

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Artículo de Investigación para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica
Automotriz

Tema: Estudio de las Emisiones de Gases Contaminantes en función de la Altitud en la
Zona Norte del Ecuador.

Barrera Echeverría Josué David
Escobar Cárdenas Pablo Gerardo
Navas Sánchez Juan Carlos

Tutor: MSc. Gorky Reyes

Quito, Octubre 2018

Quito, Octubre 2018

CERTIFICADO

Por medio del presente certificado damos a conocer que el artículo presentado es de la autoría de Barrera Echeverría Josué David, Escobar Cárdenas Pablo Gerardo, Navas Sánchez Juan Carlos, nosotros declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra propiedad intelectual; este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Nosotros cedemos los derechos de autoría a la Universidad internacional del Ecuador, para que la misma realice la publicación en el repositorio digital de la universidad



Barrera Echeverría Josué David



Escobar Cárdenas Pablo Gerardo



Navas Sánchez Juan Carlos

Yo, Ing. Gorky Reyes certifico que conozco a los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.

MSc. Gorky Reyes.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad

Doy gracias a mis padres Luis y Sonia por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir

Agradezco a cada uno de los profesores que a lo largo de mi carrera compartieron grandes conocimientos y experiencias de la vida estudiantil y profesional.

Barrera Echeverría Josué David

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Barrera Echeverría Josué David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Marlon y Narciza, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Gracias Paola y Emiliano, por estar presentes todos los días brindándome esa voz de aliento, para ser mejor cada día.

Agradezco a nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Escobar Cárdenas Pablo Gerardo

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mi futura esposa y mi hijo por luchar conmigo cada uno de estos largos días.

A mis hermanos por estar siempre presentes a lo largo de esta etapa.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Escobar Cárdenas Pablo Gerardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen porque siempre están a mi lado y me guiaron continuamente en este proceso, en el cual me dieron las fuerzas y la aptitud para culminar mis estudios, a mi madre y mi padre quienes me han formado como persona y han sido mis pilares para desarrollarme y a mis hermanas quienes han sido siempre un apoyo para continuar hacia adelante.

Navas Sánchez Juan Carlos

DEDICATORIA

Dedico este artículo a Dios, la Virgen y mi familia

A mis padres Catalina Sánchez, Juan Carlos Navas y mis hermanas Paola Navas y Andrea Navas

Navas Sánchez Juan Carlos

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

**ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN FUNCIÓN
DE LA ALTURA EN LA ZONA NORTE DEL ECUADOR.**

Barrera Echeverría Josué David

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: barrerajosue953@gmail.com

Escobar Cárdenas Pablo Gerardo

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: pablotmdonic@hotmail.com

Navas Sánchez Juan Carlos

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: jc_navas@hotmail.com

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2.1 Gasolina.....	13
2.2 Combustión.....	14
2.3 Altitud.....	14
2.4 Gases Contaminantes.....	14
2.5 Monóxido de Carbono CO.....	14
2.6 Dióxido de Carbono CO₂.....	14
2.7 Hidrocarburos HC y Aldehídos.....	14
2.8 Oxígeno O₂.....	14
2.9 Contaminación.....	14
3 MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	15
3.1. Metodología.....	15
3.1.1 Normativa.....	15
3.1.2 Protocolo de Pruebas de Emisión de Gases.....	16
3.1.3 Pruebas Estáticas en Ralentí y a 2500 Rpm dependiendo de la Altura en Ecuador.....	16
3.1.4 Variables Dependientes.....	16
3.1.5- Variables Independientes.....	16
3.2 Materiales y Equipos.....	17
3.2.1.- Combustibles.....	17
3.2.2.- Vehículo de prueba.....	17
3.2.3. Línea de Base.....	17
3.2.4.- Equipo.....	17
3.3 ZONA DE PRUEBA.....	17
3.3.1 Cantidades de vehículos que circulan por esta carretera.....	18
3.3.2 Tiempo del Valle del Chota a la ciudad el Ángel.....	18
3.3.3 Pulso de inyección en estos 2 puntos.....	18
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	18
4.1 Resultados Chota.....	18
4.2 Resultados Bolívar.....	19
4.3 Análisis.....	19
4.3.1 Análisis de Monóxido de Carbono en Relación a la Altitud.....	19
4.3.2- Análisis de Dióxido de Carbono en Relación a la Altitud.....	19
4.3.3 Análisis de Oxígeno en Relación a la Altitud.....	20
4.3.4 Análisis Partículas por Millón de HC en Relación a la altura.....	20

5. CONCLUSIONES:	21
ANEXO 1.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 2.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 3.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 4.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 5.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 6.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 7.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 8.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 9.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 10.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 11.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 12.....	¡Error! Marcador no definido.

ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD EN LA ZONA NORTE DEL ECUADOR.

Barrera Echeverría Josué David, Escobar Cárdenas Pablo Gerardo, Navas Sánchez Juan Carlos

Resumen: Debido a que los gases de escape contaminantes que emanan los vehículos hoy en día han sido un gran problema, generando impacto para el medio ambiente, Ecuador a pesar de sus pequeñas dimensiones, es uno de los países con mayor diversidad geográfica del mundo, por lo que en un corto lapso de tiempo se tiene una amplia variación de altura. El objetivo de esta investigación fue determinar la variación de emisión de gases contaminantes a diferente presión atmosférica, las cuales se plantearon en dos lugares: Bolívar (Carchi) y Ambuquí (Valle del Chota), se estableció las dos localidades ya que en un corto lapso de tiempo que son 25 minutos se obtiene una diferencia de altitud de las dos localidades las cuales van de (3007) en Bolívar a (1500) en Ambuquí. Este proceso experimental se basa en dos tipos de condiciones geográficas con una variación de altitud, donde se opera el vehículo de pruebas, con una elevación desemejante y un combustible que es gasolina súper, para así realizar una comparativa de emisiones de gases contaminantes (prueba estática), basándose en la normativa INEN 2203. Los resultados conseguidos en la medición de emisiones en la prueba estática demuestran que el CO prolifera según la altura en un porcentaje del 66% cada 500(msnm) efecto de la combustión deficiente del carburante, el CO₂ tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm), el O₂ se intensifica en un 40% cada 500(msnm), el HC aumenta en un 50% cada 500(msnm), por lo tanto se concluyó que el incremento de las emisiones contaminantes es notario referente a la ubicación geográfica mediante la prueba estática a excepción del CO₂ que decrece en función de la altitud comparando los valores iniciales, aun cumpliendo la normativa antes señalada INEN 2203.

Palabras clave: variación de altitud, INEN 2203, gases contaminantes, emisiones.

Abstract: Because the exhaust gases are polluting and vehicles today have been a big problem, generating impact for the environment, Ecuador, despite its small size, is one of the countries with the greatest geographic diversity in the world, which in a short period of time has a wide variation in height. The objective of this investigation was to determine the variation of the emission of polluting gases at different atmospheric pressures, which were proposed in two places: Bolívar (Carchi) and Ambuquí (Valle del Chota), was established in the localities and in which it was carried out a short time from time that son 25 minutes was obtained a difference of altitude of the localities which go from (3007) in Bolivar to (1500) in Ambuquí. This experimental process is based on two types of geographical conditions with a variation of altitude, where the test vehicle can be used, with an unbalanced elevation and a fuel that is super fuel, to make a comparison of polluting gases (static test), based on the INEN 2203 regulation. The results obtained in the measurement of emissions in the static test that the CO proliferates according to the height in a percentage of 66% every 500 (msnm) the effect of the deficient combustion of the fuel, the CO₂ has a decrease of 2% every 1500 (msnm), the O₂ intensifies by 40% every 500 (msnm), the HC increases by 50% every 500 (msnm), therefore it is concluded that the increase in polluting emissions is a notary that refers to the Geographical location by means of the static test is an exception of the CO₂ that decreases in function of the altitude comparing the initial values, even fulfilling the aforementioned regulations of the RTV.

Keywords: variation of altitude, INEN 2203, polluting gases, emissions.

