no deberá emitir monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC), superiores a los señalados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina (prueba estática).

Año	% CO		ppm HC	
	0 - 1 500	1 500-3 000	0 - 1 500	1 500-3 000
2010 y posteriores	0,6	0,6	160	160
2 000 a 2009	1	1	200	200
1 990 a 1 999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

Fuente: (INEN, 2012)

Todo vehículo con motor a gasolina no podrá emitir hacia la atmósfera monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (Nox) y emisiones evaporativas, en niveles superiores a los especificados en la tabla 3.

**Tabla 4.** Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor a gasolina (prueba dinámica).

Categoría	Combustible	CO g/Km	HC g/Km	Nox g/Km
Vehículo liviano	Gasolina	2,1	0,25	0,62

**Fuente:** (INEN, 2012)

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación

**3.1.1 Investigación bibliográfica.-** El presente trabajo se considera como una investigación documental, debido a que se sustenta en fuentes como libros, internet y revistas, para la investigación de los daños ocasionados por la contaminación por combustibles fósiles, su octanaje.

Al mismo tiempo, se considera como una investigación bibliográfica, ya que para el desarrollo de la misma se requiere de información proveniente de documentos, en donde se indiquen aspectos como la variación del impacto ambiental en relación al número de octanos de un combustible, entre otros.

**3.1.2 Investigación tecnológica.-** De igual manera, es considerada como una investigación descriptiva, esto, debido a que durante su desarrollo se realiza el análisis de datos generados por las pruebas que se llevan a cabo con varias muestras de gasolina en un motor con catalizador mediante un analizador de gases.

#### 3.2 Métodos

En el desarrollo de la investigación se aplica los siguientes métodos:

##### 3.2.1 Analítico – sintético

La aplicación del método analítico permite el estudio minucioso de la información teórica y de los resultados obtenidos en los procesos de experimentación; proceso

indispensable para la presentación de resultados de investigación, mediante la aplicación del método sintético, para la elaboración de resúmenes, cuadros y esquemas.

### **3.2.2 Deductivo - Inductivo**

El proceso del método deductivo se aplica en la construcción del marco teórico, para partir de leyes, normas y procedimientos, en la profundización de los contenidos relacionados con la investigación, y que se utiliza en el proceso inductivo para la presentación de resultados, emisión de argumentos y conclusiones de la investigación.

### **3.2.3 Método experimental**

Se aplica el método experimental, con la finalidad de seguir un procesos sistemático, científico y tecnológico en la evaluación de las muestras de gasolina sometidas a evaluación; proceso que no se realiza en un laboratorio, pero si en un taller automotriz área propicia para el proceso experimental.

## **3.3 Técnicas e instrumentos**

### **3.3.1 Pruebas de funcionamiento**

Mediante este método se verifica y obtiene información generada por un analizador de gases, una vez que se empleen distintos tipos de gasolina con diferente octanaje en un motor a inyección con convertidor catalítico.

- Las pruebas se realizaron en la provincia Imbabura, cantón Ibarra.
- La localización del taller automotriz se ubica en la ciudad de Ibarra a una temperatura de 20 ° C
- Se realizaron cuatro pruebas, una con cada combustible con igual procedimiento que permitió caracterizar los indicadores de calidad de la gasolina

### **3.3.2 Simulación de funcionamiento**

Para ello se emplean cuatro muestras de gasolina con distinto octanaje para el funcionamiento de un motor a inyección con catalizador.

### **3.3.3 Motor a inyección con convertidor catalítico**

El motor a inyección se utiliza para verificar su rendimiento y niveles de emisiones al utilizar distintas gasolinas para su funcionamiento.

### **3.3.4 Muestras de gasolina**

Se utiliza cuatro muestras de gasolina de distinto octanaje, mediante ellas se determina el impacto ambiental que pueden ocasionar.

- Súper Ibarra - Ecuador
- Extra Ibarra – Ecuador
- Corriente Pasto – Colombia
- Extra Ipiales – Colombia

### **3.3.5 Instrumentos**

#### **Instrumentos y equipos de experimentación**

- Motor de inyección
- Equipo analizador de gases
- Canecas

### **3.3.6 Analizador de gases**

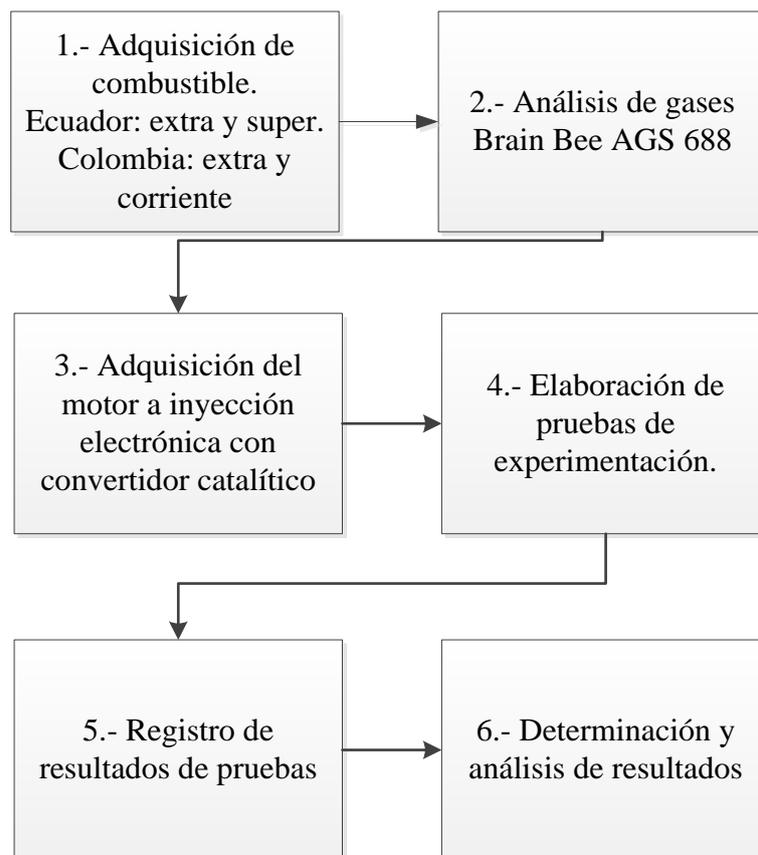
El equipo analizador de gases, permite obtener información de suma importancia en relación al tipo de combustible que se emplea en el funcionamiento del motor.

## CAPÍTULO IV

### 4 PROPUESTA ALTERNATIVA

#### 4.1 Fundamentación tecnológica

Resultados de las pruebas realizadas con muestras de gasolina de distinto octanaje en un motor con convertidor catalítico para determinar la variación del impacto ambiental en relación a cada una de ellas.



**Figura 20.** Estructura de la propuesta

## 4.2 Especificaciones

Para dar cumplimiento a la propuesta planteada, se adquirió cuatro muestras de gasolina, cada una de ellas de distinto octanaje, con las siguientes características:

- 5 galones de gasolina corriente de 87 octanos (Pasto - Colombia).
- 5 galones de gasolina extra de 81 octanos (IpiALES - Colombia).
- 5 galones de gasolina extra de 87 octanos (Ibarra - Ecuador).
- 5 galones de gasolina súper de 92 octanos (Ibarra - Ecuador).

Una vez adquiridas las muestras de gasolina, el proceso experimental se realiza con un motor a inyección electrónica que dispusiera de un convertidor catalítico. El motor es Chevrolet del vehículo Sail del año 2014.

El “Chevrolet Sail es un sedán compacto con un amplio interior. Este auto es fabricado en China. Cuenta con un exterior elegante y un equipamiento de nivel”.

- Equipa una motorización 1.4 DOHC 16 válvulas, con una potencia de 102 caballos de fuerza (76 kW) a 6000 rpm y torque de 131 Nm a 4200 rpm.
- Su caja de velocidades puede ser manual de 5 marchas más reversa (versión LS), y manual o automática de cuatro velocidades; dependiendo de la elección del propietario (versión LTZ)

La velocidad máxima declarada es de 175 km/h, y la aceleración de 0 a 100 km/h es de 12,4 segundos. Chevrolet declara un consumo mixto de 5,3 litros/100 kilómetros.



**Figura 21.** Motor de Chevrolet Sail  
Fuente: (Chevrolet, 2014)

Posterior a ello, se ubica el equipo apropiado para realizar las pruebas de emisiones. Se trabaja con un analizador de gases de la marca Brain Bee, modelo AGS 688, del cual se muestran sus especificaciones técnicas en la figura 21.

 <b>EXHAUST GAS ANALYSER</b> Type <b>AGS-688</b>		Warm-up time : 10 min Gas flow : 4 l/min Min. Gas flow : 2.5 l/min Measure range :
Serial number : 103050004200 SN. 110907001148 	CO : 0 ÷ 9.99 %vol CO <sub>2</sub> : 0 ÷ 19.9 %vol HC : 0 ÷ 9999 ppmvol O <sub>2</sub> : 0 ÷ 25 %vol λ : 0.5 ÷ 5.0 RPM counter : 300 ÷ 9990 min <sup>-1</sup> Resolution : 10 min <sup>-1</sup> Temp. Meter : 20 ÷ 150 °C Resolution : 1 °C	Oxygen Sensor type: CITY TECHNOLOGY A02 Molex Citicell ENVITEC Oxiplus A 00A101 TELEDYNE R21A & R22A
Manufacture year : 2008 2009 2010 2011 2012 2013 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Temperature range : 5 ÷ 40 °C Power supply : 11 ÷ 15 Vdc; 20 W Periodic control : 12 months Pressure range : 85 ÷ 106 kPa	P.E.F.: 0.431 @ 800 ppmvol HC prop.
EC-Type examination certificate T10133 CLASS 0 EMC CLASS E2 MADE IN ITALY <b>CE</b> M11 0122		
Omologazioni Italia - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ANALIZZATORE GAS tipo <b>AGS-688</b> : OM00292EST006cNET OM00389EST006cm CONTAGIRI INTEGRATO tipo <b>RPMAG</b> : OM00296f		

**Figura 22.** Especificaciones técnicas del analizador de gases  
Fuente: (Elaboración propia).

Una vez instalado el equipo se procede a la preparación del mismo, ya que este equipo debe realizar algunos “test” antes de iniciar las mediciones, estas son:

**Calentamiento del equipo.** Esta actividad se lleva a cabo por parte del equipo una vez que es encendido. La finalidad del calentamiento es preparar las cámaras infrarrojas donde se encuentran tanto la muestra patrón, como la otra donde ingresarán los gases a ser analizados.

**Prueba de estanqueidad.** Este test es realizado por el equipo una vez que se conecta la sonda. La finalidad es verificar que no exista ninguna clase de fuga en los conductos de la sonda, ya que de haberlas, las mediciones serían equivocadas.

De no presentarse fuga alguna, la pantalla del equipo indicará “prueba estanqueidad acabado” y procederá al siguiente test, sin embargo, si existe algún daño en la sonda o en los conductos la pantalla del equipo indicará “prueba estanqueidad fallido”.

Otra de las posibilidades que puede presentarse durante esta prueba, es que tanto la sonda como los conductos se encuentren en buen estado, pero a pesar de ello la prueba continúe fallida, para este caso se tendrá que hacer una revisión interna del equipo porque puede ser que este, presente algún daño.

**Prueba de HC.** El test de HC o de hidrocarburos es la última que realiza el equipo previo a las mediciones, para ello es necesario desconectar la sonda. La finalidad de este test es verificar que no existan residuos de hidrocarburos al interior de las tuberías del equipo, ya que de haberlas, las mediciones no serían las correctas.

Una vez terminado estos tres pasos el equipo se encuentra listo para realizar las mediciones y posterior análisis de gases que será comparado con la información indicada en la tabla 2.

Hay que indicar que previo a la colocación de la sonda en el tubo de escape, es necesario que el motor se encuentre trabajando bajo ciertas condiciones, estas son:

- El motor debe encontrarse trabajando en excelentes condiciones mecánicas.
- Antes de realizar las pruebas se debe verificar que la temperatura del motor, sea la de trabajo (70 – 80 °C), porque de estar el motor frío, las pruebas no pueden llevarse a cabo ya que la información arrojada sería equivocada.

Una vez terminada la revisión del estado del motor, no está por demás realizar una última verificación del equipo analizador de gases, revisando las conexiones tanto de la toma de corriente al equipo y del equipo a la sonda, además la revisión de los filtros es

algo indispensable, también hay que verificar que las entradas de aire estén libre sin obstrucción alguna y finalmente si el equipo dispone de una trampa de agua es necesario verificar que se encuentre debidamente drenada.

El equipo analizador de gases a ser empleado permite realizar las siguientes mediciones:



**Figura 23.** Analizador de gases Brain Bee AGS 688  
**Fuente:** (Brain Bee AGS 688)

**Monóxido de carbono (CO).** Es una de las principales emisiones a considerar. En Ecuador el límite permitido establece un valor máximo de 0,6 % de CO para vehículo de 2010 y posteriores.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** La medida de CO<sub>2</sub> debe encontrarse en un rango superior al 11 % pero inferior al 17 %.

**Hidrocarburos (HC).** Es otra importante medición, puesto que es una de las emisiones más nocivas para el ser humano y el medio ambiente. Para ella se establece un valor de 160 ppm.

**Oxígeno O<sub>2</sub>.** La medida de O<sub>2</sub> presentada en la pantalla indicará la cantidad de oxígeno presente en la mezcla, indicando con ello si se trata de una mezcla rica o pobre.

**Lambda.** Es la relación aire/combustible real sobre la ideal. Este valor debe ser lo más cercano a 1 para indicar que la ECU, está realizando un óptimo trabajo en las proporciones de la mezcla.

**RPM.** Indica las revoluciones por minuto a las que se están llevando a cabo la prueba de emisiones.

#### 4.2.1 Resultados

Antes de presentar los resultados obtenidos, es necesario realizar dos pruebas con cada muestra de gasolina, así, se realiza una a 800 rpm (ralentí) y la otra a 2 500 rpm.

#### 4.2.2 Monóxido de carbono (CO)

El límite de monóxido de carbono establecido en Ecuador para aquellos vehículos a partir del año 2010, es de 0,6 % del volumen que se esté midiendo. Los resultados obtenidos de las lecturas de monóxido de carbono (CO) para las cuatro muestras:

#### Pruebas a 800 rpm

#### Gasolinas colombianas

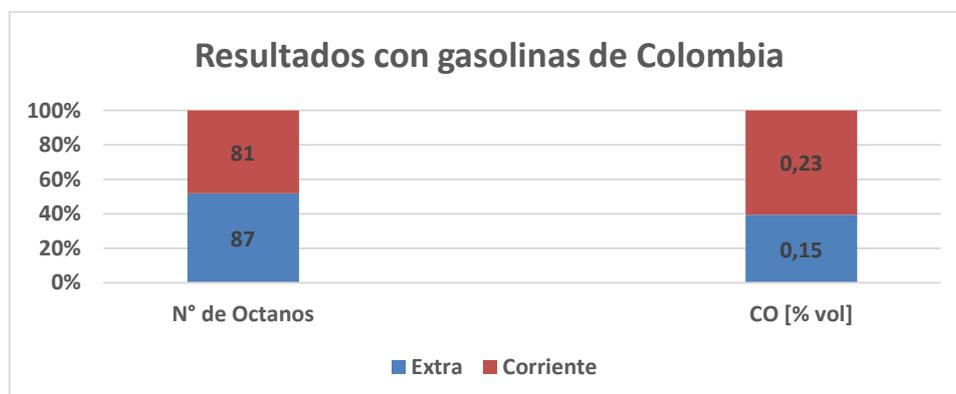
A pesar del bajo índice de octano con el que cuentan las gasolinas colombianas, se puede evidenciar que el nivel de monóxido de carbono se encuentra por debajo del límite establecido.

