

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Automotriz

Artículo de Investigación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz.

Tema:

Estudio de las variables físicas de un vehículo n1 a 2800msnm

Santiago Vinicio Celi Valarezo
William David Páez Cajas

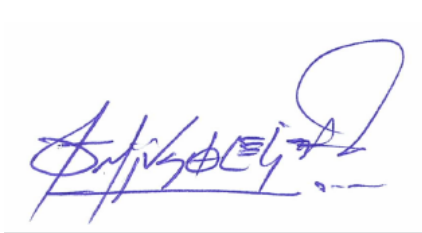
Director:
Msc. Ing. Gorky Reyes

Quito, julio de 2016

CERTIFICADO

Nosotros, Santiago Vinicio Celi Valarezo y William David Páez Cajas declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

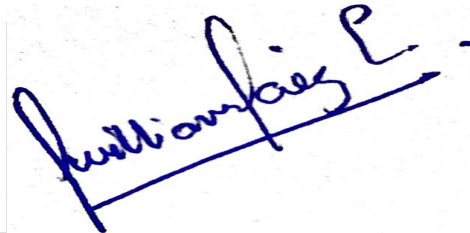
Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma del graduado

Santiago Vinicio Celi Valarezo

C.I.: 1103967681



Firma del graduado

William David Páez Cajas

C.I.: 1720802147

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



Firma del Director de trabajo de grado

Msc. Ing. Gorky Reyes

AGRADECIMIENTO

El resultado de este proyecto está dedicado a todas las personas que de una u otra forma colaboraron y ayudaron para su culminación.

Mi sincero agradecimiento va dirigido hacia el Msc. Ing. Gorky Reyes docente de la Universidad Internacional del Ecuador quien con su ayuda desinteresada me brindó información relevante e importante para la realización de este proyecto.

A mis padres y mi hermana por siempre brindarme su apoyo emocional y por empujar este sueño que lo he perseguido toda mi vida; pero principalmente a mi esposa mi mayor consideración y agradecimiento por brindarme su ayuda y empuje para seguir adelante hacia la culminación de mis logros y metas, sin ella no habría sido posible.

A mi compañero de proyecto William quien ha demostrado ser un amigo y una persona de bien capaz de ayudarme cuando más lo necesite.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia, consideración y enseñanza.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas y me preparo y formo para un futuro competitivo como una persona de bien.

Santiago Vinicio Celi Valarezo

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo me gustaría agradecer a Dios primeramente por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por ayudarme en este camino de hacer realidad este sueño tan anhelado.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida y este logro es para ustedes y por ustedes, a mis hermanos que han sido mi apoyo de persistencia en mi largo camino de vida y a quienes dejo como muestra mi superación para que puedan sacar adelante sus carreras.

A mi familia, mi esposa Pamela quien amo y ha estado conmigo en este camino que he recorrido, a mi hijo Mathew mi razón de lucha diaria y mis ganas de superación constante, este logro es el cumplimiento de una meta más para sacar adelante este proyecto de vida junto a ustedes.

A la Universidad Internacional del Ecuador por labrar en mí este camino de lucha y constancia, con conocimientos impartidos por profesores muy profesionales que más que docentes han sido mis amigos.

A mi director de tesis, Msc. Ing. Gorky Reyes por su esfuerzo, dedicación y motivación hemos sacado adelante este proyecto.

A mi compañero Santiago Celi, con quien hemos tenido arduas horas de trabajo y coraje, persistencia en este proyecto y lo culminamos con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida y me encantaría agradecerles su amor hacia mí. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos en mi corazón.

William David Páez Cajas

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres Vinicio y Fanny, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron en todos y cada uno de mis proyectos.

Mis abuelitos Sergio (+) y Víctor (+), por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

Mis abuelitas Lucinda y Elsie, por ser cariñosas y amables conmigo, por quererme y esperar que sea un profesional de bien.

Mis hermanos, Andrea y Diego, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Mi esposa, Karol, la persona más importante en mi vida quien ha luchado junto a mí a lo largo de esta carrera universitaria y por estar todos los días a mi lado apoyando y empujando la culminación de este sueño.

A todos aquellos familiares y amigos que siempre han estado junto a mí.

Santiago Vinicio Celi Valarezo

DEDICATORIA

Este proyecto de grado quiero dedicar a mi Hijo Mathew Páez mi motivo de lucha diaria y la razón de mi vida, y a quienes hicieron posible mis años de estudio y sacar adelante mi carrera, a mi padre William Páez un hombre que es mi mayor inspiración de crecimiento y por quien soy quien soy hoy en día quien me ha forjado como un hombre persistente y luchador a mi madre Davinia Cajas quien con sus consejos y su amor de madre he podido sacar adelante este logro y sentirme respaldado, en si a mis padres y hermanos quienes son mi pilar de vida este título es para ustedes y un logro más gracias a su esfuerzo y sacrificio, su constante apoyo y amor para mí.