1. INTRODUCCIÓN.

Debido a que los gases de escape contaminantes que emanan los vehículos hoy en día han sido un gran problema para el medio ambiente. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar los factores de emisión de gases contaminantes producidos por un vehículo Aveo Emotion, el cual según datos de la AEADE desde su introducción al país es el más común en el mercado y ha sido el auto más comercializado en el país en los últimos años, tomando en cuenta una variante que es la altitud, seleccionando dos localidades al norte del país, ubicadas en el Valle del Chota y el Cantón Bolívar (Carchi). Se ha tomado estos dos puntos para realizar las respectivas mediciones de gases contaminantes por su afluencia representativa de vehículos que circulan en este trayecto mensualmente que son 204589 vehículos, en zonas que tienen desemejantes condiciones geográficas y climáticas, las cuales se recorren en un corto lapso de tiempo y se encuentran situados a 30km de distancia. [6]

Los procesos de combustión se ven afectados por la altitud donde se desarrollan. La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas, así como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste, ocasionando una afectación del proceso de combustión con relación al que se realiza en condiciones de presión normal.

Sin embargo, existen otros factores que influyen directamente en la generación de emisiones contaminantes tales como: la edad del parque automotor y la tecnología del vehículo.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La contaminación causada por los gases de escape de los automotores se ha convertido en un serio problema para todos los países, siendo tan grave, que constituye una grave amenaza para la salud pública y la del planeta. La relación del uso de vehículos motorizados versus la contaminación ambiental se traduce en buscar opciones para reducir esta última, sin restringir el uso de automotores, puesto que son necesarios para el desarrollo de la humanidad.

2.1 Gasolina

Es una mezcla de hidrocarburos alifáticos obtenida del petróleo por destilación fraccionada, la cual se usa en motores de combustión interna, también considera como una mezcla de hidrocarburos líquidos, inflamables y volátiles logrados tras la destilación del petróleo, la cual posee las características mencionadas en la tabla N°1.

Tabla 1 Características de la gasolina INEN 935

Característica	Unidad	Gasolina
Densidad	Kg/l	0,75
Volatilidad	Kg/cm ²	0,75
Relación estequiometría máxima	Aire/combustible	15,2
Auto ignición	C	367
Poder calorífico	KJ/Kg	42900

Fuente: Los Biocarburantes [11]
http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/Los_biocarburantes.asp

Es necesario que la gasolina cumpla estrictamente con una serie de condiciones requeridas para que el motor funcione en excelentes condiciones y también tiene enfoque

con la parte de emisiones de gases contaminantes.

2.2 Combustión

Es una reacción química exotérmica que desprende luz y calor, en los motores de combustión interna la luz no interesa, lo que se aprovecha es el calor. Dicha energía hace que los gases se expandan, provocando el movimiento del pistón en el interior del cilindro, y este a su vez mueve al eje del cigüeñal, los gases de combustión son expulsados por el sistema de escape, y en los vehículos con sistema de control de emisiones, pasa por el convertidor catalítico. [7]

2.3 Altitud

Es la distancia vertical de un punto de la Tierra respecto al nivel del mar, llamada elevación sobre el nivel medio del mar, en contraste con la altura, que indica la distancia vertical existente entre dos puntos de la superficie terrestre; y el nivel de vuelo. [2]

2.4 Gases Contaminantes

Son elementos que concentrados en altas cantidades en la atmósfera generan riesgos y problemas medioambientales para los seres vivos. Una parte de los mecanismos de generación de estos gases contaminantes provienen de motores de combustión interna. [3]

2.5 Monóxido de Carbono CO.

Es un gas incoloro e inodoro, producido durante la combustión incompleta de los combustibles. Es un compuesto químico muy tóxico por su letalidad, disminuye la sensibilidad visual. [3]

2.6 Dióxido de Carbono CO₂.

Es un gas producto de la combustión incompleta de los combustibles, no es nocivo para la salud de los seres vivos al formar parte de la respiración; sin embargo, el calentamiento global por el efecto invernadero es atribuido principalmente a este gas. [3]

2.7 Hidrocarburos HC y Aldehídos.

Tiene que ver con los residuos no quemados de aquellos hidrocarburos (compuestos de carbono e hidrógeno) componentes de los combustibles. Los Aldehídos son también compuestos de carbono e hidrógeno, pero que incluyen oxígeno en su molécula. [3]

2.8 Oxígeno O₂

Es un elemento químico gaseoso, incoloro, inodoro e insípido, abundante en la corteza terrestre. Cuando en el motor hay exceso de aire, aparece como gas en los gases de combustión y es una medida de la eficiencia de la combustión. Se usa para determinar los parámetros de combustión y como variable de referencia.