**Tabla 5.** Resultados del monóxido de carbono con gasolinas colombianas a 800 rpm

Gasolina Colombiana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO [% vol]
Extra	87	0,15
Corriente	81	0,23

**Fuente:** (Elaboración propia)

Es preciso indicar que esta lectura constata el porcentaje de números de octanos de las gasolinas colombianas la extra es de mayor octanaje y la corriente es de menor octanaje.



**Figura 24.** Porcentaje del monóxido de carbono con gasolinas colombianas a 800 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 24 podemos observar el diagrama de numero de octanos de las gasolinas colombianas donde podemos evidenciar que la gasolina extra de Pasto tiene mayor octanaje que la gasolina corriente de Ipiales, por ende el porcentaje de emisiones de CO es mucho menor la gasolina extra con 0.15 [%vol.], la gasolina corriente tiene un porcentaje mayor de 0.23 [%vol.], existe una diferencia de emisiones de 0.08 [%vol.], esta prueba se ha realizado a 800 rpm.

### Gasolinas ecuatorianas.

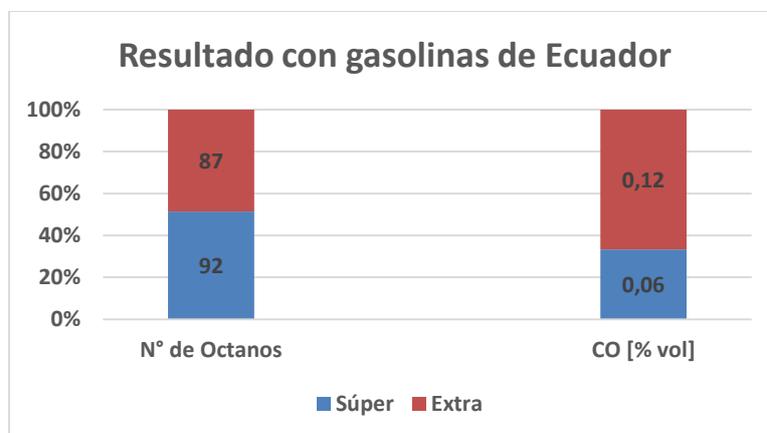
Los resultados mostrados en la tabla 5, son muy bajos. La calidad de un buen combustible influye notablemente en los resultados de emisiones, aumentado a esto el trabajo realizado por el catalizador.

**Tabla 6.** Resultados del monóxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO [% vol]
Súper	92	0,06
Extra	87	0,12

Fuente: (Elaboración propia)

Debido a la mejor calidad del combustible comercializado en Ecuador, el porcentaje de CO emitido a la atmósfera se reduce 0.10 [%vol.], en comparación a los resultados de las gasolinas colombianas a un régimen de 800 rpm.



**Figura 25.** Porcentaje del monóxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.  
**Fuente:** (Elaboración propia)

En la figura 25 muestra el octanos de las gasolinas ecuatorianas donde podemos evidenciar que la gasolina extra tiene menor octanaje que la gasolina súper, por lo que refleja el porcentaje de emisiones de CO es mucho menor la gasolina súper con 0.06 [%vol.], la gasolina extra tiene un porcentaje mayor de 0.12 [%vol.], existe una diferencia de emisiones de 0.06 [%vol.], esta prueba se ha realizado a 800 rpm.

Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de CO emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 800 rpm.

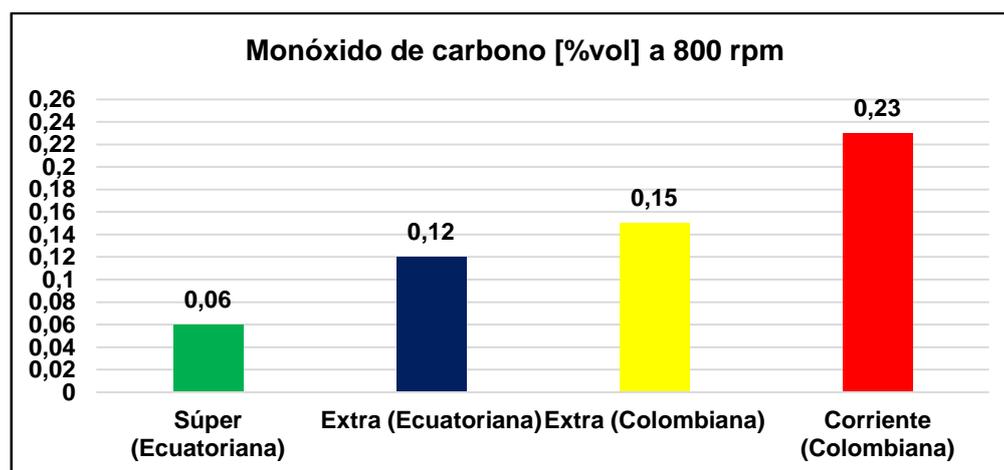
**Tabla 7.** Consolidación de datos de CO a un régimen de 800 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	CO [% vol]
Súper (Ecuatoriana)	0,06
Extra (Ecuatoriana)	0,12
Extra (Colombiana)	0,15
Corriente (Colombiana)	0,23

**Fuente:** (Elaboración propia)

Como se puede evidenciar en la figura 26, los niveles de emisiones de las gasolinas ecuatorianas son inferiores a los de sus similares colombianas, esto se debe principalmente a la diferencia del número de octanos entre ellas.

El régimen de operación del motor es también un factor que influye en los niveles de emisiones, ya que de este depende la cantidad y tiempo que lleva el proceso de combustión de un motor.



**Figura 26.** Emisiones de CO de las cuatro muestras a 800 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 26 se ha realizado las pruebas a un régimen de 800 rpm, donde podemos observar los porcentajes de las gasolinas ecuatorianas y colombianas, la diferencia entre gasolinas ecuatorianas son las siguientes la extra tiene mayor emisiones de CO con 0.12 [% vol.], la súper refleja menor emisiones de CO con 0.06 [% vol.] la diferencia es de 0.06 [% vol.] de emisiones de CO. También tenemos la diferencia de CO entre las gasolinas colombianas, la gasolina corriente tiene una variación mayor de 0.23 [% vol.] de emisiones de CO, mientras que la gasolina extra tiene 0.15 [% vol.], la diferencia entre estas dos gasolinas colombianas de emisiones de CO es de 0.08 [% vol.].

### Pruebas a 2500 rpm.

#### Gasolinas colombianas

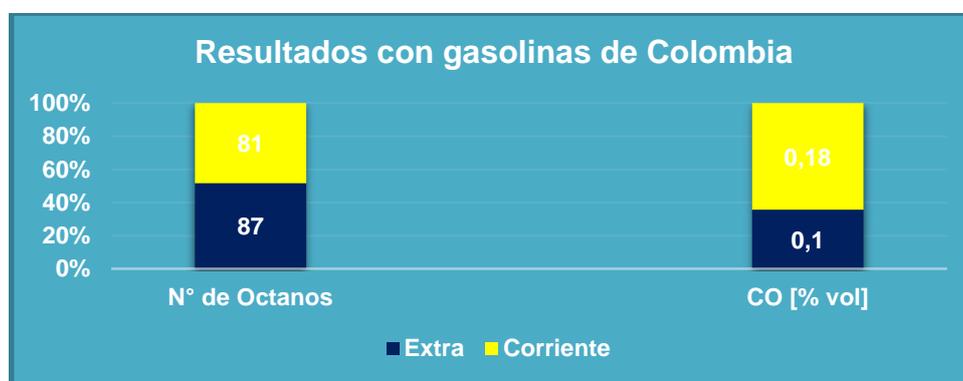
El sistema de inyección y en sí, el trabajo realizado por los sensores y la ECU, permiten que las proporciones aire/combustible sean las adecuadas, optimizando con ello el consumo de combustible y sus emisiones.

**Tabla 8.** Resultados del monóxido de carbono con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO [% vol]
Extra	87	0,1
Corriente	81	0,18

Fuente: (Elaboración propia)

El incremento en el régimen del motor, generó una disminución de los valores emitidos de CO, sin embargo, a pesar de ser un pequeño porcentaje de reducción lo importante es que en altas revoluciones los gases emitidos a la atmósfera van reduciéndose.



**Figura 27.** Emisiones de CO con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 27 se puede constatar de que la gasolina extra de Pasto tiene mayor octanaje que la gasolina corriente de Ipiales por lo que las emisiones de CO de la gasolina corriente es mayor con 0.18 [% vol.], mientras que la gasolina extra refleja 0.1 [% vol.] de emisiones de CO, la diferencia entre estas dos muestras de gasolina colombianas es de 0.8 [% vol.] de emisiones de CO, esta prueba se ha realizado a un rango de 2500 rpm.

### Gasolinas ecuatorianas

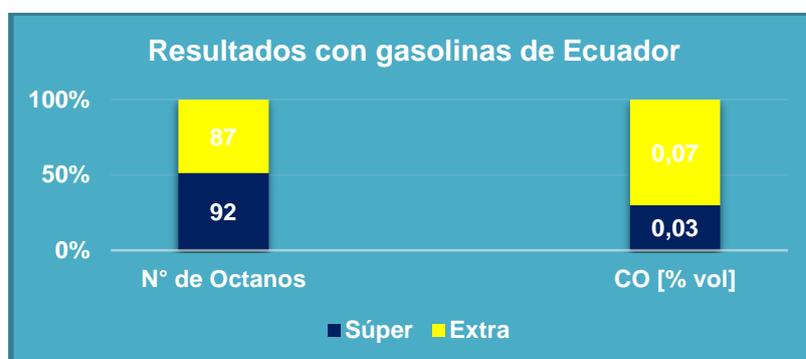
Es preciso indicar que el aumento en el régimen del motor, trae consigo la posibilidad de ocasionar que el combustible auto-ignición, este problema puede ocasionar daños considerables en los componentes del motor.

**Tabla 9.** Resultados del monóxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO [% vol]
Súper	92	0,03
Extra	87	0,07

Fuente: (Elaboración propia)

Como se evidenció en las gasolinas colombianas, la reducción en las gasolinas ecuatorianas también tuvo lugar. En este caso, los niveles emitidos son casi despreciables y más aún si los comparamos con sus similares.



**Figura 28.** Porcentaje del monóxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 2500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

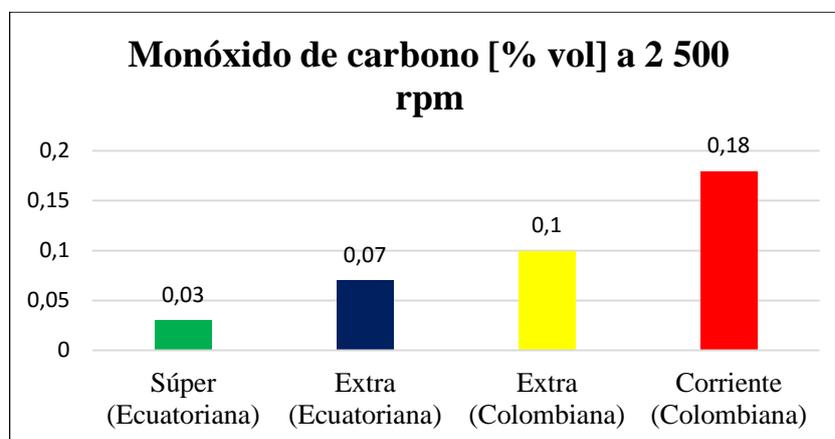
En la figura 28 se puede mostrar que el CO con las gasolinas ecuatorianas, tienen una variación en sus emisiones, la gasolina extra tiene 0.07 [% vol.] de emisiones de CO, mientras que la gasolina súper tiene 0.03 [% vol.] de emisiones de CO, a un rango de 2500 rpm, la diferencia de emisiones es de 0.04 [% vol.]. Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de CO emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 2 500 rpm:

**Tabla 10.** Consolidación de datos de CO a un régimen de 2 500 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	CO [% vol]
Súper (Ecuatoriana)	0,03
Extra (Ecuatoriana)	0,07
Extra (Colombiana)	0,1
Corriente (Colombiana)	0,18

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 29 se puede observar que los niveles de CO emitidos por las gasolinas ecuatorianas se encuentran por debajo de los niveles emitidos por las gasolinas colombianas. Con ello se puede evidenciar que el número de octanos influye directamente en el rendimiento del motor y por lo tanto en las emisiones de este.



**Figura 29.** Emisiones de CO de las cuatro muestras a 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

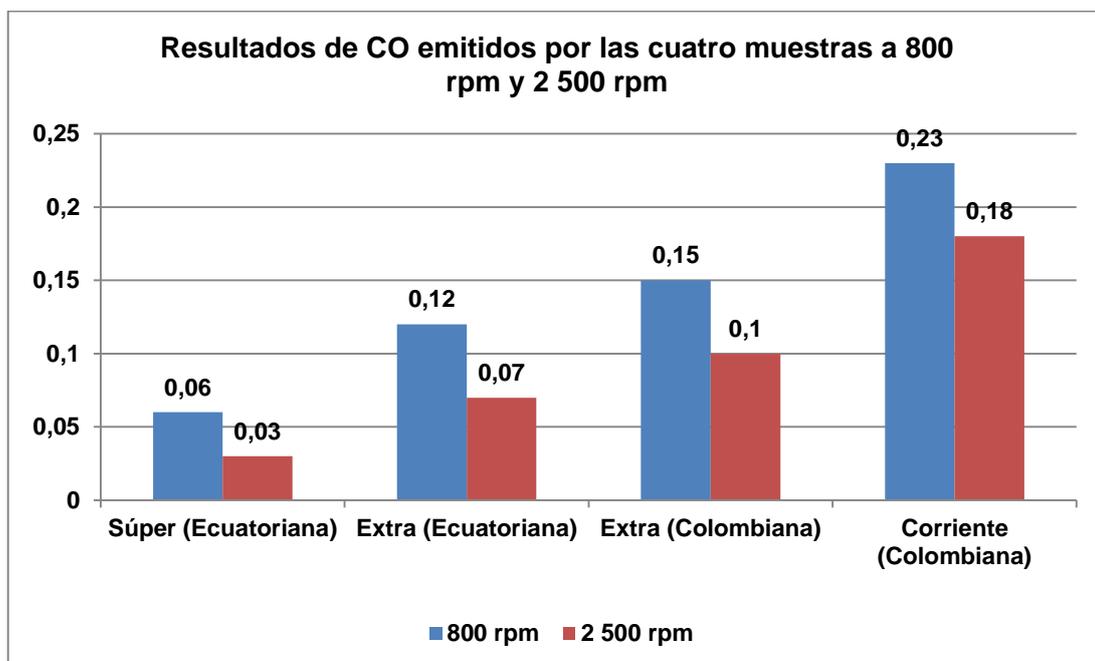
En la figura 29 se observa las emisiones de CO a un rango de 2500 rpm en donde podemos apreciar las diferencias entre las gasolinas ecuatorianas y colombianas. La gasolina súper ecuatoriana tiene 0.03 [% vol.] de CO menor que la gasolina extra ecuatoriana con 0.07 [% vol.] de CO, la diferencia entre las dos muestras ecuatorianas es de 0.04 [% vol.] de CO. Mientras tanto la gasolina corriente colombiana su valor es de 0.1 [% vol.] de CO, la gasolina corriente tiene 0.18 [% vol.] de CO, la diferencia entre estas gasolinas colombianas es de 0.08 [% vol.] de CO. Existe una gran diferencia entre las emisiones de CO de muestras ecuatorianas menor contaminación que las muestras de las gasolinas colombianas

**Tabla 11.** Resultados de CO emitidos por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm.

Tipo de gasolina	CO [% vol]	
	800 rpm	2 500 rpm
Súper (Ecuatoriana)	0,06	0,03
Extra (Ecuatoriana)	0,12	0,07
Extra (Colombiana)	0,15	0,1
Corriente (Colombiana)	0,23	0,18

Fuente: (Elaboración propia)

A continuación se muestra en la figura 30 en resumen las emisiones arrojadas en las pruebas de 800rpm y 2 500 rpm de las cuatro muestras de gasolina, para el apartado de monóxido de carbono, en donde las gasolina corriente Colombiana es la de mayor contaminación y la gasolina extra Ecuatoriana es la de menor porcentaje de contaminación, teniendo los siguientes resultados:



**Figura 30.** Resultados de las emisiones de CO de las cuatro muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

Dentro de los valores registrados en la figura 30, se puede mirar que se obtuvo un valor máximo de 0,23 [% vol.] de CO, correspondiente a la gasolina corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado corresponde a 0,03 [% vol.] de CO, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 0,12 [% vol.] de CO.