A Dios por permitirme sacar adelante este logro y por darme la sabiduría necesaria para culminar una etapa más en mi vida.

Y a mi esposa, mi amiga, quien me ha dado una hermosa familia y con quien día a día sacamos adelante nuestra familia y cosechamos muchos frutos de vida.

William David Páez Cajas

ESTUDIO DE LAS VARIABLES FÍSICAS DE UN VEHICULO N1 A 2800 msnm

Gorky Reyes¹, Santiago Celi², William Páez³

¹*Profesor tiempo completo, Coordinador Investigación, Facultad de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador, gureyesca@internacional.edu.ec*

²*Facultad de Ingeniería automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, santiago_vcv@outlook.com,*

³*Facultad de Ingeniería Mecánica automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, williampaez_2511@live.com*

Resumen

Es importante considerar que el sistema de alimentación en los vehículos han ido evolucionando a favor de la disminución de emisiones contaminantes y paralelamente del consumo de combustible, por ello la mayoría del parque automotor que se oferta a nivel de Sudamérica son probados en condiciones ideales, a 0 MSNM por lo que en nuestro medio las condiciones geográficas varían radicalmente en distancias cortas y es muy importante verificar las emisiones contaminantes en condiciones de altura diferente . Se describe un análisis estadístico en condiciones de altura diferente, tomando en cuenta factores ambientales propios de cada zona utilizando un vehículo de fabricación brasileña y distribución regional con Norma Euro III y el combustible estatal de mejor calidad de 92 Octanos. Los resultados cuantitativos nos da a conocer que las variaciones de los gases contaminantes varían en una diferencia del 15 % según las alturas determinadas realizando pruebas bajo norma INEN 2203 a ralenti y 2500 revoluciones con un promedio de 4 pruebas por altura .

Palabras claves: Emisiones Contaminantes, Altura, Normativa, Variables.

Abstract

It is important to think that the feeding system in the vehicles they have been evolving in favor of the decrease of pollutant emission and in parallel the fuel consumption, by it most of the self-propelled park that is offered at level of South America they are proved in ideal conditions, to 0 MSNM for what in our way the geographical conditions change radically in short distances and it is very important to verify the pollutant emission in conditions of different height. A statistical analysis is described in conditions of different height, taking into consideration proper environmental factors of every area using a vehicle of Brazilian manufacture and regional distribution with Norm Euro III and the state fuel of better quality of 92 Octanes. The quantitative results it announces to us that the changes of the pollutant gases change in a difference of 15 % according to the certain heights realizing tests under norm INEN 2203 to slow motion and 2500 revolutions with an average of 4 tests for height .

Key words: Pollutant emission, Height, Regulation, Variables.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo identificar las principales variables físicas de un motor a una determinada presión y altura de 2800 msnm como referencia para este estudio, en vista que los fabricantes emplean como medida de fabricación y diseño de un motor a una condición de operación a nivel del mar [1], dejando así muy poca información sobre variaciones en altura atmosférica, como la topografía de Ecuador en donde se tiene varias alturas con respecto al nivel del mar y situaciones topográficas variables en su trabajo, por tal motivo existen varios sistemas en el vehículo que censan la presión con la cual el motor se encuentra funcionando [1], para ello se determina las señales que emite en condiciones ideales, como es el caso del BPS (Barometric Pressure Sensor) y MAP (Manifold Absolute Pressure) [2] los cuales informan al computador la altura a la que se encuentra operando el motor y así conseguir que la relación estequiométrica sea la más adecuada [3].

De acuerdo a las condiciones ideales del fabricante en cuanto a torque y potencia en condiciones de operación a nivel del mar se optimiza el funcionamiento de los mismos, en motores que trabajan a mayor altura se trata de compensar el funcionamiento utilizando los diferentes sistemas electrónicos instalados en el vehículo.

Los motores a carburador que generaban la mezcla mecánica eran calibrados manualmente para compensar las variaciones de altura y mejorar el desempeño del vehículo ya que no poseían sistemas electrónicos que corrijan la relación estequiométrica [3].

En la actualidad los sistemas de inyección electrónica generan anchos de pulso de inyección en base a una cartografía

prediseñada por el fabricante que genera la mezcla correcta para su combustión [4].

Mientras más se sube respecto al nivel del mar, menor es la cantidad de aire sobre nosotros y por lo tanto menor es la presión atmosférica. Así, en la cumbre del Monte Everest (8,848 msnm) la presión atmosférica apenas supera los 30 kPa, mientras que los aviones de reacción, que vuelan a 11,000 metros de altitud, se someten a una presión atmosférica de aproximadamente 20 kPa [5].