2.9 Contaminación

La Organización Mundial de la Salud considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud. En un reciente informe se ha estimado que la contaminación ambiental debida a partículas es responsable de 1,4% de todas las muertes en el mundo. [8]

La OMS desarrolla y elabora directrices sobre la calidad de aire en las que recomienda límites máximos de exposición a los principales contaminantes del aire.

Los gases, al concentrarse en sitios cerrados producen algo conocido como la muerte dulce, ya que la inhalación de monóxido de carbono que genera la combustión de la gasolina o de otros combustibles, causan una intoxicación del organismo.

En el planeta Tierra existen los gases de efecto invernadero los cuales regulan la temperatura de la tierra de forma natural, pero el aumento de los mismos provoca nocivas consecuencias. Lo cual el CO₂ que es expulsado por los automóviles es el que más contribuye al cambio climático este gas nocivo tiene

un 80% de las emisiones totales y su principal fuente de emisión es la quema de combustibles como el petróleo, además los gases de efecto invernadero permanecen activos en la atmósfera durante un largo tiempo.

Para que se produzca una combustión ideal dentro de la cámara de combustión se necesita una mezcla de aire combustible y esta tenga una relación 14,7 partes de aire por quemar una parte de gasolina, esto es lo que ya se lo conoce como relación estequiometría. Si existe un exceso de aire disminuye la velocidad de combustión y cuando se carece del aire suficiente en la mezcla producirá que no se queme toda la gasolina. [9]

La unidad de control inyecta menos cantidad de combustible a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, además la menor temperatura del aire exterior obliga a avanzar el ángulo de encendido porque disminuye la velocidad de combustión, con el fin de cumplir con los límites de emisiones para vehículos a gasolina establecidos según la normativa Euro III explicada en la tabla N°2 [10]

Tabla 2 Combustibles y gases

Límites de emisiones para vehículos a gasolina (g/Km).						
Tip o	Año	CO	HC	Nox	HC+NOx	PM
Euro I	dic-92	2,7	N/D	N/D	0,97	N/D
Euro II	ene-97	2,2	N/D	N/D	0,5	N/D
Euro III	ene-00	2,3	0,2	0,15	N/D	N/D
Euro IV	ene-05	1	0,1	0,08	N/D	N/D
Euro V	9-sep	1	0,1	0,06	N/D	0,005+
Euro VI	ago-14	1	0,1	0,06	N/D	0,005+

Fuente: Tabla Euro III de emisiones. [12]

3 MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Metodología

Este proceso experimental se basa en el análisis de gases en dos tipos de condiciones geográficas (Valle del Chota y el Ángel) con una variación de altitud, donde se opera el vehículo de pruebas, con una altitud desemejante y un combustible que es gasolina súper, para así realizar una comparativa de emisiones de gases contaminantes, basándose en la normativa INEN 2203. (Prueba Estática).

3.1.1 Normativa

Se ha considerado las Normativas vigentes en el país como: el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 017: Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, del cual se definen las normas a seguir para motores de gasolina. Entre las que se encuentran las normas NTE INEN 2203: Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna; NTE INEN 2204: Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina; y la norma NTE INEN 2349: Revisión técnica vehicular, en la tabla N°3 se visualiza los límites de emisiones permitidas según norma 2349. [4]

Tabla 3 Límites de emisiones de gases según año de fabricación

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

Fuente: Normativa INEN 2349

3.1.2 Protocolo de Pruebas de Emisión de Gases.

Para lograr dicho objetivo, se realizará una serie de pruebas y se ha considerado cuatro medidas. Se ejecutará una medición estática de gases, en la que se considerara cuatro parámetros que son: hidrocarburos no combustionados HC (ppm), monóxido de carbono CO (%V), dióxido de carbono CO₂ (%V) y oxígeno O₂ (%V).

3.1.3 Pruebas Estáticas en Ralentí y a 2500 Rpm dependiendo de la Altura en Ecuador

Para el análisis y comparación de las mediciones, se relacionó con los datos del Instructivo de Revisión Vehicular Vigente 01-01-2016, como se evidencia en la tabla N°4, la cual indica los límites máximos establecidos de emisiones contaminantes, para así poder determinar la variación de emisiones dependiendo de la altura.

Tabla 4 Límite máximo permitido prueba estática

VALORES ESTABLECIDOS				
	HC	CO%	CO ₂ %	O ₂ %
Ralentí	199	0.99%	14,8	4.99%
2500 Rpm	199	0.99%	14,3	4.99%

Fuente: [17] Instructivo de revisión vehicular.