#### 4.2.3 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

El límite máximo de dióxido de carbono establecido en Ecuador para aquellos vehículos a partir del año 2010, es de 17 % del volumen que se esté midiendo.

Los resultados obtenidos de las lecturas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para las cuatro muestras se describen.

## Pruebas a 800 rpm.

### Gasolinas colombianas

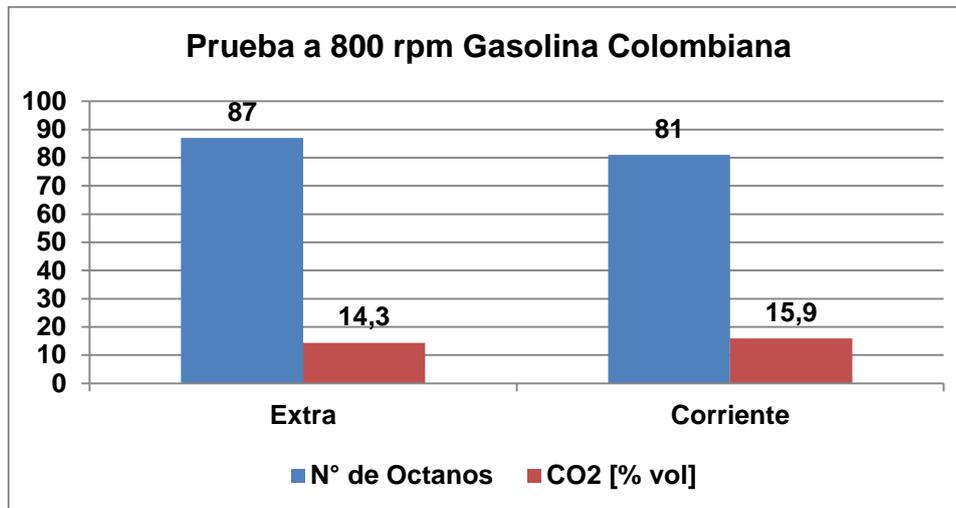
El dióxido de carbono en bajas cantidades no se considera como un riesgo, es el caso de la exhalación del aire en los seres humanos, el CO<sub>2</sub> es tratado por todas las plantas presentes en un ecosistema

**Tabla 12.** Resultados del dióxido de carbono con gasolinas colombianas a 800 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO <sub>2</sub> [% vol]
Extra	87	14,3
Corriente	81	15,9

Fuente: (Elaboración propia)

Para el caso del dióxido de carbono, los niveles de emisiones de las gasolinas colombianas, se encuentran cercanas a los límites establecidos. Como se había mencionado la cantidad de CO<sub>2</sub> es un aspecto a ser considerado por los efectos que este ocasiona sobre el clima.



**Figura 31.** Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas colombianas a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 31 se puede revelar el porcentaje de dióxido de carbono a un régimen de 800 rpm con gasolinas colombianas en donde la gasolina extra es la de menor emisión de dióxido de carbono. Con un valor de 14.3 [% vol.], mientras que la gasolina corriente es de mayor emisiones con un valor de 15.9 [% vol.], existe la diferencia de 1.6 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>.

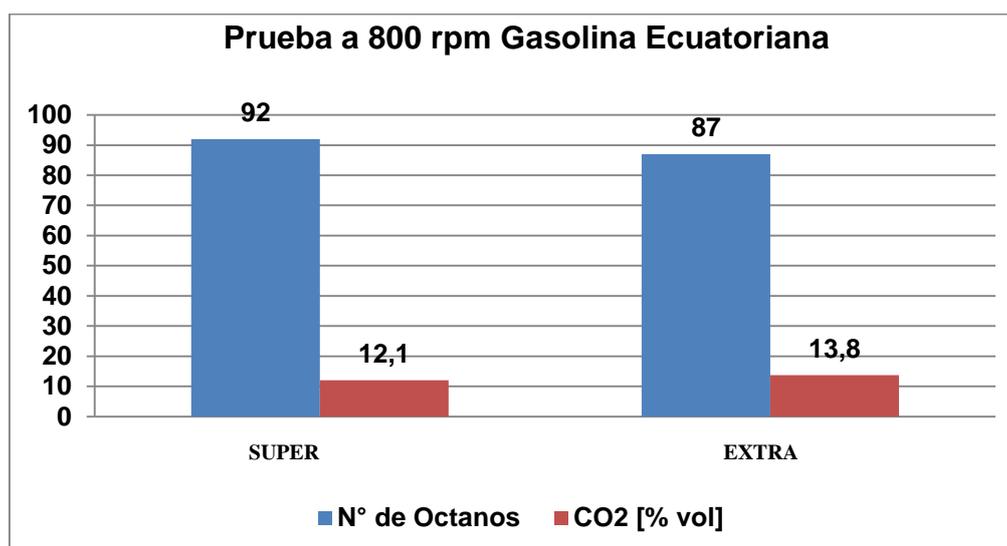
### Gasolinas ecuatorianas.

**Tabla 13.** Resultados del dióxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO2 [% vol]
Súper	92	12,1
Extra	87	13,8

Fuente: (Elaboración propia)

Las emisiones de las gasolinas ecuatorianas, siguen siendo inferiores a las arrojadas por las gasolinas colombianas, la diferencia entre estas da a entender que combustibles ocasionan mayor impacto sobre el medio ambiente.



**Figura 32.** Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 32 se puede señalar que las gasolinas Ecuatorianas sus emisiones de dióxido de carbono q se ha realizado esta prueba a 800 rpm evidencia que la gasolina súper

es la de menor valor 12.1 [% vol.] de contaminación, mientras que la gasolina extra es la de mayor valor 13.8 [% vol.] de contaminación, la diferencia entre estos dos tipos de gasolina es de 1.7 [% vol.] de contaminación de CO<sub>2</sub>

Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de CO<sub>2</sub> emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 800 rpm.

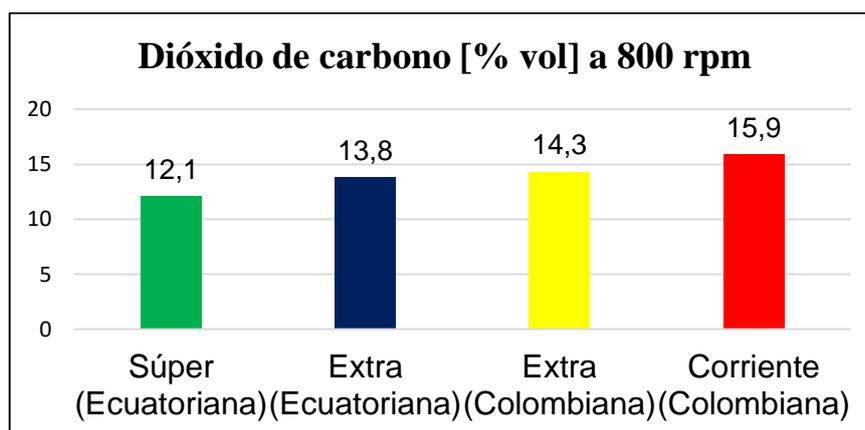
**Tabla 14.** Consolidación de datos de CO<sub>2</sub> a un régimen de 800 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	CO <sub>2</sub> [% vol]
Súper (Ecuatoriana)	12,1
Extra (Ecuatoriana)	13,8
Extra (Colombiana)	14,3
Corriente (Colombiana)	15,9

Fuente: (Elaboración propia)

Los resultados mostrados en la figura 34, indican claramente cuál de las cuatro muestras es la que mayor contaminación genera.

El porcentaje de dióxido de carbono emitido a la atmósfera repercute e influye en el clima, por lo tanto, es posible afirmar que los niveles de contaminación son más bajos en el Ecuador.



**Figura 33.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de las cuatro muestras a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 33 constata que se ha realizado las pruebas a 800 rpm con las gasolina Ecuatorianas y Colombianas, la gasolina súper Ecuador es la de menor porcentaje de emisiones con 12.1 % vol., mientras que las gasolina Colombiana corriente de Ipiales es la

de mayor porcentaje de emisiones con 15.9 % vol. Por lo que la gasolina extra de Ecuador y extra de Colombia no varía mucho la diferencia de emisiones va con un promedio de 0.5 % vol.

### Pruebas a 2 500 rpm.

#### Gasolinas colombianas

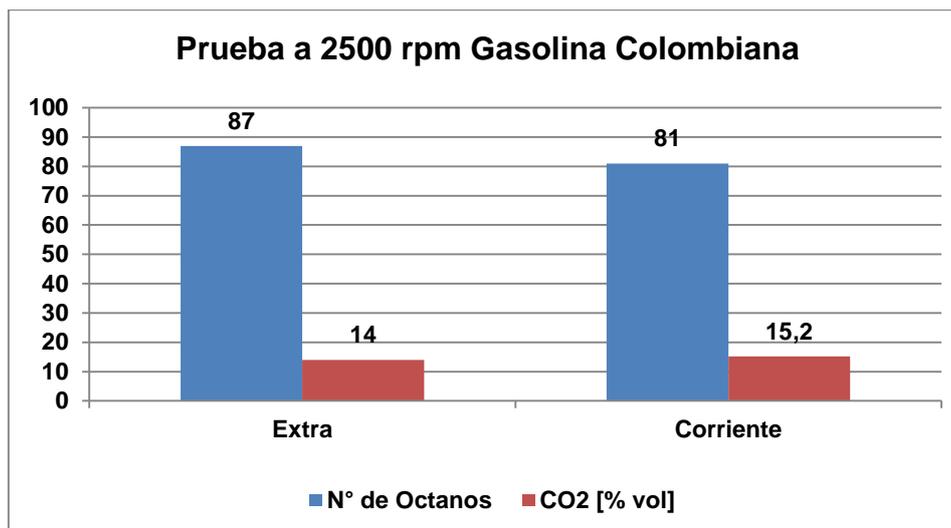
Aunque el incremento de rpm, en el régimen del motor reduce ligeramente las emisiones, esto no siempre sucederá, puesto que al aumentar las rpm, se incrementa la presión y temperatura al interior de la cámara de combustión, ocasionando que la mezcla reaccione de manera distinta, según la calidad del combustible.

**Tabla 15.** Resultados del dióxido de carbono con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO2 [% vol]
Extra	87	14
Corriente	81	15,2

Fuente: (Elaboración propia)

Los datos mostrados en la figura 34, se observar una ligera disminución en los porcentajes de estas emisiones, con ello se ratifica una vez más la influencia del régimen del motor en las emisiones del motor.



**Figura 34.** Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas colombianas a 2500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 34 podemos comparar las emisiones de gasolinas de Colombia a un rango de 2500 rpm en donde la gasolina extra nos brinda una lectura de 14 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub> menor que la gasolina corriente con un valor de 15.2 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>, en donde las muestras nos brindan una diferencia de 1.2 [% vol.] de emisiones.

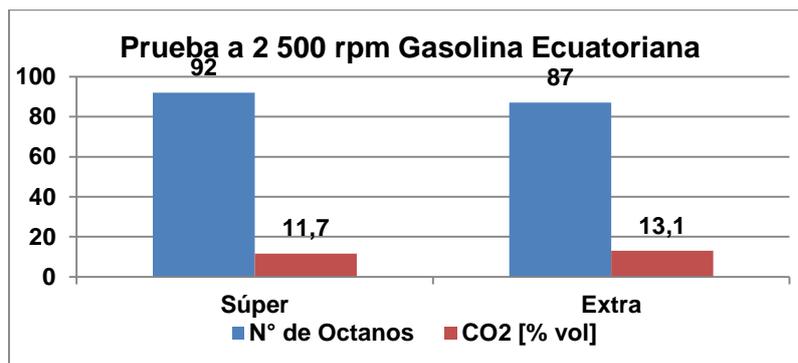
#### Gasolinas ecuatorianas.

**Tabla 16.** Porcentaje del dióxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	CO2 [% vol]
Súper	92	11,7
Extra	87	13,1

Fuente: (Elaboración propia)

Para el caso de las gasolinas ecuatorianas, su mayor número de octanos y mejor calidad hace que las emisiones de CO<sub>2</sub>, en comparación con las emisiones de las gasolinas colombianas sean menores.