Alturas de Regiones de Sudamérica

Tabla 1: Variación de la presión atmosférica en Sudamérica

País	Altura
Lima	154 msnm
Bogotá	2625 msnm
La Paz	3200 msnm
Quito	2800 msnm
Brasilia	1172 msnm
Buenos Aires	23 msnm

Fuente: <http://hispanoteca.eu/Landeskunde-LA/Geograf%C3%ADa%20y%20relieve%20de%20Sudam%C3%A9rica.htm>

Ecuador al encontrarse en la cordillera de los Andes posee diversas topografías de terreno lo que implica que la altura varía según la región donde se encuentran las ciudades, por lo tanto la presión disminuye en ciudades de altura en relación a las condiciones ideales al nivel del mar. Como se observa en la Tabla 1.

Tabla 2: Variación de la presión atmosférica de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar.

Variación de la presión atmosférica de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar				
m.s.n.m	Ciudad	inHG	kPa	Bar
0	Guayaquil	29.9	101.3	1.01
625	Santo Domingo	27.5	93.20	0.93
2550	Cuenca	21.8	73.7	0.74
2800	Quito	21.2	71.8	0.72

Fuente: Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

Debido a las condiciones topográficas muy variantes en la cordillera andina el sistema de inyección electrónica corrige esta variable física, muy importante para una correcta reacción estequiométrica ya que censa pérdidas de presión y falta de oxígeno con respecto al nivel del mar, existen sistemas electrónicos que controlan y realizan compensaciones según la variación de la presión atmosférica [6].

En la actualidad el funcionamiento y autonomía del vehículo es controlado electrónicamente por medio de sus sensores y actuadores quienes reciben la información de la computadora principal que cuenta con las calibraciones del fabricante, es necesario tomar en cuenta el estudio de las condiciones actuales de operación a 2800 msnm, para lo cual se realiza tabulaciones en base a la gráfica de torque y potencia que nos indica el fabricante y los datos obtenidos con los equipos en condiciones reales.

2. MARCO TEORICO

2.1. Reprogramación de computadoras

Durante las últimas décadas las industrias automotrices han ido evolucionando considerablemente, desarrollando nuevas tecnologías y aumentando el rendimiento y potencia de sus motores. Sin embargo, las necesidades de los usuarios obligan a las empresas automotrices a cumplir las prestaciones necesarias de manera que sean satisfactorias para cada uno de ellos. No todos los vehículos fabricados en serie tienen las mismas características, estos son estandarizados ya que la distribución de estos por el mercado mundial hace que cada uno de ellos sea distinto, teniendo en cuenta la geografía de cada país, donde las normas de contaminación no son las

mismas, así también como los combustibles.

Por esta razón los fabricantes voluntariamente limitan la potencia, pero esto no quiere decir que tengan bajo rendimiento, sino el necesario para su correcto funcionamiento.

Los vehículos personalizados debido a la reprogramación en sus motores aspirados, turbos o diésel, en vehículos que tengan un sistema de inyección, en donde este sistema es comandado por la “ECU”, o computadora, toda unidad de control que gestione la alimentación y encendido del motor, y disponga de una memoria Eprom son reprogramadas, en vehículos de alto rendimiento la repotenciación electrónica juega un rol muy importante, ya que gracias a esto se dispone del máximo rendimiento de los motores [7].

2.2. Contaminación

Componentes de los gases de escape

De acuerdo a las emisiones en base a la condición ideal que emite el fabricante, subdivide los compuestos que se encuentra en la combustión en dos grupos importantes basados en su emisión a la atmósfera. Como se observa en la Tabla 3

Tabla 3: Gases contaminantes

Componentes de los gases de escape	Observaciones
Nitrógeno	NO TOXICO
Oxígeno	NO TOXICO
CO ₂	NO TOXICO
Hidrógeno	NO TOXICO
Vapor de agua	NO TOXICO
Monóxido de carbono - CO	TOXICOS
Hidrocarburos - HC	TOXICOS
Óxidos de Nitrógeno - Nox,	TOXICOS
Plomo - Pb	TOXICOS
Dióxidos de azufre SO ₂ ,	TOXICOS
Hollín	TOXICOS

Fuente: Legislación internacional del medio ambiente

2.3. Normas EURO

Las normas Euro fijan los valores límite de emisiones contaminantes en los vehículos nuevos. Las emisiones de gases contaminantes tienen un papel muy importante porque el tipo impositivo depende también de la clasificación que establecen las diferentes normas Euro.