3.1.4 Variables Dependientes

Se basan en equipos, materiales y métodos los cuales no van a cambiar, debido a que la investigación se realiza con el mismo vehículo y equipo para que los datos tengan validez.

Como se observa en la tabla N°5, son las variables dependientes utilizadas en el estudio que son el Auto, el equipo medidor de gases y la temperatura normal de funcionamiento de un vehículo.

Tabla 5 Variables Dependientes

Auto	Chevrolet Aveo Emotion 1.6
Equipo	Medidor de gases de escape Brain Bee AGS-688
Temperatura del auto	90°C

Fuente: Autores (2018)

3.1.5- Variables Independientes

Son datos los cuales varían dependiendo de la zona que vayamos a realizar la medición de gases contaminantes, para lo cual se ha tomado en cuenta los más influyentes para así poder obtener datos reales partiendo de las variables de cada zona.

Como se observa en la tabla N°6 determinan las variables independientes como Temperatura, Densidad del aire, Velocidad del viento, Combustible las cuales cambian dependiendo del lugar y condiciones donde se realizan las mediciones.

Tabla 6 Variables Independientes

	Ambuquí	Bolívar
Temperatura	(15 - 26) °C	(8 - 16) °C
Densidad del aire	1,195 kg/m ³	1,237 kg/m ³
Velocidad del viento	16km/h	23km/h
Combustible	Súper 92	Súper 92

Fuente: Autores (2018)

Los valores normales que se logran a partir de la lectura de un analizador de gases conectado a un motor de un vehículo de inyección electrónica se muestran en la tabla N°7.

Tabla 7 Valores Normales de emisiones gaseosas

CO	Menor a 2 %
O ₂	Menor a 2 %
CO ₂	Mayores a 12 %
HC	Menores a 400 PPM

Fuente: Normativa INEN 2203

3.2 Materiales y Equipos

3.2.1.- Combustibles.

Para el estudio de esta investigación se utiliza combustible super de 92 octanos con el fin de observar el comportamiento del motor y sus emisiones a las temperaturas y altitud definidas.

3.2.2.- Vehículo de prueba.

El vehículo usado para esta prueba de estudio será el CHEVROLET AVEO EMOTION AÑO 2016 MOTOR 1.6 ya que este modelo consta en los datos de la AEADE como uno de los vehículos más comercializados en el país, en la tabla N°8 se muestra los datos técnicos del vehículo mencionado.

Tabla 8 Especificaciones Chevrolet Aveo Emotion

Motor	1.6 MT LTZ SPORT
Tipo / Código	L91 DOHC
Posición	Delantera
Desplazamiento (cc)	1598
Nro. de Cilindros	4
Nro. de Válvulas	16
Potencia (HP @ RPM)	103 @ 6,000
Torque (N.m @ RPM)	144 @ 3,600
Relación Compresión	9.5:1
Diámetro x Carrera (mm)	79 x 81
Alimentación	MPFI
Calidad de gasolina	89 RON

Fuente: Manual del Propietario

3.2.3. Línea de Base.

Previo a la realización de las pruebas, es necesario someter al vehículo a los siguientes mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados en el vehículo.

- Revisión y mantenimiento en el sistema de Lubricación.
- Revisión y mantenimiento en el sistema de Encendido.
- Revisión y mantenimiento en el sistema de Inyección.
- Revisión y mantenimiento en el sistema de Admisión.

- Revisión y mantenimiento en el sistema de Combustible.
- Verificación en el sistema de Escape.

Inspección en el sistema de escape para comprobar que el mismo no posee fugas y sustitución del sistema catalítico por uno nuevo para obtener resultados más confiables.

3.2.4.- Equipo.

El analizador de Gases de escape Brain Bee AGS-688 es la herramienta ideal para realizar las mediciones y pruebas referentes al tema de investigación. Cuenta con calibración internacional y Normas de calidad CE (Comunidad Europea) y TUV (Norma Alemana de Calidad) para así determinar los datos y mediciones exactas a diferentes alturas, la función del analizador es determinar un resultado sobre la emisión de gases contaminantes a diferentes alturas.