**Figura 35.** Resultados del dióxido de carbono con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

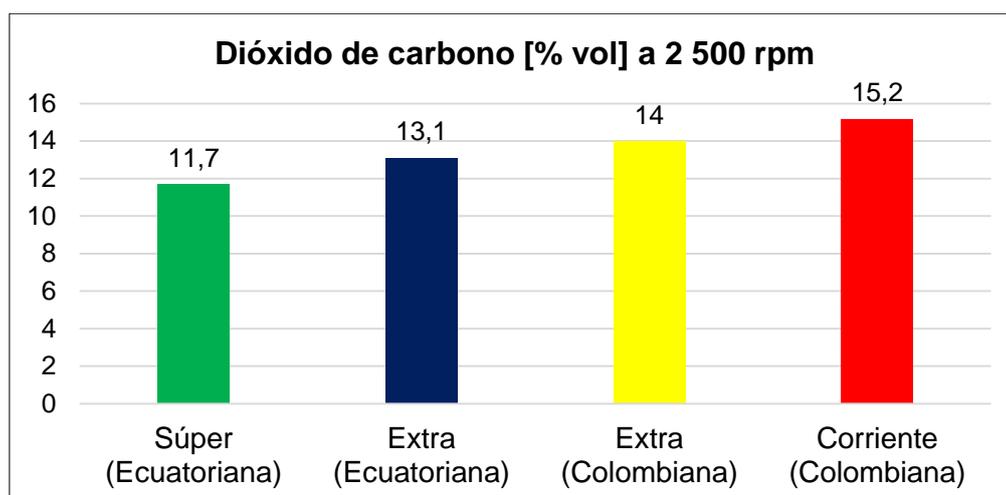
En la figura 35 se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de CO<sub>2</sub> emitidos por cada una de las muestras, gasolinas ecuatorianas a un régimen de operación del motor de 2 500 rpm, en donde la gasolina extra con un valor de 13.1 [% vol.] de emisiones mayor q la gasolina súper con un valor de 11.7 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>, la diferencia de estas lecturas es de 1.4 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 17.** Consolidación de datos de CO<sub>2</sub> a un régimen de 2 500 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	CO2 [% vol]
Súper (Ecuatoriana)	11,7
Extra (Ecuatoriana)	13,1
Extra (Colombiana)	14
Corriente (Colombiana)	15,2

Fuente: (Elaboración propia)

Los valores obtenidos en las pruebas de dióxido de carbono, reflejan la superioridad del combustible comercializado en Ecuador al desprender menor cantidad de CO<sub>2</sub>, en comparación a las gasolinas colombianas.



**Figura 36.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de las cuatro muestras a 2 500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 36 revela que las cuatro muestras tanto Ecuatorianas como Colombianas varían su porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> a 2500 rpm, entre las gasolinas Ecuatorianas existe una diferencia de 1.4 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>, a diferencia de las gasolinas colombianas que tiene una diferencia de 1.2 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>, la gasolina de menor valor es la de súper con 11.7 [% vol.] de emisiones, mientras la gasolina extra colombiana de menor valor es de 14 [% vol.] de volumen, la diferencia es de 2.3 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub>.

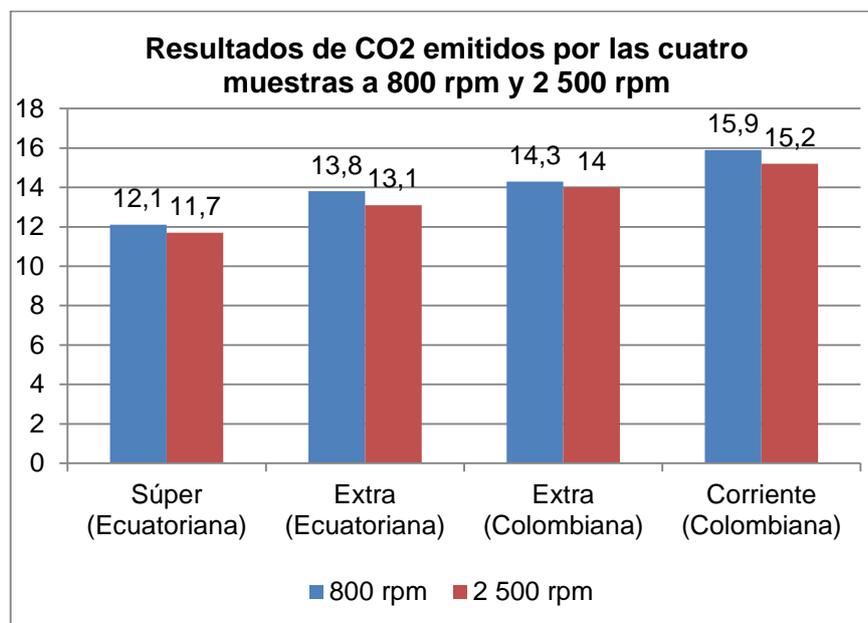
A continuación se muestra en resumen las emisiones arrojadas en las pruebas de 800 y 2 500 rpm de las cuatro muestras de gasolina, para el apartado de dióxido de carbono, teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 18.** Resultados de CO<sub>2</sub> emitidos por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm.

Tipo de gasolina	CO <sub>2</sub> [% vol]	
	800 rpm	2 500 rpm
Súper (Ecuatoriana)	12,1	11,7
Extra (Ecuatoriana)	13,8	13,1
Extra (Colombiana)	14,3	14
Corriente (Colombiana)	15,9	15,2

Fuente: (Elaboración propia)

Dentro de los valores registrados en la figura 37, se puede mirar que se obtuvo un valor máximo de aproximadamente 16 % de CO<sub>2</sub>, correspondiente a la gasolina corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado fue de 11,7 % de CO<sub>2</sub>, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2 500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 13,7 % de CO<sub>2</sub>.



**Figura 37.** Resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> de las cuatro muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 37 refleja los resultados emitidos por las cuatro muestras a los diferentes escalafones 800 rpm y 2500 rpm en donde hay una disminución de los porcentajes de emisiones de CO<sub>2</sub> en altas revoluciones, con las diferentes muestras de gasolinas, súper ecuatoriana hay la diferencia de 0.4 [% vol.] de CO<sub>2</sub>, extra ecuatoriana su diferencia es de 0.7 [% vol.] de CO<sub>2</sub>, gasolina extra colombiana tiene la diferencia de 0.3 [% vol.] de emisiones y la gasolina corriente colombiana tiene un valor de 0.7 [% vol.] de emisiones de CO<sub>2</sub> la Pero la gran diferencia es que los porcentajes de menores emisiones de CO<sub>2</sub> mantienen las gasolinas de Ecuador.

#### 4.2.4 Hidrocarburos (HC)

El límite de hidrocarburos establecido en Ecuador para aquellos vehículos a partir del año 2010, es de 160 partes por millón (ppm). Los resultados obtenidos de las lecturas de hidrocarburos (HC) para las cuatro muestras:

## Pruebas a 800 rpm.

### Gasolinas colombianas

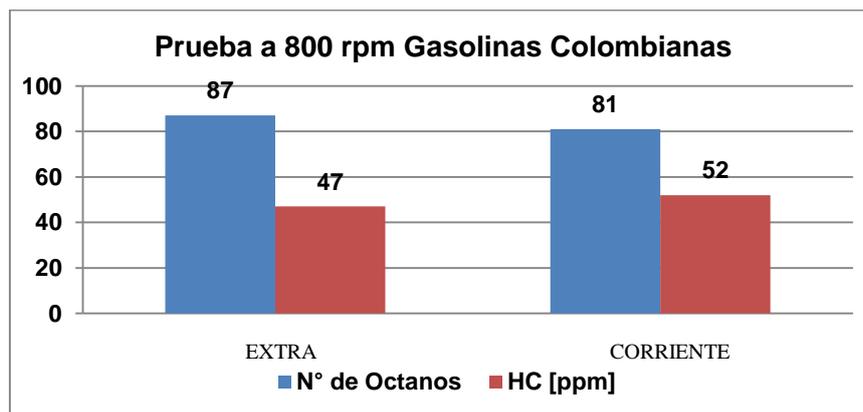
En un combustible de baja calidad y bajo octanaje, como es el caso de las gasolinas colombianas, los niveles de hidrocarburos son quemar emitidos hacia la atmósfera serán mayores y por lo tanto perjudiciales.

**Tabla 19.** Resultados de hidrocarburos con gasolinas colombianas

Gasolina Colombiana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	HC [ppm]
Extra	87	47
Corriente	81	52

Fuente: (Elaboración propia)

Las emisiones de hidrocarburos son una de las más consideradas, debido al impacto que éstas representan. Como se puede observar en la figura 38, los valores de HC que las gasolinas colombianas arrojaron, alcanzan aproximadamente la tercera parte del límite permitido.



**Figura 38.** Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas colombianas a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 38 se puede probar el porcentaje de HC con las muestras Colombianas donde se realiza las pruebas con una condición de 800 rpm por lo que la gasolina extra es de mayor octanaje, revela el porcentaje de 47 ppm de HC, mientras que la gasolina

corriente de menor octanaje nos brinda un valor de 52 ppm de HC, en donde se puede apreciar la diferencia de 5 ppm de HC.

### Gasolinas ecuatorianas

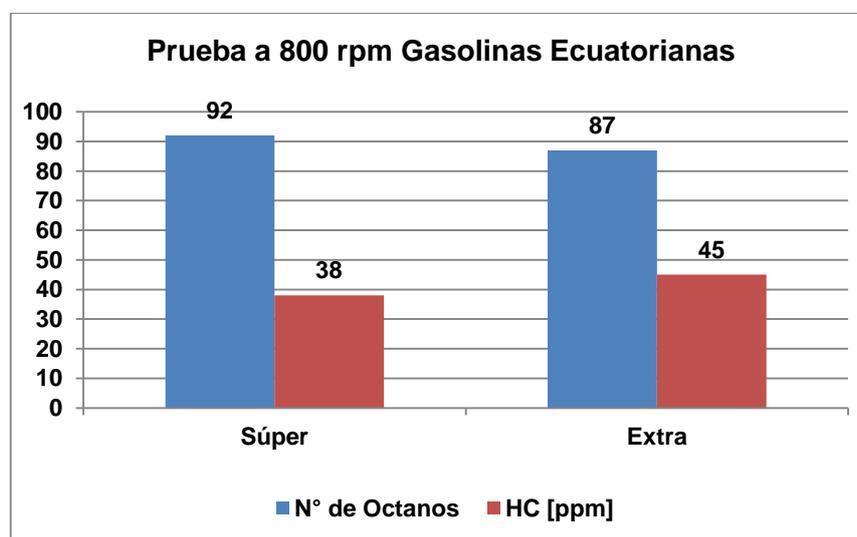
Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de HC emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 800 rpm.

**Tabla 20.** Resultados de hidrocarburos con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	HC [ppm]
Súper	92	38
Extra	87	45

Fuente: (Elaboración propia)

Los niveles de hidrocarburos emitidos por las gasolinas ecuatorianas a bajas revoluciones del motor, están próximas a la tercera parte del límite establecido, pese a ello, siguen siendo inferiores comparadas con las emisiones de las otras dos gasolinas.



**Figura 39.** Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la fig. 39 representa el número de octanos de las gasolinas ecuatorianas que opera a 800 rpm en donde la gasolina súper ejecuta un porcentaje de 38 ppm de HC mucho menor que la gasolina extra con un valor de 45 ppm de HC, en donde se

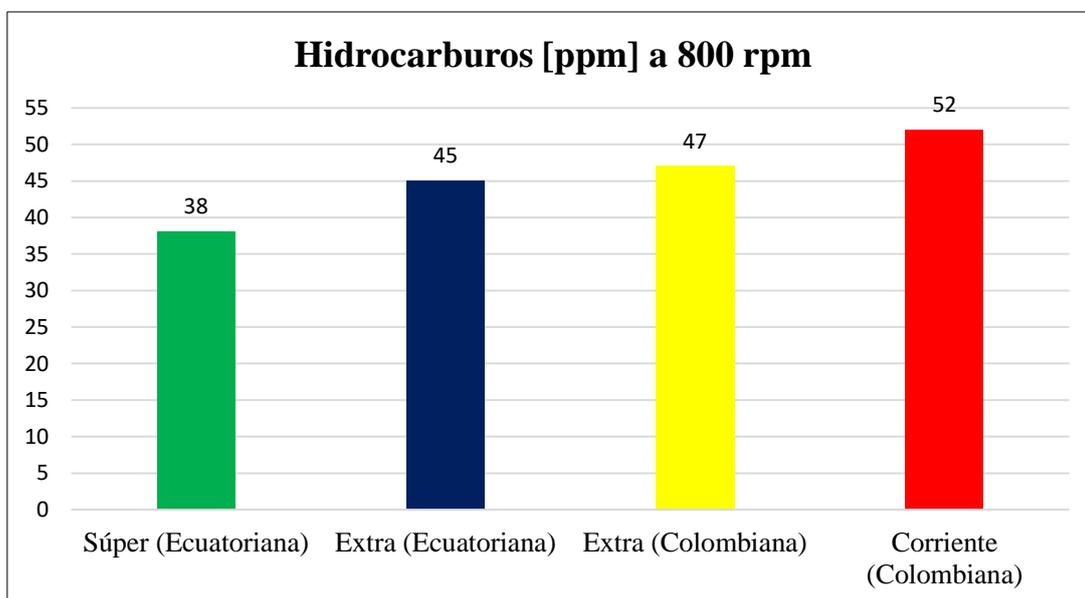
puede verificar la diferencia de 7 ppm de HC, por lo que es referencial la gasolina de mayor octanaje es la de menor contaminación.

**Tabla 21.** Consolidación de datos de HC a un régimen de 800 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	HC [ppm]
Súper (Ecuatoriana)	38
Extra (Ecuatoriana)	45
Extra (Colombiana)	47
Corriente (Colombiana)	52

Fuente: (Elaboración propia)

Los hidrocarburos medidos en partes por millón debido a su tamaño, son considerados muy dañinos para el medio ambiente y sus habitantes. En la figura 41 se muestran los resultados de HC de las cuatro muestras, a pesar de que los resultados de las muestras de las gasolinas ecuatorianas son más bajas, estas emisiones son las que mayor atención deben recibir debido a su impacto ambiental.



**Figura 40.** Emisiones de HC de las cuatro muestras a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 40 refleja, los porcentajes de las diferentes muestras de emisiones de HC, en donde las muestras de Ecuador son menores contaminantes que las muestras de Colombia en donde las muestras ecuatorianas, súper marcan 38 ppm de HC, la extra marca

45 ppm de HC, en donde hay una diferencia entre las gasolina ecuatorianas de 7 ppm de HC; las muestra colombianas marcan, la corriente 52 ppm de HC y la extra marca 47 ppm de HC, la diferencia entre estas dos gasolinas colombianas es de 8ppm de HC.

**Pruebas a 2500 rpm.**

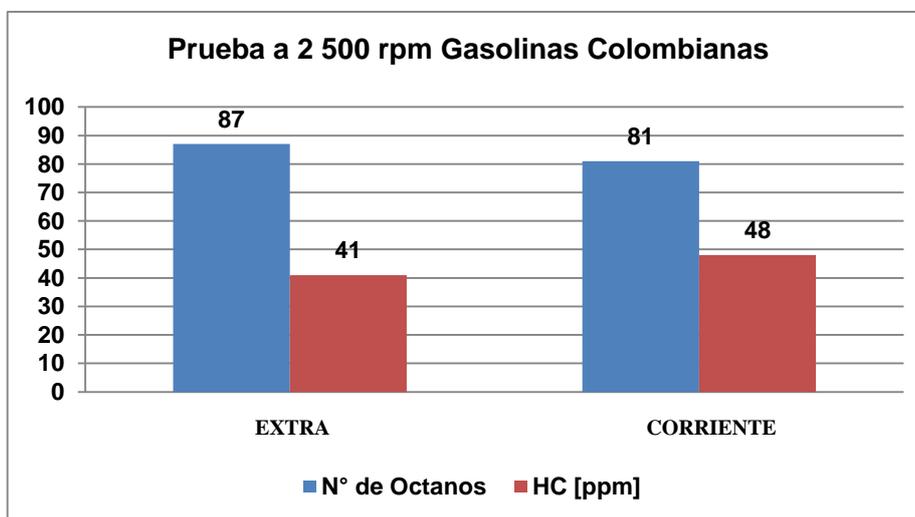
**Gasolinas colombianas**

**Tabla 22.** Resultados de hidrocarburos con gasolinas colombianas a 2500 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	HC [ppm]
Extra	87	41
Corriente	81	48

Fuente: (Elaboración propia)

La cantidad de hidrocarburos también se reducen con el incremento del régimen del motor. Sin embargo, hay que tener presente que la cantidad de vehículos que circulan diariamente por las vías de un país, emitirán un alto índice de hidrocarburos y es ese, otro potencial problema.