El Parlamento Europeo ha decidido fijar nuevos valores límite para la emisión de contaminantes. La norma Euro 5 entró en vigor el 2009. Al mismo tiempo, la UE ha fijado ya los valores de la norma Euro 6. Como se verifica en la Tabla 4

Tabla 4: Emisiones permitidas en gr/Km según las diferentes normativas Euro

Límites de emisiones motores gasolina				
EURO	CO	HC+NOx	HC	NOx
I	2,72	0,97		
II	2,20	0,50		
III	2,30	-	0,20	0,15
IV	1,00	-	0,10	0,08
V	1,00	-	0,10	0,06
VI	1,00	-	0,10	0,06

Fuente: <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/normas-euro/>

2.4. Usos de las Normas Euro por regiones

En el mundo y América Latina los países han adoptado diversos tipos de normas Euro y también han creado sus propias normas dependiendo de su legislación y cuidado al medio ambiente, se ha creado una tabla con sus equivalencias. Como se puede verificar en el Grafico 1

Gráfico 1: Uso de normas Euro por regiones

País	2014	2015	2016	2017
México	Euro IV			
Brasil	P-7			
Argentina	Euro IV		Euro V	
Chile	Euro IV		Euro V	
Colombia	Euro II	Euro IV		
Perú	Euro III			
Ecuador	EPA 94 / Euro II, Euro III			
Venezuela	Epa 88 / Euro I, Euro II			

Fuente: Normativas Euro Latinoamérica

2.5. Legislación de contaminación Ecuatoriana

Los importadores y ensambladores de vehículos mediante la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella [8].

Requisitos

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no emite monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 5.

Tabla 5: Emisiones permitidas en gr/Km según las diferentes normativas Euro

Año y modelo	% CO* 1500**	ppm HC* 1500**
2000 y posterior	1,0	200
1990 a 1999	3,5	650
1989 y anterior	5,5	1000

* Volumen
** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)

Fuente: Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no emitirá al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 6.

Tabla 6: Emisiones permitidas en gr/Km según las diferentes normativas Euro

Categoría	CO g/km	HC g/km	NOx g/km
Livianos	2,10	0,25	0,62
Medianos	6,20	0,50	0,75
Pesados	14,4	1,10	5,00

Fuente: Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

3. METODOLOGIA Y MATERIALES

3.1. Relación Aire Combustible

Los vehículos con sus sistemas de control electrónico y mediante su ECU o centralita, las computadoras de vehículos varían mucho en cuanto a sus prestaciones y modelos de éstos.

En algunos automóviles las ECU pueden controlar únicamente la inyección de combustible y el sistema de ignición, mientras que en otros, controlan además el tablero de instrumentos, la temperatura interior, el sistema de frenos, etc.

Mediante sensores que emiten señal a la ECU permiten realizar cálculos de los más variados tendientes a mejorar la eficiencia del automóvil y el control sobre otros sistemas que tiene el vehículo, uno de los sistemas principales que controla y sobre el cual se basa la investigación de este proyecto, es quien mantiene el control sobre la mezcla que ingresa al vehículo y por el cual evita que factores o variables físicas afecten a su funcionamiento, se plantea una ecuación sobre una variable que controla la correcta relación entre Aire y combustible factor que debe ser controlado entre sus diversos sistemas de inyección e ingreso de aire para conseguir una quema correcta en la combustión del motor. [2]

La ecuación determina las moles, y la masa molecular del octano es 112 gramos por mol, y la de oxígeno 32 gramos por mol, por lo que se necesitan 384 gr. de oxígeno para quemar 100 de iso-octano.

Como el aire tiene aproximadamente 21% de moléculas de oxígeno y un 79% de nitrógeno, para quemar los 100 de iso-octano, hacen falta 1648 gr. de aire (384 gr. de oxígeno y 1264 gr. de nitrógeno). Esa proporción indica que se necesita 14,7

gr. de aire por cada gramo de combustible, y tiene el nombre de mezcla estequiométrica (14,7:1).

Con esta relación teórica de la mezcla, la relación del aire es = 1. La relación de aire es la proporción que existe entre la cantidad real de aire aportado para la combustión y la cantidad teórica de aire necesario. [9]

$$\text{Relación de aire } \lambda = \frac{\text{cantidad de aire aportado}}{\text{cantidad teórico de aire necesario}}$$

$\lambda < 1$ corresponde a una mezcla rica y escasez de aire. La cantidad de aire aportado es menor que el necesario teórico para la combustión.

$\lambda > 1$ corresponde a una mezcla pobre y exceso de aire. La cantidad de aire aportado es mayor que el necesario teórico para la combustión.

Los motores de ECH tienen su consumo más bajo de gasolina para un exceso de aire del 10% aproximadamente ($\lambda = 1,1$), y con escasez de aire del 5 al 10% ($\lambda = 0,95$ a $0,90$) alcanzan su mayor potencia.

3.2. Combustible

La calidad del combustible en la actualidad en el país, está en constante control por medio de los organismos encargados, las gasolinas Extra y Súper que se expende en todo el país, según los resultados del monitoreo de los combustibles y de las emisiones atmosféricas que realiza el Municipio de Quito a través del Laboratorio de Hidrocarburos de la Facultad de Química de la Escuela Politécnica Nacional. Como se observa en la Tabla 7

Tabla 7: Octanaje de Gasolina en Ecuador

Combustible Ecuatoriano		
Combustible	Súper	Extra
Octanaje	92	87

Fuente:

<http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/>

Del estudio realizado en el segundo trimestre del 2012, se deduce también, que la cantidad de azufre en la gasolina Extra disminuyó en 28% (≈ 94 ppm) en relación a los resultados de análisis de la campaña enero- marzo 2012. Igualmente, la gasolina Súper bajó en 48% (220 ppm), en el mismo período.