3.3 ZONA DE PRUEBA

Hay que resaltar que las mediciones que se realizaran serán a diferentes alturas tomando una referencia inicial 1500 metros sobre el nivel del mar que es en el pueblo de Ambuquí en el valle del Chota provincia de Imbabura hasta los 3007 metros sobre el nivel del mar en el Cantón Bolívar en la provincia del Carchi; esto conlleva a que exista una variación de trabajo ideal en los motores ya que al disminuir la temperatura y la presión atmosférica interfiere en la densidad y composición del aire, a su vez esto incide a las prestaciones del motor, como se conoce los motores de combustión interna alternativos obtienen un mejor desempeño al nivel del mar y a una temperatura de 17°C, pero en nuestro país debido a nuestra condición geográfica los motores se ven influenciados de estos factores, en la tabla N°9 se muestra la ubicación geográfica de los puntos de prueba.

Tabla 11 Tráfico vehicular Ambuquí.

Peaje	Ambuquí
Tráfico diario	6698
Tráfico semanal	47537
Tráfico quincenal	100485
Tráfico mensual	207699

Fuente: Autores (2018)

Se observa que cantidades muy similares cruzan por ambos peajes por lo que se concluye que es un trayecto que es usado diariamente con una cantidad vehicular considerable.

3.3.2 Tiempo del Valle del Chota a la ciudad el Ángel

Cabe recalcar que se ha tomado estos dos puntos para realizar las respectivas mediciones de emisiones, estos puntos tienen diferentes condiciones geográficas y climáticas. Se encuentran situados a 30km lo cual a una velocidad promedio de 70km/h nos da un tiempo estimado de 25min.

3.3.3 Pulso de inyección en estos 2 puntos

El pulso de inyección en estos 2 puntos es el mismo la única variante es la presión con la que se genera la combustión ya que a nivel del mar tiene un mejor llenado del cilindro, gracias a esto existe una mejor combustión de la mezcla, lo que no sucede a mayor altitud.

SECTOR	El Ángel	Valle del Chota
ALTURA (msnm)	3007	1500
LATITUD	0°30'26.5"N	0°26'55.2"N
LONGITUD	77°54'19.9"O	78°00'23.8"O

Tabla 9 Altitud zona norte Ecuador

Fuente: Autores (2018)

3.3.1 Cantidades de vehículos que circulan por esta carretera

Gracias a un estudio minucioso se calculó un estimado de vehículos que cruzan por los peajes de la Ciudad de San Gabriel y el pueblo de Ambuquí que son dos puntos unidos por la carretera Troncal de la Sierra (E35) en la Panamericana Norte, sector donde se realizará las mediciones de emisiones, obteniendo los siguientes resultados mostrados en las tablas N°10 y N°11 respectivamente.

Tabla 10 Tráfico vehicular San Gabriel.

Peaje	San Gabriel
Tráfico diario	6191
Tráfico semanal	43337
Tráfico quincenal	92865
Tráfico mensual	204589

Fuente: Autores (2018)

Una cantidad representativa de vehículos circulan en este trayecto lo cual hace factible realizar el análisis en los lugares antes mencionados.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las mediciones de emisiones contaminantes a la condición de la Norma INEN 2203 según la altitud se muestran en las tablas N°12 y N°13.

4.1 Resultados Chota.

Tabla 12 Medición de Gases Chota (1500 m.s.n.m.)

CONDICION	CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	O ₂ (% vol)	HC (ppm)
Ralentí	0,02	14,8	0,26	4

2500 rpm	0,01	14,3	0,28	6,5
----------	------	------	------	-----

Fuente: Brain Bee AGS-688

4.2 Resultados Bolívar

Tabla 13 Mediciones Bolívar de Gases Bolívar (3007)

CONDICION	CO (%vol)	CO ₂ (%vol)	O ₂ (%vol)	HC (ppm)
Ralentí	0,033	14,6	0,28	6
2500 rpm	0,03	14,2	0,34	10,3

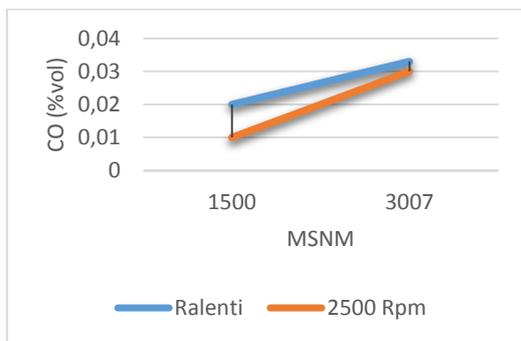
Fuente: Brain Bee AGS-688

4.3 Análisis

4.3.1 Análisis de Monóxido de Carbono en Relación a la Altitud.

El monóxido de carbono se produce siempre que la combustión es incompleta, o cuando las proporciones de aire-combustibles son bajas, en la figura N°1 se muestra el comportamiento de las emisiones en función de la altitud.