**Figura 41.** Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede evidenciar en la figura 41 se ha realizado el análisis del porcentaje de HC con las muestras ecuatorianas y colombianas en donde la muestra de mayor octanaje brinda un menor porcentaje de emisiones de HC.

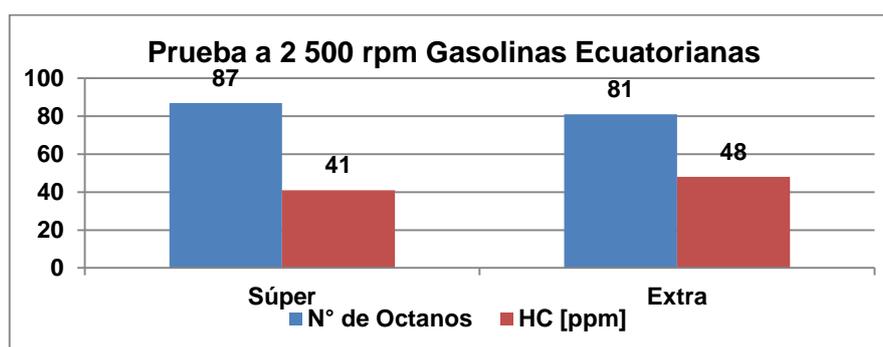
## Gasolinas ecuatorianas

**Tabla 23.** Resultados de hidrocarburos con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	HC [ppm]
Súper	92	31
Extra	87	38

Fuente: (Elaboración propia)

Los niveles de HC para las gasolinas ecuatorianas emitidas a un régimen de 2 500 rpm, se muestran muy bajas, esto se debe a que la mejor calidad del combustible hace que la mezcla que ingresa al interior del cilindro se combustión casi en su totalidad.



**Figura 42.** Porcentaje de hidrocarburos con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

Se observa en la figura 42 a un rango de 2500 rpm las muestras ecuatorianas en donde, se encuentra la súper de mayor octanaje con 87 octanos es la de menor emisiones porcentaje de ppm de HC, por lo que tiene su valor referencial de 41 ppm. En cambio la extra tiene un valor mucho más elevado de 48 ppm. Entre las dos muestra existe una diferencia de 7 ppm de HC.

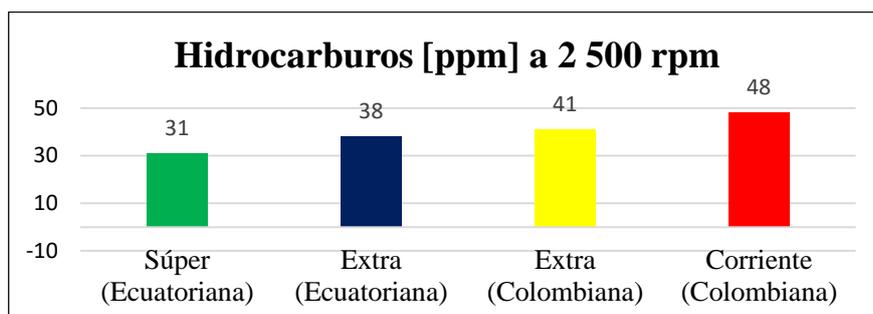
Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de HC emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 2 500 rpm.

**Tabla 24.** Consolidación de datos de HC a un régimen de 2 500 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	HC [ppm]
Súper (Ecuatoriana)	31
Extra (Ecuatoriana)	38
Extra (Colombiana)	41
Corriente (Colombiana)	48

Fuente: (Elaboración propia)

La principal razón responsable de la cantidad de hidrocarburos emitidos tiene una estrecha relación con la calidad del combustible, la cual está determinada por el número de octanos, el combustible con mayor número de octanos permitirá una combustión prácticamente completa, con una cantidad mínima de residuos.



**Figura 43.** Emisiones de HC de las cuatro muestras a 2 500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 43 podemos constatar que las cuatro muestras están a un rango de 2500 rpm por lo que se ha constatado el porcentaje de HC nos indica que las muestras ecuatorianas son de menor porcentaje, extra con 31 ppm de HC, súper tiene un valor de 38 ppm de HC, las muestras colombianas indican que tienen mayor porcentaje, extra con un valor de 41 ppm de HC y la corriente con el valor de 48 ppm de HC. La diferencia entre las dos muestra tanto ecuatorianas como colombianas tiene un valor aproximado de de 7 ppm de HC.

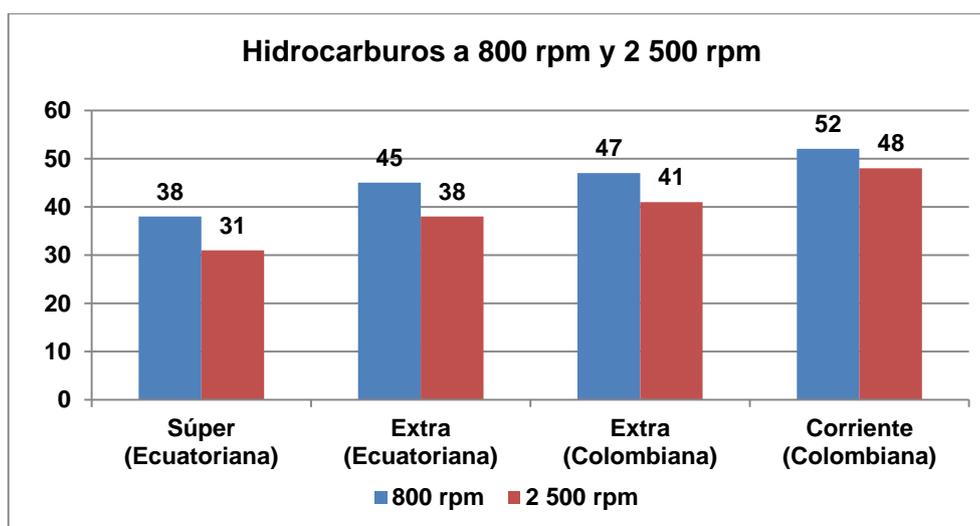
A continuación se muestra en resumen las emisiones arrojadas en las pruebas de 800 y 2500 rpm de las cuatro muestras de gasolina, para el apartado de hidrocarburos, teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 25.** Resultados de HC emitidos por las cuatro muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.

Tipo de gasolina	HC [ppm]	
	800 rpm	2 500 rpm
Súper (Ecuatoriana)	38	31
Extra (Ecuatoriana)	45	38
Extra (Colombiana)	47	41
Corriente (Colombiana)	52	48

Fuente: (Elaboración propia)

Dentro de los valores registrados en la figura 44, se puede mirar que se obtuvo un valor máximo de 52 ppm de HC, correspondiente a la gasolina corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado corresponde a 31 ppm de HC, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 43 ppm de HC.



**Figura 44.** Resultados de las emisiones de HC de las cuatro muestras a 800rpm y 2 500 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la figura 44 los resultados de las emisiones de hidrocarburos de las cuatro muestras a 800 rpm y 2500 rpm se puede constatar de que las muestras de Ecuador son de mayor octanaje que las de Colombia por ende este análisis viene de la siguiente manera las muestras ecuatorianas tienen menor porcentaje de ppm de HC a bajas y altas revoluciones, con una diferencia en la , gasolina súper y extra de 7 ppm de HC y la gasolinas colombianas extra con un valor de 6 ppm de HC y la gasolina corriente con un porcentaje de 4 ppm de HC.

#### 4.2.5 Oxígeno (O<sub>2</sub>)

En el caso del oxígeno, los valores registrados indican las proporciones de aire/combustible que están ingresando a la cámara de combustión. En relación a esta lectura, es posible hacerse una idea del tipo de mezcla que se está combustionando, siendo esta rica (menos oxígeno, más combustible) o pobre (más oxígeno y menos combustible).

#### Pruebas a 800 rpm.

#### Gasolinas colombianas

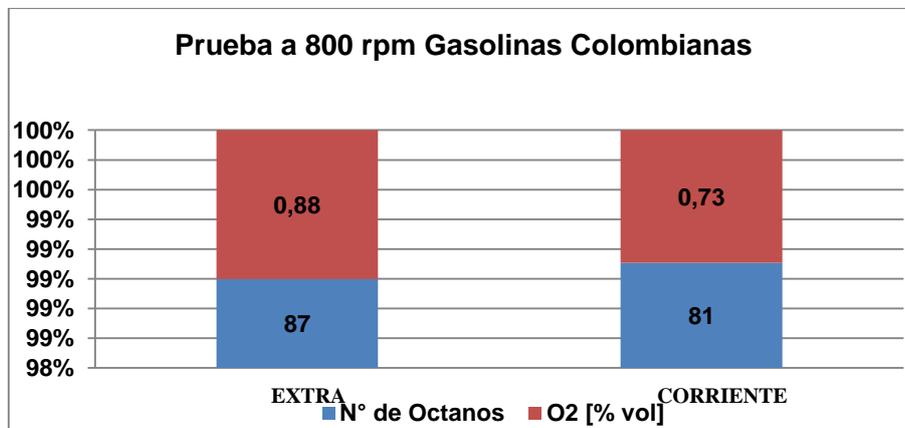
La presencia de una mayor cantidad de oxígeno se justifica puesto que el motor al trabajar a revoluciones de ralentí, los requerimientos de combustible son mínimos, consumiendo de esta manera más oxígeno que combustible.

**Tabla 26.** Resultados del oxígeno con gasolinas colombianas a 800 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	O <sub>2</sub> [% vol]
Extra	87	0,88
Corriente	81	0,73

Fuente: (Elaboración propia)

Las pruebas realizadas a las gasolinas colombianas a bajas revoluciones, indicaron la presencia de una mayor cantidad de oxígeno en relación a las otras pruebas realizadas como se verá a continuación.



**Figura 45.** Porcentaje del oxígeno con gasolinas colombianas a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la figura 45, el porcentaje del oxígeno con gasolinas colombianas constata que las emisiones de mayor octanaje la gasolina extra tienen un valor mayor de 0.88 [% vol.] de O<sub>2</sub>, mientras tanto que la gasolina corriente de menor octanaje tiene un valor de 0.73 [% vol.] de O<sub>2</sub>, existe la diferencia de 0.15 [% vol.] de O<sub>2</sub>

### Gasolinas ecuatorianas

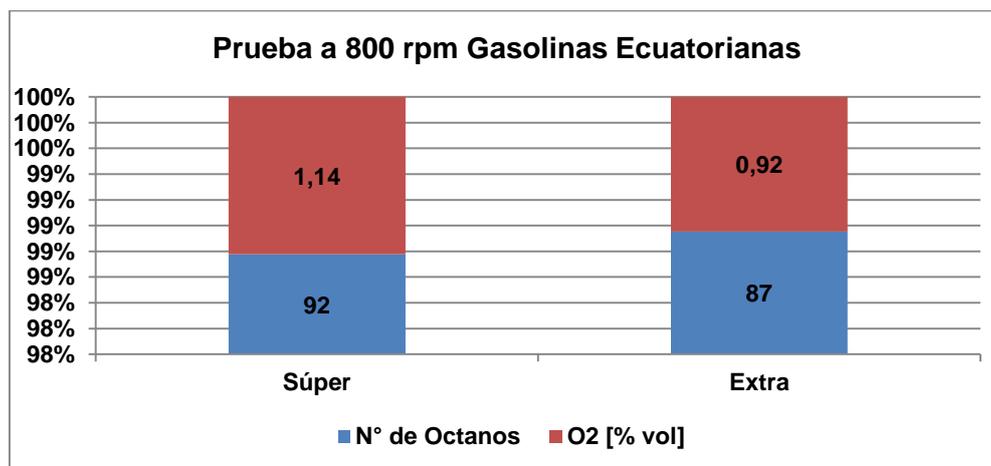
El mayor número de octanos permite un menor consumo del combustible lo que se refleja en una mayor presencia de oxígeno en las emisiones del motor con este tipo de combustible.

**Tabla 27.** Resultados del oxígeno con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	O <sub>2</sub> [% vol]
Súper	92	1,14
Extra	87	0,92

Fuente: (Elaboración propia)

La mejor calidad del combustible ecuatoriano indica en los resultados una mayor presencia de oxígeno, en comparación con las pruebas realizadas a las gasolinas colombianas.



**Figura 46.** Porcentaje del oxígeno con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 46 muestra, las gasolinas ecuatorianas que trabaja a 800rpm, la súper con 92 número de octanos prueba mayor cantidad de oxígeno con el 1.14 [% vol.] de volumen, mientras que la gasolina extra con 87 número de octanos nos refleja el 0,92 [% vol.] de O<sub>2</sub>

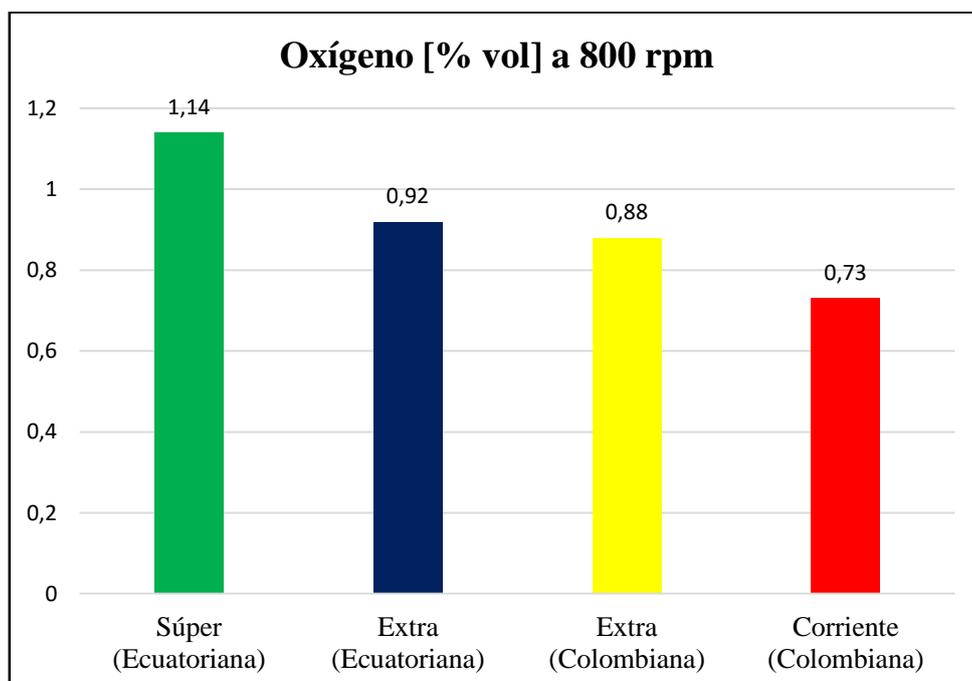
Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de oxígeno emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 800 rpm.