Mientras que, el número de Octano en la gasolina Extra aumentó en 1.2% (≈ 1.0 RON), y en la gasolina Súper en 0.9% (≈ 0.8 RON), en relación a los resultados de análisis obtenidos en periodo enero-marzo de 2012. [10]

3.3. Modificación de Parámetros del Motor

Existen diversos elementos del motor de combustión interna que permite al vehículo funcionar adecuadamente, estos pueden ser modificados con la intención de mejorar el desempeño en ciertas circunstancias o condiciones climáticas.

El correcto funcionamiento de estos elementos depende en gran parte a su correcta calibración o buen funcionamiento. Como se observa en la Tabla 8

Tabla 8: Variables dependientes del motor

Sensor o condición	Funcionamiento
MAP	Monitorea la presión dentro del múltiple de admisión y permite calcular la masa de aire entrante. [11]
Temperatura de refrigerante	El refrigerante es un líquido muy sensible a la variación de la temperatura ambiente, si esa temperatura se incrementa el calor evacuado tendrá tendencia a disminuir, tendrá tendencia a arrancar el ventilador para garantizar la cesión del calor al exterior. [12]
Ancho de pulso de inyección	El ancho de pulso es un PID calculado que se deriva al tiempo del inyector real. Un scanner muestra la anchura

Avance de encendido	de pulso del inyector que el ECM ordena a la terminal base del transistor del inyector. [13] Se genera a partir de la velocidad de giro del motor, una regulación del ángulo de encendido en el sentido de "avance" [14]
Vacío del motor	La aspiración que produce un efecto de succión en el motor, genera vacío en el mismo el cual es aprovechado en sus distintas subutilizaciones que funcionan a partir de este vacío, el cual por succión de los pistones o por producción de vacío por una bomba independiente. [15]

Fuente: Autores

3.4. Objeto de estudio

El vehículo objeto de estudio es un Volkswagen Gol Trend, motor de 4 cilindros y 8 Válvulas, inyección electrónica y entre otras especificaciones según Tabla 9, es un vehículo que se comercializa a nivel de Sudamérica, sus fabricantes han determinado rigurosas pruebas de desempeño y operación en sus distintos sistemas, condiciones geográficas y calidad de combustible, es un vehículo compacto con aspecto deportivo y con un consumo aproximado de 45 km/gl. [16]. Como se observa en la Tabla 9

Tabla 9: Datos Volkswagen Gol

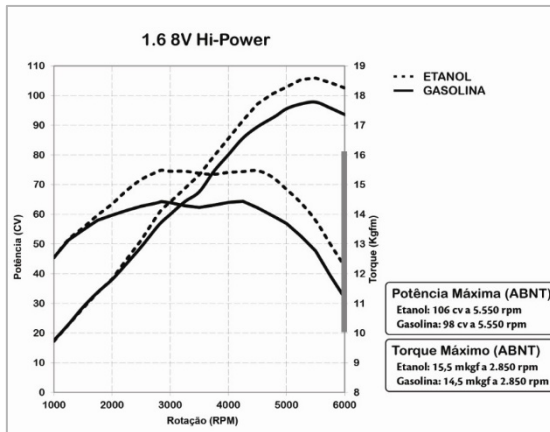
Volkswagen Gol Trend	
Cilindraje:	1600 cc
Combustible:	Gasolina 90 octanos
Origen:	Brasil
Potencia:	101 HP/5250 rpm
Par máximo:	143 Nm/2500 rpm

Fuente: www.volkswagen.com.ec

Grafica de torque y potencia de vehículo de prueba según el fabricante, opera con gasolina en nuestro país, y nos determina una potencia de 101 hp a 5250 rpm y

torque máximo de 143 Nm a 2500 rpm según el Grafico 2

Grafico 2: Gráfica torque-potencia Volkswagen Gol 1.6 litros -8 válvulas



Fuente: <http://www.motorpasion.com/tecnologia/asi-funcionan-los-motores-tsi>

3.5. Presión Atmosférica y barométrica:

La presión atmosférica es la presión ejercida por el aire atmosférico en cualquier punto de la atmósfera. En un lugar determinado, la presión atmosférica disminuye con la altitud, a causa de que el peso total de la atmósfera por encima de un punto disminuye cuando incrementa la altura. La presión atmosférica decrece a razón de 1 mmHg o Torr por cada 10m de elevación en los niveles próximos al del mar [17]. Como se puede observar en la tabla 3

Humedad relativa

Es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa 70 % quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura solo tiene el 70%. La importancia de expresar la humedad que existe en el aire no permite saber qué capacidad de aire admite el motor más o

menos en base a su vapor de agua que contiene y así determinar más factores que afecten su estructura interna [1]. Como se puede observar en la Tabla 10