Figura 1 CO% vs Altitud



Fuente: Autores (2018)

Como se aprecia en la figura N°1 la tendencia de la emisión del CO es aumentar tanto en ralentí como marcha mínima en función a la altura y rpm.

Por lo que se determina que la variación del CO es significativa, este prolifera en un 66% cada 500 metros de altitud, tomando como base la altura de 1500 msnm a 3007 msnm, se observa que el

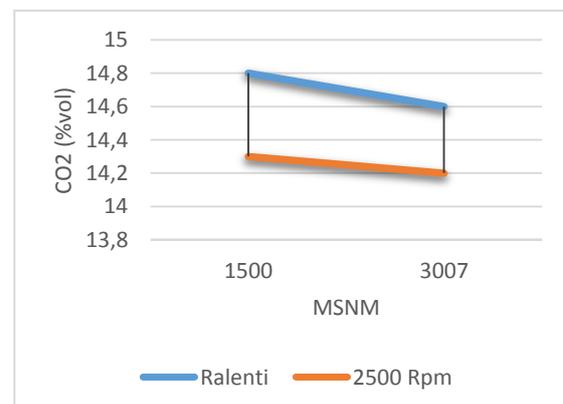
CO a mayor altitud tiene una mayor emisión.

Considerando el estudio realizado por Ing. Ángel Portilla el cual concluye el crecimiento constante del 10% de emisiones hasta los 1500 m.s.n.m. y superada esta altura existe un crecimiento del 60% cada 500 metros de altitud los 3000 m.s.n.m.

4.3.2- Análisis de Dióxido de Carbono en Relación a la Altitud

El Dióxido de carbono es un excelente indicador de la eficiencia del motor y su nivel es más alto cuando este funciona correctamente, en la figura N°2 se observa este comportamiento con la altitud.

Figura 2 CO₂ vs Altitud



Fuente: Autores (2018)

El valor óptimo de CO₂ porcentual se ubica entre el 12-15%, como se observa en la figura N°2 existe una variación mínima del 14,2% hasta 14,8% lo cual indica que el CO₂ tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm).

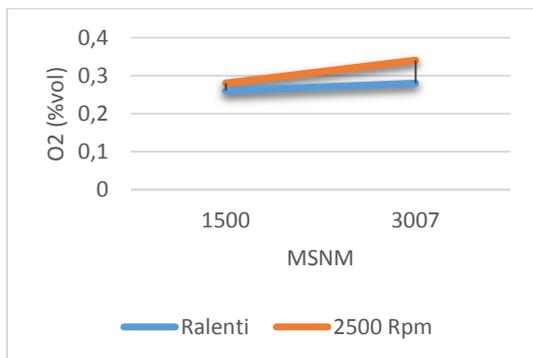
El régimen de giro y la altitud inciden en la variable de respuesta de CO₂, de acuerdo a las condiciones experimentales.

Se define que a la altitud de 3007 msnm el CO₂ es menor en porcentaje, cuando el automotor se localiza a 1500msnm. Cuando la combustión es perfecta la mayor parte es CO₂ y a medida que va siendo incompleta la combustión va disminuyendo el CO₂ y aumentando el CO y HC.