**Tabla 28.** Consolidación de datos de O<sub>2</sub> a un régimen de 800 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	O <sub>2</sub> [% vol]
Súper (Ecuatoriana)	1,14
Extra (Ecuatoriana)	0,92
Extra (Colombiana)	0,88
Corriente (Colombiana)	0,73

Fuente: (Elaboración propia)

Como se aprecia en la figura 47, los porcentajes de oxígeno de las gasolinas ecuatorianas son mayores a los porcentajes de las gasolinas colombianas. La diferencia en el número de octanos entre estas, se ve reflejado tanto en el consumo de combustible, el porcentaje de oxígeno y por supuesto en el impacto ambiental que estas ocasionan.



**Figura 47.** Emisiones de O<sub>2</sub> de las cuatro muestras a 800 rpm.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 47 se puede apreciar las emisiones de O<sub>2</sub> de las cuatro muestras con un escalafón de 800 rpm donde se aprecia que las gasolinas de Ecuador son de mayor octanaje por lo que brindan las muestras, la gasolina súper constata un valor de 1.14 [% vol.] de O<sub>2</sub>, la gasolina extra muestra un valor de 0.92 [% vol.] de O<sub>2</sub>, la diferencia entre las muestras ecuatorianas es de 0.22 [% vol.] de O<sub>2</sub>; mientras que las gasolinas de Colombia son las de menor octanaje, constata los siguientes valores, la gasolina extra revela un valor de 0.88 [% vol.] de O<sub>2</sub>, la gasolina corriente se puede evidenciar un valor de 0.73 [% vol.] de O<sub>2</sub>, la diferencia entre las muestras colombianas es de 0.15 [% vol.] de O<sub>2</sub>.

### Pruebas a 2 500 rpm.

#### Gasolinas colombianas

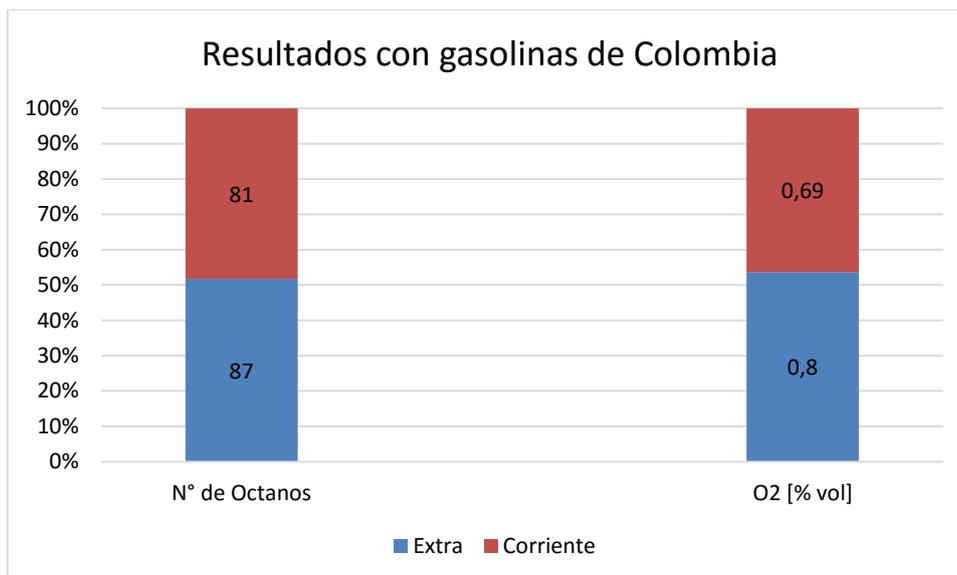
Esto, se justifica puesto que con el aumento del régimen del motor, se requiere de una mayor cantidad de combustible por lo cual, la ECU realiza una mezcla rica, siendo este el factor principal para la reducción de la presencia de oxígeno en las emisiones del motor.

**Tabla 29.** Resultados del oxígeno con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	O2 [% vol]
Extra	87	0,8
Corriente	81	0,69

**Fuente:** (Elaboración propia)

El porcentaje de oxígeno para las pruebas realizadas a 2 500 rpm a las gasolinas colombianas, registraron una disminución en la presencia de oxígeno.



**Figura 48.** Porcentaje del oxígeno con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.  
**Fuente:** (Elaboración propia)

Se observa en la figura 48, el porcentaje de gasolinas colombianas a un rango de 2500 rpm, revela que la gasolina extra de mayor octanaje nos da un porcentaje mayor de volumen de O<sub>2</sub>, mientras que la gasolina corriente brinda la lectura de menor porcentaje de volumen de O<sub>2</sub>.

### Gasolinas ecuatorianas

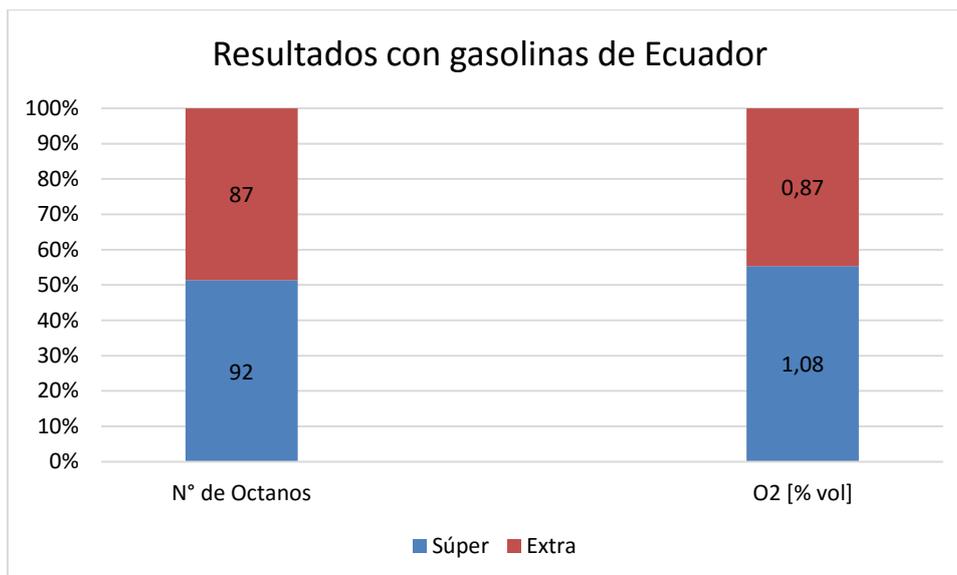
En el caso de las gasolinas ecuatorianas, también se registró una disminución del porcentaje de oxígeno presente en las emisiones, debido al aumento del régimen del motor.

**Tabla 30.** Resultados del oxígeno con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	O2 [% vol]
Súper	92	1,08
Extra	87	0,87

**Fuente:** (Elaboración propia)

Sin embargo, hay que mencionar que al contar con mayor octanaje el porcentaje de oxígeno presente en las emisiones es mucho mayor que el registrado por las gasolinas colombianas.



**Figura 49.** Porcentaje del oxígeno con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.  
**Fuente:** (Elaboración propia)

En la figura 49 el porcentaje de oxígeno con gasolinas ecuatorianas a una condición de 2500 rpm refleja que la gasolina extra es de menor octanaje por lo que su porcentaje de O2 es menor, mientras que la gasolina súper es de mayor octanaje por ende su porcentaje de O2 es mayor.

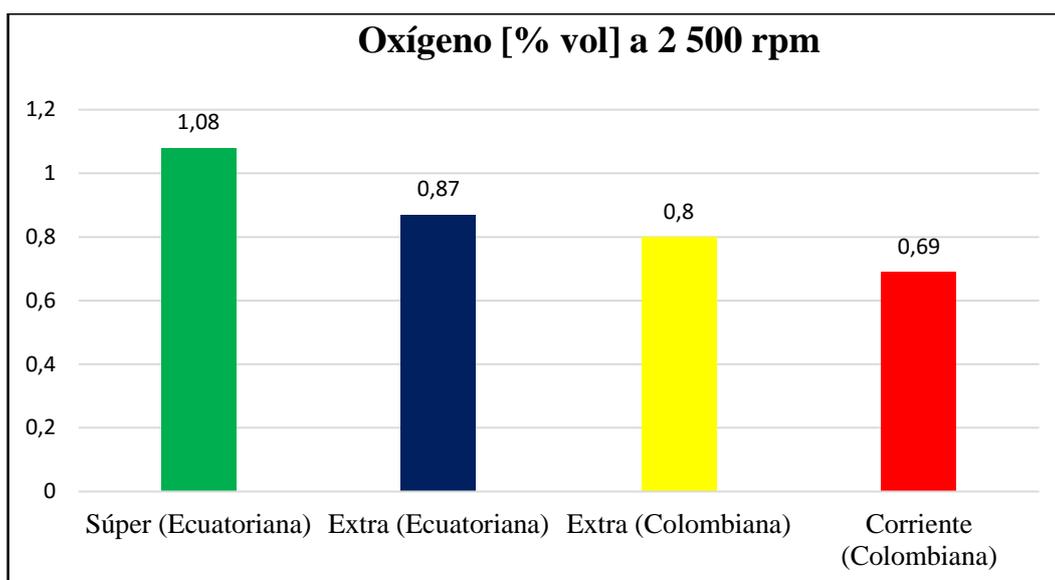
Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los porcentajes de oxígeno emitidos por cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 2500 rpm.

**Tabla 31.** Consolidación de datos de O2 a un régimen de 2 500 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	O2 [% vol]
Súper (Ecuatoriana)	1,08
Extra (Ecuatoriana)	0,87
Extra (Colombiana)	0,8
Corriente (Colombiana)	0,69

**Fuente:** (Elaboración propia)

En la figura 50, se registra una mayor presencia de oxígeno para las gasolinas ecuatorianas, a pesar de que esta prueba fue realizada a 2500 rpm (altas revoluciones), donde la presencia del O2 se ve reducida por el mayor porcentaje de combustible en la mezcla que realiza la ECU.



**Figura 50.** Emisiones de O<sub>2</sub> de las cuatro muestras a 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la figura 50, se evidencia la mayor cantidad de O<sub>2</sub> en las gasolinas ecuatorianas de mayor octanaje, las gasolinas colombianas son de menor octanaje constata la presencia de menor cantidad de O<sub>2</sub>.

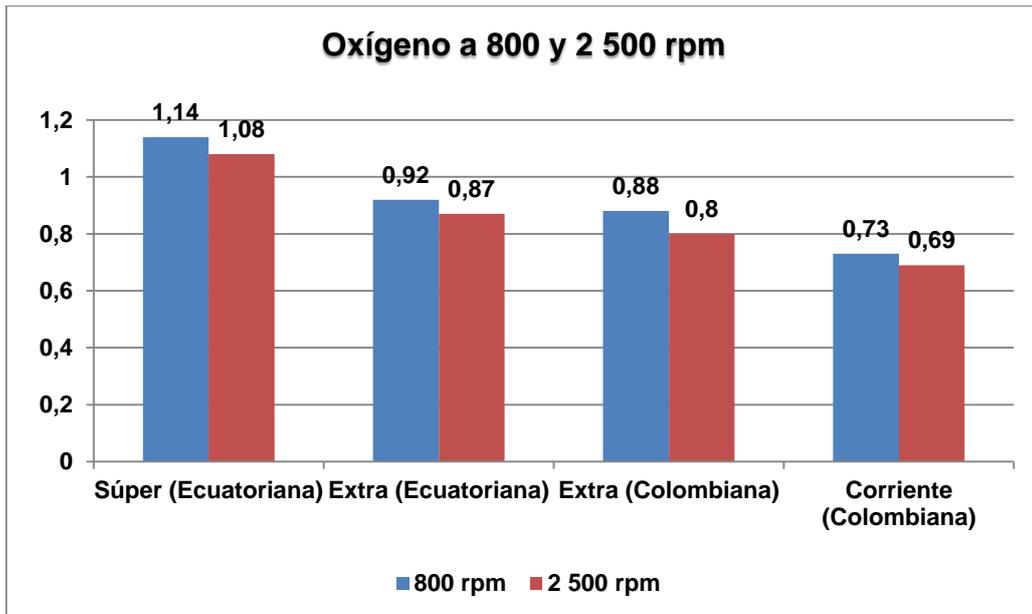
A continuación se muestra en resumen las emisiones arrojadas en las pruebas de 800 y 2500 rpm de las cuatro muestras de gasolina, para el apartado del porcentaje de oxígeno, teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 32.** Resultados de O<sub>2</sub> emitidos por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm.

Tipo de gasolina	O <sub>2</sub> [% vol]	
	800 rpm	2 500 rpm
Súper (Ecuatoriana)	1,14	1,08
Extra (Ecuatoriana)	0,92	0,87
Extra (Colombiana)	0,88	0,8
Corriente (Colombiana)	0,73	0,69

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 51 realizado las pruebas a un rango de 800 rpm y 2500 rpm las emisiones de O<sub>2</sub> para las gasolinas ecuatorianas son de mayor porcentaje de volumen de O<sub>2</sub> por mayor número de octanos, mientras que las gasolinas colombianas tienen menor porcentaje de volumen de O<sub>2</sub> por tener menor número de octanos.



**Figura 51.** Resultados de las emisiones de O<sub>2</sub> de las cuatro muestras a 800 rpm y 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

Dentro de los valores registrados en la figura 51, se puede mirar que se obtuvo un valor máximo de 1,14 % de O<sub>2</sub>, correspondiente a la gasolina súper de Ecuador, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado corresponde a 0,69 % de O<sub>2</sub>, para la gasolina corriente de Colombia bajo un régimen de 2 500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 0,89 % de O<sub>2</sub>.

#### 4.2.6 Factor lambda

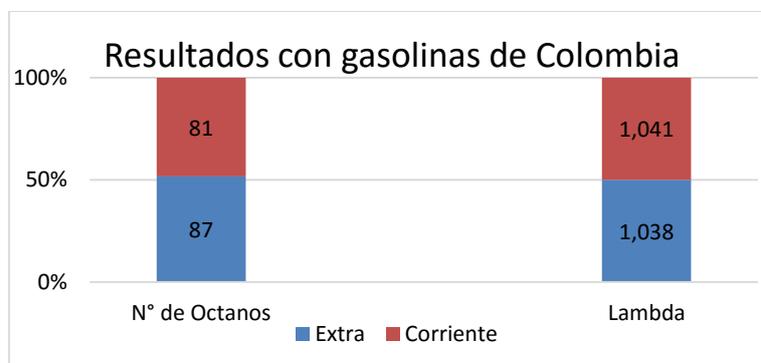
El factor lambda, es la relación de la mezcla aire/combustible real, sobre la ideal. En este caso el factor lambda ideal a obtener es igual a 1. Este valor depende directamente del porcentaje de mezcla que la ECU considere ideal para el régimen al que se encuentra operando el motor

#### Pruebas a 800 rpm.

##### Gasolinas colombianas

Un régimen bajo de operación del motor ocasiona que la mezcla este más próxima a la ideal, lo contrario ocurre al aumentar el régimen de operación del motor, como se observará a continuación.