Tabla 10: Atmosfera

Altura (m)	Presión / milibares	Densidad / g - dm ⁻³	°C
0	1013	1,226	15
1000	898,6	1,112	8,5
2000	794,8	1,007	2
3000	700,9	0,910	-4,5
4000	616,2	0,820	-11
5000	540	0,736	-17,5
10000	264,1	0,413	-50
15000	120,3	0,194	-56,5

Fuente: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecología/Hipertexto/03AtmHidr/110Atmosf.htm>

3.6. Efectos de la altura en los motores de combustión interna

Todo motor de combustión interna, sea este a diésel o gasolina, necesita para su correcto funcionamiento mantener una relación exacta entre el combustible y el oxígeno del aire que se denomina mezcla estequiométrica. Estos autos de combustión interna, al ir a la altura, pierden fuerza porque la presión del aire decrece y la calidad de oxígeno que llega a los pistones es muy baja [18].

Los sistemas de compensación de alturas son instalados en vehículos distribuidos en regiones o países donde la topografía es elevada, como es el caso de Bolivia, Ecuador, Colombia; de esa forma se evita que los motores sufran por falta de potencia cuando superan los 1.500 metros sobre el nivel del mar.

En teoría, a los vehículos nuevos especialmente, no afecta estos cambios de altitud, porque sus modernos sensores y dispositivos con que cuenta el motor actúan de manera inteligente cuando el vehículo esté en un lugar de altura.

A mayor altura sobre el nivel del mar, existe una menor presión atmosférica y

menor concentración de oxígeno en el aire; por lo que la combustión resultante es más pobre, aun si el vehículo estuviera usando la gasolina de mayor octanaje; entonces, el problema de la altura no es con el tipo de combustible sino con el aire. A nivel del mar, a mayor octanaje mayor es la temperatura que alcanza la mezcla al ser comprimida y por lo tanto mayor será la potencia que desarrolla el vehículo.

Por cada 1000 msnm la pérdida de potencia es aproximadamente del 10%. Entonces, manteniendo este concepto, en La Paz – Bolivia, los vehículos perderían un 36% de su potencia, porque la ciudad está situada a 3600 msnm.

En Quito, ciudad que se ubica a 2850 msnm el motor de un automóvil tendrá un 28% menos de potencia, razón por la cual lo notará lento y un tanto pesado; a mayor altura la pérdida de potencia se incrementará.

En los motores turbo en cambio, el efecto es mucho menor debido a que estos dispositivos inyectan aire a presión en los cilindros logrando un mejor llenado de éstos.

4. Resultados y discusión

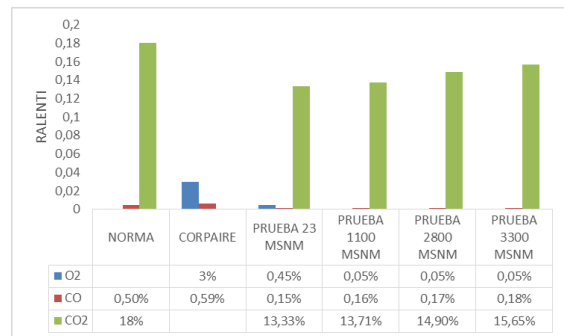
4.1. Resultados

Los valores de gases contaminantes a diferentes alturas se tomaron bajo normativa INEN 2203 correspondiendo a medidas a ralentí y 2500 rpm obteniendo en las pruebas de campo un total de 24 pruebas por altura utilizando equipos normados en condiciones geográficas irregulares.

En el Gráfico 3 se observa que los valores de la norma estandarizados en el centro de revisión vehicular corresponde a valores paralelos a los que determina la ordenanza municipal, dichos valores son obtenidos

en ralentí y se observa que a medida que aumenta la altura disminuye la presión atmosférica, lo que significa que al variar las condiciones geográficas obliga al sistema de inyección electrónica compensar la falta de oxígeno aumentando la emisión de gases contaminantes en valores despreciables, obteniendo valores de los hidrocarburos en condiciones ideales de 5.37 ppm, y a condiciones geográficas extremas como las obtenidas en Bolivia – La paz de 6.3 ppm, cuya medida fue obtenida en Papallacta en relación a la altitud geográfica en Ecuador .

Gráfico 3: Comparativa valores nominales normas en ralentí

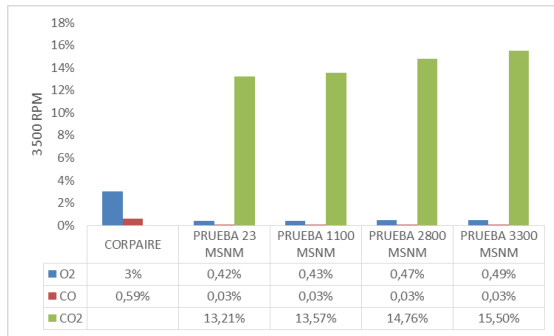


Fuente: Autores

Los vehículos al generar un ciclo de conducción adecuado generan un aumento y disminución de revoluciones en periodos irregulares de tiempo, esto significa que la norma INEN 2203 exige realizar una prueba a 2500 rpm en condición estática Grafico 4, y los valores máximos permitidos según normativas internacionales Euro III sean similares a las pruebas en ralentí lo que al medir la emisión de gases contaminantes a las revoluciones indicadas generan un aumento y disminución de estos valores paralelos a los obtenidos en las pruebas de ralentí por lo que se procedió a verificar la oscilación de estos gases en función del tiempo, alrededor de 30 segundos, hasta que el motor y todos los parámetros de alimentación se establezcan.