4.3.3 Análisis de Oxígeno en Relación a la Altitud

Al disminuir las emisiones de CO₂ con la altitud, se tiene como consecuencia este comportamiento, existe un incremento de las emisiones de O₂, este se intensifica en un 40% cada 500(msnm), como se muestra en la figura N°3

Figura 3 O₂% vs Altitud



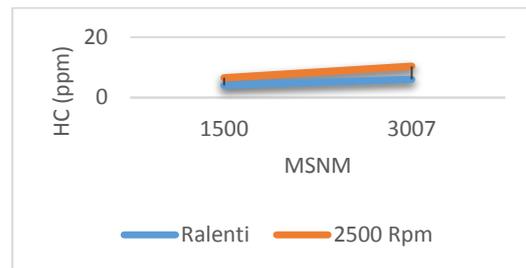
Fuente: Autores (2018)

La relación lambda menciona que los valores inferiores a 1, por ejemplo 0,8

4.3.4 Análisis Partículas por Millón de HC en Relación a la altura

En la figura N°4 se contempla como la emisión de los HC, tiene un agravamiento en función a la altura tanto en ralenti como 2500 rpm, al igual que a mayor régimen de giro del motor de combustión interna. Aumentando en un 50% cada 500(msnm) contribuyendo a la formación de ozono a baja altitud.

Figura 4 HC vs Altitud



Fuente: Autores (2018)

Por lo que se especifica que a mayor elevación (3007msnm) incrementa la emisión de HC, al coexistir una mezcla aire-combustible insuficiente en el motor del vehículo.

Haciendo mención a los resultados de la investigación del Ing. Ángel Portilla que la influencia de la altura sobre las emisiones de hidrocarburos no combustionados, tanto en marcha mínima como a 2500 rpm estas se incrementan siendo mayor el valor de rpm que el de ralenti. [7]

indica escasez de aire por lo que la mezcla resulta rica a mayor altura.

5. CONCLUSIONES:

Se concluye que el CO prolifera según la altitud en un porcentaje del 66% cada 500(msnm) efecto de la combustión deficiente del carburante, el CO₂ tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm), el O₂ se intensifica en un 40% cada 500(msnm), por lo tanto, las emisiones gaseosas se ven afectadas con la altitud.

Considerando como referencia los datos obtenidos sobre las emisiones de los HC (Hidrocarburos) aumenta un 50% cada 500 m de altura, producto de la variación de la presión atmosférica, afectando directamente en la ingesta de oxígeno al momento de la combustión, incrementando la emisión de este gas dañino.

Ya que las pruebas fueron establecidas para un determinado modelo de vehículo con recorrido bajo de kilometraje, se recomienda que se ejecuten pruebas con una muestra mayor de vehículos con diversos kilometrajes de recorrido.

Se recomienda utilizar esta metodología con combustibles de distinto octanaje (Extra y Super) para verificar la influencia de este, en la calidad de la combustión a diferentes altitudes, verificando la importancia de utilizar un combustible con el adecuado octanaje.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [Petro, S., Robledo, C. Cálculo Preliminar de Factores de Emisión para Tráfico Vehicular en la Ciudad de Medellín: Aplicación del Programa US-EPA Mobile5. Tesis de Pregrado. U.P.B, 2000.]
2. [Álvarez, J., Santander, M. Evaluación de las Emisiones Provenientes de Fuentes Móviles en la Ciudad de Medellín. Tesis de Pregrado, U.P.B, 1997.]
3. [Eggleston, H., Gorissen, N., Jourmard, R., Rijkeboer, R., Samaras, Z., Zierock, K. Methodology and Emission Factors. v.1. Group CORINAIR, Luxemburgo, 1989.]
4. [Secretaría de Transportes y Tránsito, Secretaría de Obras Públicas, Planeación

- Metropolitana, Fondo de Prevención Vial Nacional. Red de Aforos de Tránsito.1997-2000.]
5. Servicio Ecuatoriano de normalización Inen 2204, 2002. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.
 6. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, Anuario 2016.
 7. [Ángel Adalberto, Pablo Caiza, Determinación de la influencia de la altura en emisiones
 8. [Ferran Ballester, Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud 2001]
 9. [<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7684>].
 10. [<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7684>]
 11. [Sofia, Sergio. La gasolina y sus propiedades]
 12. [<http://www.tornometal.com/que-haran-los-camiones-frente-a-la-euro-6/>]
 13. [http://www.ambientum.com/en-ciclopedia_medioambiental/energia/Los_biocarburantes.asp]
 14. [[<http://www.tornometal.com/que-haran-los-camiones-frente-a-la-euro-6/>]
 15. [Chevrolet. Especificaciones Técnicas]
 16. [Martínez, Roy Analizador de Gases de Escape]
 17. [Agencia Metropolitana de Transito, Instructivo de revisión vehicular vigente a partir del 01-01-2016]