En la figura 52, se aprecia que el factor lambda para las gasolinas colombianas aparenta ser muy cercano a 1, sin embargo como veremos a continuación, el valor registrado para estas gasolinas es muy elevado, el principal motivo es su índice de octanaje.



**Figura 52.** Factor lambda con gasolinas colombianas a 800 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 52 se puede apreciar el factor lambda con gasolinas colombianas a un rango de 800 rpm, en donde la gasolina extra de mayor numero de octanos brinda una lectura de 1.038 factor lambda, en donde se puede evidenciar que la gasolina corriente muestra una lectura de 1.041 factor lambda, existe una diferencia entre las gasolinas colombianas de 0.003 factor lambda.

### Gasolinas ecuatorianas

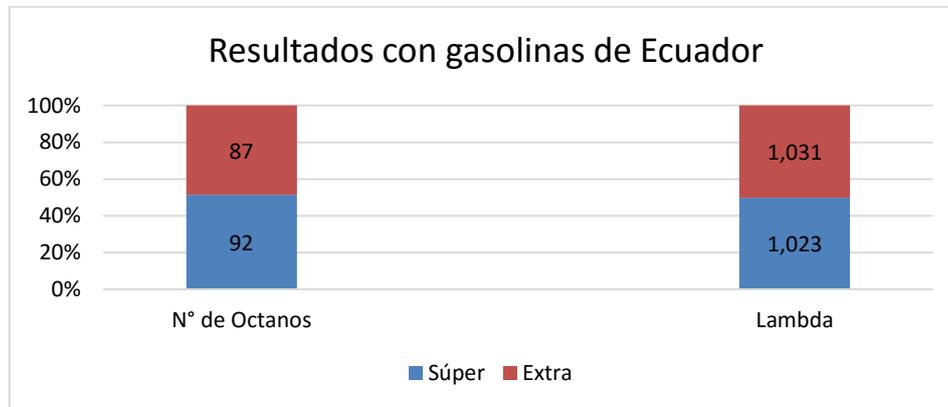
A diferencia de los valores registrados en la figura 50, para las gasolinas ecuatorianas se puede observar que los valores para el factor lambda registrados en la figura 51, son menores y por lo tanto más cercanos a 1, lo cual indica que la mezcla suministrada al motor se acerca a la ideal.

**Tabla 33.** Resultados del factor lambda con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 800 rpm		
Tipo	N° de Octanos	Lambda
Súper	92	1,023
Extra	87	1,031

Fuente: (Elaboración propia)

Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los valores del factor lambda registrados para cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 800 rpm.



**Figura 53.** Factor lambda con gasolinas ecuatorianas a 800 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

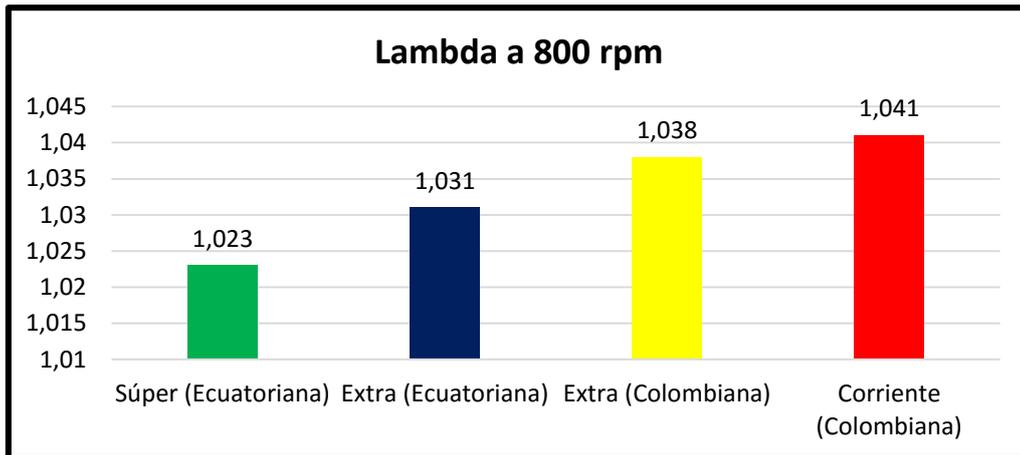
Se observa en la figura 53, se puede constatar el factor lambda con gasolinas ecuatorianas a un régimen de 800 rpm, en donde la gasolina de menor octanaje que es la extra tiene un valor de 1.031 factor lambda, mientras que la gasolina de mayor octanaje la súper tiene un factor lambda de 1.023, la diferencia entre estas dos muestras es de 0.008 de factor lambda

**Tabla 34.** Consolidación de datos del factor lambda a un régimen de 800 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	Lambda
Súper (Ecuatoriana)	1,023
Extra (Ecuatoriana)	1,031
Extra (Colombiana)	1,038
Corriente (Colombiana)	1,041

Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la figura 54, el factor de lambda a un régimen de 800 rpm, es mucho menor para las gasolinas ecuatorianas, esto indica que la relación aire/combustible se aproxima a la ideal. En el caso de las gasolinas colombianas, el valor del factor lambda está por encima del registrado para las gasolinas ecuatorianas, esto influye en la relación aire/combustible debido a que al tener un menor número de octanos se requerirá de más combustible.



**Figura 54.** Factor lambda resultante de las cuatro muestras a 800 rpm.  
**Fuente:** (Elaboración propia)

En la figura 54, refleja el factor lambda resultante de las cuatro muestras a 800 rpm, en que se evidencia las gasolinas ecuatorianas tienen un valor menor de factor lambda, la súper 1.023 de factor lambda, mientras que la extra se observa un valor de 1.031 de factor lambda, las gasolinas colombianas se puede constatar lo siguiente, la corriente con un factor lambda de 1.041 y la gasolina extra posee un factor lambda de 1.038, por lo que se puede reflejar el menor porcentaje de factor lambda tienen las gasolinas ecuatorianas, esto se debe a la variación del octanaje de sus gasolinas.

### Pruebas a 2 500 rpm.

#### Gasolinas colombianas

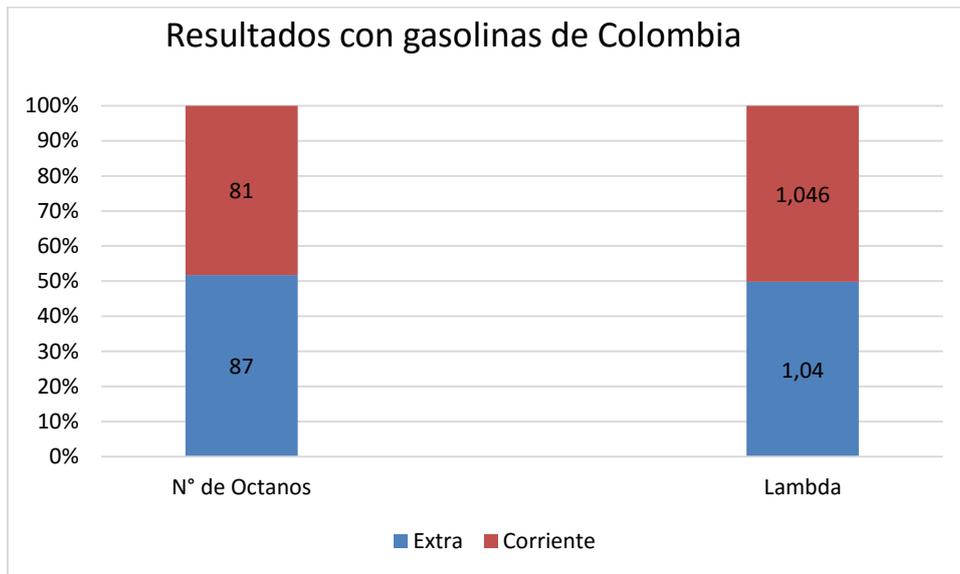
Las proporciones de aire/combustible suministrados en los distintos regímenes del motor, determina el valor del factor lambda; el cual se aproxima a la relación ideal cuando el motor opera en bajas revoluciones y se aleja, al operar en altas revoluciones.

**Tabla 35.** Resultados del factor lambda con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.

Gasolina Colombiana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	Lambda
Extra	87	1,04
Corriente	81	1,046

**Fuente:** (Elaboración propia)

El valor del factor lambda registrado en la figura 56, al operar a un régimen de 2 500 rpm, presenta un ligero aumento, lo cual indica que su proximidad a la relación ideal no es tan cercana, esto se justifica puesto que al aumentar las revoluciones del motor, la cantidad del combustible suministrado por la ECU aumenta, al mismo tiempo que la proporción de oxígeno disminuye.



**Figura 55.** Factor lambda con gasolinas colombianas a 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la figura 55 el factor lambda a un ranking de 2500 rpm no hay mucha variación en su porcentaje ya que la gasolina extra tiene un valor de 1046 de factor lambda y la gasolina corriente posee el valor de 1.04% valor lambda, en donde sus valores son semejantes.

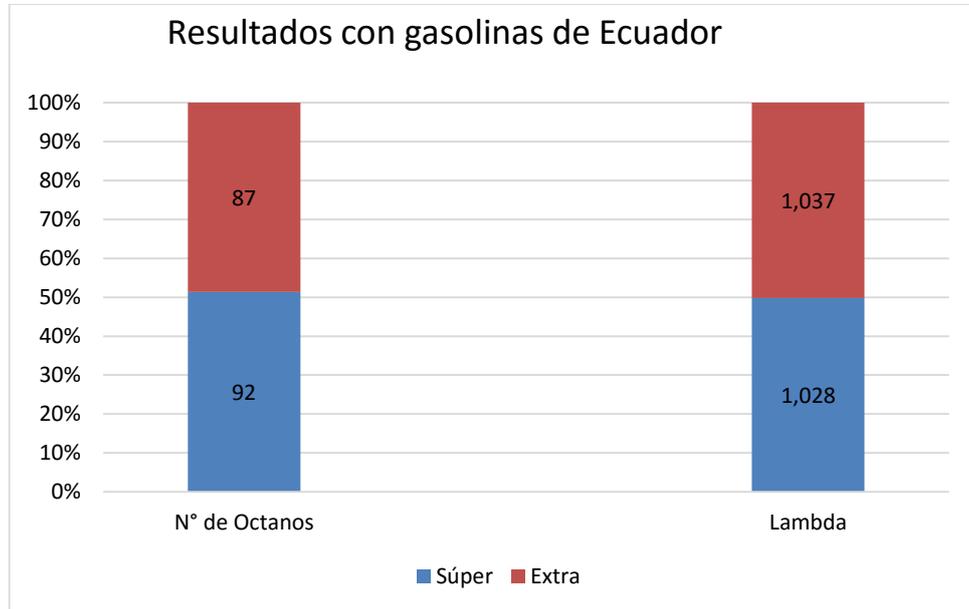
### Gasolinas ecuatorianas

**Tabla 36.** Resultados del factor lambda con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.

Gasolina Ecuatoriana		
Prueba a 2 500 rpm		
Tipo	N° de Octanos	Lambda
Súper	92	1,028
Extra	87	1,037

Fuente: (Elaboración propia)

El mayor número de octanos con los que cuentan las gasolinas ecuatorianas, hacen que el valor del factor lambda no presente mayor diferencia cuando el motor trabaja en altas o bajas revoluciones.



**Figura 56.** Factor lambda con gasolinas ecuatorianas a 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 56, se puede apreciar que el factor lambda con muestras ecuatorianas presentan el siguiente porcentaje que la de mayor octanaje la gasolina súper tiene un factor lambda de 1.028 menor que la de la muestra extra que tiene un factor lambda de 1037. existe una diferencia entre estas dos muestras ecuatorianas de 0.009 de factor lambda.

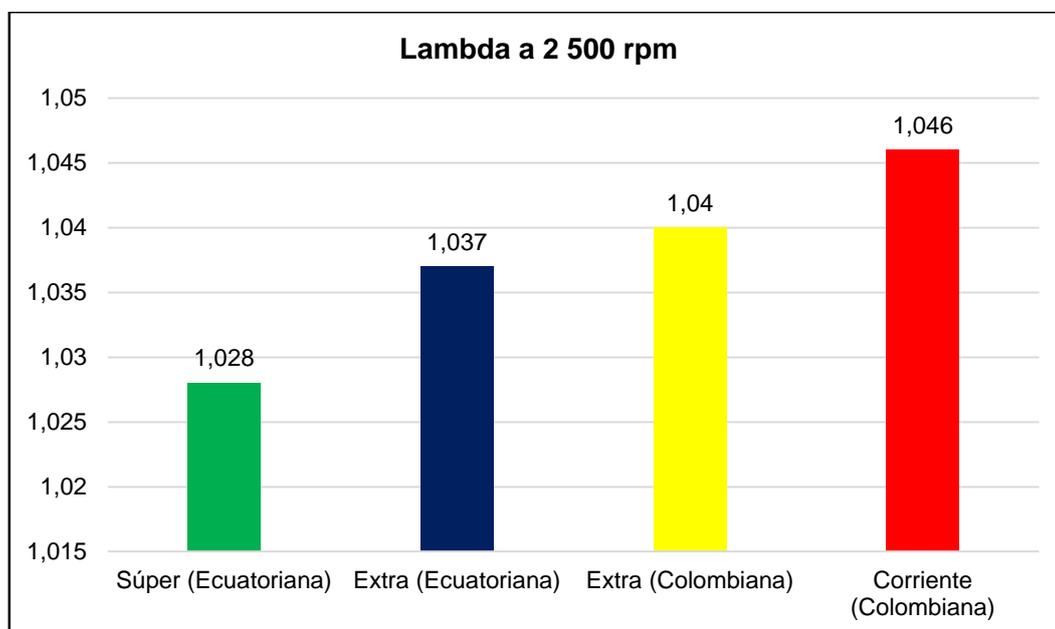
Se presenta una consolidación de datos, donde se exponen los valores del factor lambda registrados para cada una de las muestras a un régimen de operación del motor de 2 500 rpm.

**Tabla 37.** Consolidación de datos del factor lambda a un régimen de 2 500 rpm.

Consolidación	
Tipo de gasolina	Lambda
Súper (Ecuatoriana)	1,028
Extra (Ecuatoriana)	1,037
Extra (Colombiana)	1,04
Corriente (Colombiana)	1,046

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 57, es posible apreciar los valores registrados para el factor lambda a un régimen de 2 500 rpm, en esta se puede observar que la gasolina súper de Ecuador es la más próxima a la relación ideal, mientras que la más alejada a dicha relación ideal es la gasolina corriente de Colombia.



**Figura 57.** Factor lambda resultante de las cuatro muestras a 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 57 se puede observar el factor resultante de las cuatro muestras a 2500 rpm donde los resultados dan que las gasolinas ecuatorianas súper es de menor factor lambda con un valor de 1.028, la gasolina colombiana corriente es la de mayor factor lambda con un valor de 1.046, esta prueba se ha realizado a 2500 rpm.