Con estos valores se determinó que la emisión de gases en este periodo de tiempo permaneció la mayoría de ellos muy debajo de lo que determina la norma y cierto valores como el oxígeno en valores límites según norma.

Gráfico 4: Comparativa valores nominales normas en altas

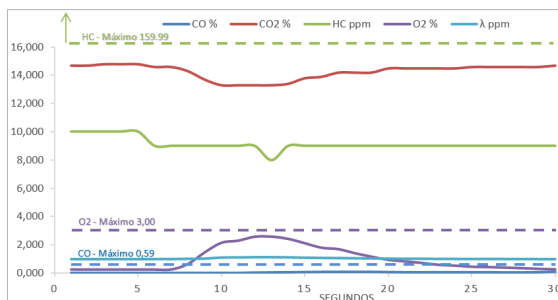


Fuente: Autores

4.2. Discusión

Luego de la obtención de los datos se genera una comparativa de los gases contaminantes en función del tiempo para determinar la incidencia de aumento o disminución de los gases evaporativo a una condición de altura, puesto que los 2800 msnm corresponde una elevación media muy común de nuestra zona andina y por considerarse punto capital con una elevación similar a las ciudades principales de la región andina, tal como se observa en el Gráfico 2.

Gráfico 2: Variación de gases de prueba de emisiones en función del tiempo



Fuente: Autores

Como se observa en el gráfico anterior la incidencia de gases contaminantes se mantienen por el rango permitido de la ordenanza municipal emitida en 2014 [19] lo que significa que el vehículo de pruebas supera ampliamente los valores mínimos permitidos para su normal circulación, pero se conserva mientras el vehículo adquiere las revoluciones mínimas de funcionamiento se genera un ligero aumento del oxígeno sin superar el máximo permitido, lo que significa que al desacelerar se genera una disminución de hidrocarburos HC y dióxidos de carbono CO₂ garantizando una relación estequiométrica ideal, lo que se puede evidenciar que este valor permanece constante en función del tiempo. [9]

5. Conclusiones

Luego de tabular los datos se observó que la emisión de gases contaminantes a condiciones de altura aumente la emisión de hidrocarburos alrededor de 5%, simulando la capital más alta que tiene la zona andina como es La Paz, lo que significa que los vehículos deberían ser probado, testeados y recalibrados para el lugar de comercialización.

Las condiciones de altura con las que se ha obtenido las pruebas de campo corresponden a los puntos capitales de los países de la región andina, lo que es muy importante considerar que un vehículo puede llegar fácilmente a zonas de ascenso y descenso elevado en tiempos y distancias cortas.

Se observó que en condiciones ideales de fabricación como Brasilia los valores de gases contaminantes disminuyeron hasta un 10.5%, lo que es muy importante considerar que los vehículos vienen calibrados a condiciones ideales estandarizando la altura y el combustible.

Mediante las pruebas realizadas se puede determinar que este vehículo es apto para su funcionamiento en las distintas

ciudades de la zona andina que se encuentran a diferentes alturas con relación al nivel del mar.

El vehículo objeto de estudio en este proyecto cumple con todos los parámetros ambientales para su operación y revisión en los diferentes organismos de control de emisiones de gases contaminantes determinadas por las ciudades de la región.