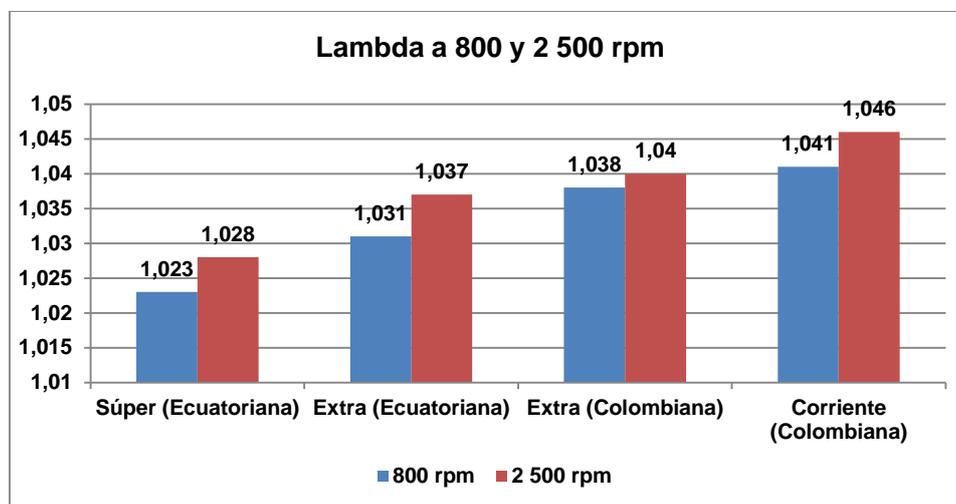
En resumen las emisiones arrojadas en las pruebas de 800 y 2 500 rpm de las cuatro muestras de gasolina, para el apartado del factor lambda, teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 38.** Valores del factor lambda registrados por las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm.

Tipo de gasolina	Lambda	
	800 rpm	2 500 rpm
Súper (Ecuatoriana)	1,023	1,028
Extra (Ecuatoriana)	1,031	1,037
Extra (Colombiana)	1,038	1,04
Corriente (Colombiana)	1,041	1,046

Fuente: (Elaboración propia)

Dentro de los valores registrados en la figura 58, se puede mirar que se obtuvo un factor de lambda máximo de 1,046, correspondiente a la gasolina corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm.



**Figura 58.** Valor del factor lambda de las cuatro muestras a 800 y 2 500 rpm.  
Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la figura 58 el valor del factor lambda a un régimen de 800 rpm y 2500 rpm, el valor más bajo registrado fue 1,023 de factor lambda, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2 500 rpm. Para este caso se tiene un promedio del factor de lambda de 1,035.

**Tabla 39** Resultados de las pruebas en base a Normas INEN

TIPO DE GASOLINA	CO	NORMA INEN	CO2	NORMA INEN	HC ppm	NORMA INEN	O2	NORMA INEN	LAMBDA	NORMA INEN
SUPER ECUATORINA	0.15	APRUEBA	12.1	APRUEBA	38	APRUEBA	1.14	NO APRUEBA	1.023	NO APRUEBA
EXTRA ECUATORINA	0.23	APRUEBA	13.8	APRUEBA	45	APRUEBA	0.92	NO APRUEBA	1.031	NO APRUEBA
CORRIENTE IPLIALES COLOMBIANA	0.18	APRUEBA	15.9	APRUEBA	52	APRUEBA	0.73	NO APRUEBA	1.041	NO APRUEBA
EXTRA PASTO COLOMBIANA	0.1	APRUEBA	14.3	APRUEBA	47	APRUEBA	0.88	NO APRUEBA	1.038	NO APRUEBA

Elaboración: El autor

### Indicadores de normas INEN 935

- Monóxido de carbono (CO): el valor máximo de 0.6%.
- Dióxido de carbono (CO2): debe encontrarse en un rango superior al 11% pero inferior al 17%.

- Hidrocarburos (HC): su valor es de 160 ppm.
- Oxígeno (O<sub>2</sub>): este valor debe ser igual a 1%
- Lambda: este valor debe ser lo más cercano a 1.

#### 4.2.7 Óxidos de nitrógeno (Nox)

Los óxidos de nitrógeno o también conocidos como Nox, es otro de los residuos de la combustión, sin embargo, hay que mencionar que la medida de estos no se pudo llevar a cabo, puesto que la medición de este tipo de emisión es de alto costo, al mismo tiempo que requiere de un equipamiento especial.

En los países de Latinoamérica, los Nox prácticamente no se miden, por las condiciones antes mencionadas, en su lugar se presta mayor atención a tres de las emisiones resultantes de la combustión, los cuales son: CO, HC y CO<sub>2</sub>.

De los resultados se determina que no cumple con los requerimientos básicos de calidad, por lo siguientes aspectos:

- Con una relación “lambda = 1”, se obtiene una combustión perfecta porque el aire aspirado coincide con el teórico (el aire aspirado es el 100 % del teórico necesario).
- Con una relación “lambda < 1”, por ejemplo 0,8 indica escasez de aire por lo que la mezcla resulta rica de combustible (el aire aspirado es solo el 80 % del necesario).
- Con una relación “lambda > 1”, por ejemplo 1,20 indica exceso de aire, por consiguiente una mezcla pobre (el aire aspirado es un 120 % del teórico, es decir un 20 % más del necesario).

#### 4.2.8 Síntesis

El número de octanos de un combustible influye directamente en los resultados de un análisis de gases. El combustible que contenga un mayor número de octanos ocasionará un

menor impacto ambiental, tanto en sus emisiones como en sus consecuencias sobre los seres humanos.

Uno de los aspectos que más llamo la atención al momento de realizar las pruebas fue que tanto la gasolina extra de Ecuador como la extra de Colombia, registrarían los mismos resultados, puesto que el número de octanos de ambas gasolinas es el mismo (87 octanos), sin embargo, en la práctica no fue así y los resultados emitidos indican que la gasolinas ecuatoriana es de mejor calidad al emitir un menor porcentaje de contaminantes.

El régimen de operación del motor también influye sobre los resultados de las emisiones, durante el proceso en que se llevaron a cabo las pruebas, se pudo notar que en bajas revoluciones (800 rpm) las emisiones contaminantes aumentan, a diferencia de los valores registrados en altas revoluciones (2 500 rpm).

En el caso de los niveles de oxígeno contenido en las emisiones, se pudo notar que mientras más bajo sea el régimen de operación mayor presencia de oxígeno existirá puesto que la mezcla suministrada al motor es pobre, a diferencia, cuando el motor opera en altas revoluciones, donde sucede lo contrario.

El factor lambda se ve directamente afectado por el régimen al que opera el motor, ya que la proporción de la mezcla aire/combustible está controlado por la ECU, y debe adaptarse en tiempo real al cambio de régimen del motor, procurando siempre acercarse lo más posible al factor lambda ideal.

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.2 Conclusiones

- Las gasolinas de Ecuador presentar un grado de octanaje mayor, la gasolina súper (Ibarra-Ecuador), tiene un numero de 92 octanos, mientras que la gasolina extra (Ibarra-Ecuador) su número es de 87 octanos; con respecto a las gasolinas de Colombia que tiene menor octanaje, la gasolina extra (Pasto-Colombia) tiene un numero de 87 octanos, mientras que la gasolina corriente (Ipiales-Colombia) presenta un numero de 81 octanos.
- Las emisiones de Monóxido de Carbono, realizado las pruebas con las cuatro muestras de gasolinas ecuatorianas y colombianas, dentro de los valores registrados, se obtuvo un valor máximo de 0,23 % de CO, correspondiente a la gasolina corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado corresponde a 0,03 % de CO, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2 500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 0,12 % de CO.
- Las emisiones de dióxido de carbono, realizado las pruebas con las cuatro muestras ecuatorianas y colombianas, se obtuvo un valor máximo de aproximadamente 16 % de CO<sub>2</sub>, correspondiente a la gasolina corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado fue de 11,7 % de CO<sub>2</sub>, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2 500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 13,7 % de CO<sub>2</sub>.
- Las emisiones de Hidrocarburos, realizado con las cuatro muestras ecuatorianas y colombianas, se obtuvo un valor máximo de 52 ppm, correspondiente a la gasolina

corriente de Colombia, registrada al operar a un régimen de 800 rpm; por otro lado, el valor más bajo registrado corresponde a 31 ppm, para la gasolina súper de Ecuador bajo un régimen de 2 500 rpm. Para este caso se tiene un promedio de 43 ppm de HC.

- Para el caso del motor Chevrolet Sail utilizado durante las pruebas, el motor del mismo opera en una relación de 10,2:1 (alta compresión). Cuando se utilizó gasolina colombiana corriente de 81 octanos, al pasar los 2000 rpm, el combustible empezó a auto-ignición, ocasionando un cascabeleo en el motor debido a las explosiones prematuras. Por otro lado, la gasolina extra colombiana de 87 octanos, auto-ignición por si misma cuando el motor pasaba las 2500 rpm, provocando el mismo efecto en el motor.

### 5.3 Recomendaciones

- Para determinar resultados diversificados, es necesario realizar pruebas con las cuatro muestras empleadas en este estudio, utilizando otros medios de transporte propulsados con gasolina, como por ejemplo motocicletas, cuadrones, motores de lanchas, entre otros, lo que permitirá determinar los niveles de contaminación emitidos por estos en relación al índice de octanaje del combustible.
- En base a los valores de las emisiones registradas en el presente estudio, se recomienda realizar proyecciones con su respectivo análisis para determinar de manera detallada como se reduce el impacto ambiental al utilizar combustibles de alto octanaje.
- En el futuro se recomienda realizar pruebas en motores a gasolina de los vehículos híbridos para determinar la cantidad de emisiones generadas por estos al operar con combustibles de distinto octanaje, con la finalidad de determinar los porcentajes de contaminación que se genera.
- El octanaje de un combustible tiene estrecha relación, con la relación de compresión de un motor, es por ello que en motores de alta compresión se requiere utilizar un combustible de alto octanaje para lograr su óptimo rendimiento, reducción del consumo y disminuir las emisiones.
- Se recomienda realizar pruebas similares si se dispone de combustibles con mayor índice de octano, con la finalidad de actualizar la información ya establecida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Pérez, J. M. (2004). Técnicas del automóvil. Inyección de Ficha gasolina y dispositivos anticontaminación. Barcelona, Madrid: Paraninfo.
- Chevrolet. (2014). Chevrolet Sail. Recuperado el 20 de noviembre de 2015, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Chevrolet\\_Sail](https://es.wikipedia.org/wiki/Chevrolet_Sail)
- Ecopetrol. (11 de Junio de 2011). Gasolina en Colombia. Obtenido de <http://www.potencialimite.com/smf/index.php?topic=28543.0>
- El Mercurio. (13 de enero de 2010). Ecuador arranca venta de biocombustible - BBC. Recuperado el 18 de diciembre de 2015, de [http://www.elmercurio.com.ec/227858-con-biogasolina-el-ecuador-ahorra-32-millones-al-ano-e-impulsa-la-agroindustria/#.Vo6MGk83K\\_Q](http://www.elmercurio.com.ec/227858-con-biogasolina-el-ecuador-ahorra-32-millones-al-ano-e-impulsa-la-agroindustria/#.Vo6MGk83K_Q)
- Gómez J. (12 de Julio de 2010). Analizador de gases. Obtenido de [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001766/Temas/General/15\\_AnalisisGases.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001766/Temas/General/15_AnalisisGases.htm)
- Herrera J. (31 de Octubre de 2012). Análisis de la reducción en la emisión de contaminantes del aire. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6044/1/T-ESPE-034548.pdf>
- INEN. (02 de Septiembre de 2012). Gestión ambiental, aire, vehículos automotores, límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. Obtenido de [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAAahUKEwik07Ly98THAhWH2R4KHZTiAr8&url=http%3A%2F%2Fwww.ant.gob.ec%2Fold%2Findex.php%2Fmanuales-zimbra%2Fdoc\\_download%2F293-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-2-20](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAAahUKEwik07Ly98THAhWH2R4KHZTiAr8&url=http%3A%2F%2Fwww.ant.gob.ec%2Fold%2Findex.php%2Fmanuales-zimbra%2Fdoc_download%2F293-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-2-20)
- López Vicente, J. (2007). Manual del automóvi. Reparación y Eicha mantenimiento: el motor de gasolina. Barcelona, España: Cultural, S. A.
- López, M. (2003). Manual del automóvil. Reparación y Eicha mantenimiento: el motor de gasolina. Madrid, España: Cultural S. A.
- Lozano V. (15 de Febrero de 2009). Estudio del impacto ambiental con énfasis en el plan de contingencia de una comercializadora de combustible. Obtenido de <http://www.hivimar.com/descargas/documentos/EsIA.pdf>
- Manuel, O. A. (2010). Tecnología del automóvil. Quito, Ecuador: Paraninfo S. A.
- Manuel, O. A. (2010). Tecnología del automóvil. México, D. F.: Paraninfo.

- Ministerio del Ambiente. (19 de Agosto de 2010). Plan nacional de la calidad del aire. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Ocampo D., W. A. (2010). La biogasolina una alternativa ambiental en Colombia. Recuperado el 15 de diciembre de 2015, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0120-62302006000400001&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-62302006000400001&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Petroecuador. (17 de julio de 2015). Precios de venta de las terminales. Obtenido de [http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh\\_docsusogeneral/002220.pdf](http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh_docsusogeneral/002220.pdf)
- Snyde Gerard, W. R. (2005). Motor de gasolina de dos tiempos Ficha operación, prueba y evaluación. México D. F.: Limusa.
- Torres M. (22 de Abril de 2005). El petróleo y el medio ambiente. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos21/petroleo-y-medio/petroleo-y-medio.shtml>
- Trujillo Mena, R. F. (2010). Hidrocarburos manejo seguro. México: Ecoe libros.
- Vásquez D. (11 de Febrero de 2015). Análisis del sistema de control de emisiones. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec:8080/bitstream/37000/462/1/T-UIDE-0440.pdf>

# **ANEXOS**



**Figura 59.** Muestras de gasolina colombiana.



**Figura 60.** Finalización de la prueba de estanqueidad.



**Figura 61.** Equipo analizador de gases con su respectiva sonda, pre-filtro y trampa de agua.



**Figura 62.** Prueba de estanqueidad realizada por el analizador de gases.

**FACULTAD DE EDUCACION CIENCIA Y TECNOLOGIA  
INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**



Oficio N° 050-IMA  
Ibarra, 16 julio 2015

Doctor  
Milton Ramírez  
**TÉCNICO DE LABORATORIO CARRERA CIMA**

Cordial Saludo:

Mediante el presente, me permito informar que se autoriza la entrega del analizador de gases que se encuentra en el taller de Ing. Mantenimiento Automotriz a los señores estudiantes: Cristian Bolaños y Fred Pule con la finalidad de realizar pruebas de emisión de motor de inyección electrónica con catalizador para el desarrollo del Trabajo de Grado, bajo la responsabilidad del Ing. Carlos Segovia, a partir del jueves 16 y viernes 17 de julio del 2015.

Atentamente,  
**CIENCIA Y TECNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO**



Carmita Ch.

16-07-2015  
21/07

**Figura 63.** Oficio de solicitud del equipo analizador de gases.