6. Referencias

- [1] J. Enrique y R. Luis, *Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la altura del nivel del mar*, Quito, 2010.
- [2] R. Bosch, *Técnicas del automóvil, Los sensores en el automóvil*, Barcelona: REVERTE S.A., 1999.
- [3] H. G. Martínez, *Manual práctico del automóvil*, Madrid: Cultural S.A., 2000.
- [4] M. P. y. D. S.L., «J2 Motor,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.j2motor.es/index.php/reprogramacion.html>. [Último acceso: 25 junio 2016].
- [5] S. Creative, «sol-arq,» *Soluciones arquitectónicas sustentables*, [En línea]. Available: <http://www.sol-arq.com/index.php/fenomenos-atmosfericos/presion>. [Último acceso: 25 junio 2016].
- [6] 2. ROBERT BOSCH GMBH 2002, *MANUAL DE LA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL*, ROBERT BOSCH GMBH 2002, 2002, 2005.
- [7] P. J. G. Moreno, *Reprogramación de la Memoria EPROM del vehículo Chevrolet Corsa*, Cuenca, 2012.
- [8] INEN, *Gasolina. Requisitos - Enmienda*, Quito, 2012.
- [9] M. A. M. Gonzales, *SELECCIÓN DE UN TURBOCOMPRESOR PARA UN MOTOR ATMOSFÉRICO DE 1600 CM3, CON APLICACIÓN Y PRUEBAS DE CAMPO EN UN VEHÍCULO PARA ECOTECH SERVICIO AUTOMOTRIZ*, Quito : ESPE, 2006.
- [10] M. d. Hidrocarburos, «Hidrocarburos,» [En línea]. Available: <http://www.hidrocarburos.gob.ec/confirman-calidad-de-combustible-que-distribuye-ep-petroecuador-al-pais/>. [Último acceso: 11 07 2016].
- [11] M. Facil, «Mecanicafacil,» [En línea]. Available: <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorMap>. [Último acceso: 11 julio 2016].
- [12] M. M. D. Antonio Rovira de Antonio, *Maquinas y motores termicos Introduccion a los motores alternativos y a las turbomaquinas termicas*, Madrid: Uned, 2016.
- [13] M. concepcion, *Estrategias de sistemas OBD II, USA*: www.autodiagnosicsandpublishing.com, 2010.
- [14] R. Bosch, *Sistemas de Encendido*, Alemania : Bosch, 2000.
- [15] E. N. .. Otaño, *Curso de motores a combustion interna*, Argentina: Imprenta de la escuela naval militar, 1936.
- [16] V. Ecuador, «Volswagen Ecuador,» [En línea]. Available: <http://www.volkswagen.com.ec/es.html>. [Último acceso: 25 junio 2016].
- [17] F. RODRIGUEZ, «Fisica de fluidos y Termodinamica,» [En línea]. Available: <https://fernandola80.wordpress.com/2015/02/23/presion-atmosferica/>. [Último acceso: 25 junio 2016].
- [18] I. Cevallos, «Motorbit,» 30 octubre 2015. [En línea]. Available: <http://motorbit.com/por-que-los-carros-en-la-altura-pierden-potencia/?pais=>. [Último acceso: 26

junio 2016].

- [19] O. M. N. 038, «Municipio Metropolitano de Quito,» 18 Julio 2000. [En línea]. Available: http://www7.quito.gob.ec/mdmq_or denanzas/Ordenanzas/ORDENANZ AS%20A%C3%91OS%20ANTERI ORES/ORDM-038%20-%20CONTAMINACION%20VEHI CULAR%20-%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf.

- [20] INEN, *Gestion ambiental. Aire. Vehiculos automotores. Limites permitidos de emisiones producidas por fuentes moviles terrestres de gasolina*, Quito, 2002.

Pruebas de gases

Prueba 1					
Segundo	CO%	CO2 %	HC ppm	O2 %	Lambda
1	0,020	14,700	10,000	0,270	1,012
2	0,020	14,700	10,000	0,260	1,011
3	0,020	14,800	10,000	0,260	1,011
4	0,020	14,800	10,000	0,260	1,011
5	0,020	14,800	10,000	0,260	1,011
6	0,020	14,600	9,000	0,260	1,012
7	0,020	14,600	9,000	0,270	1,012
8	0,020	14,300	9,000	0,660	1,031
9	0,020	13,700	9,000	1,480	1,045
10	0,020	13,300	9,000	2,160	1,113
11	0,020	13,300	9,000	2,310	1,121
12	0,040	13,300	9,000	2,590	1,135
13	0,050	13,300	8,000	2,600	1,135
14	0,060	13,400	9,000	2,440	1,125
15	0,070	13,800	9,000	2,130	1,105
16	0,080	13,900	9,000	1,810	1,088
17	0,080	14,200	9,000	1,710	1,081
18	0,080	14,200	9,000	1,420	1,067
19	0,080	14,200	9,000	1,170	1,055
20	0,070	14,500	9,000	0,950	1,043
21	0,060	14,500	9,000	0,840	1,038
22	0,060	14,500	9,000	0,730	1,033
23	0,060	14,500	9,000	0,600	1,027
24	0,060	14,500	9,000	0,540	1,024
25	0,060	14,600	9,000	0,460	1,020
26	0,060	14,600	9,000	0,440	1,019
27	0,050	14,600	9,000	0,400	1,017
28	0,050	14,600	9,000	0,360	1,015
29	0,060	14,600	9,000	0,310	1,013
30	0,090	14,700	9,000	0,280	1,010

Prueba 2					
Segundo	CO%	CO2 %	HC ppm	O2 %	Lambda
1	0,020	14,700	10,000	0,270	1,055
2	0,020	14,700	10,000	0,260	1,043
3	0,020	14,800	10,000	0,260	1,038
4	0,020	14,800	9,000	0,260	1,033
5	0,020	14,800	9,000	0,260	1,027
6	0,020	14,600	9,000	0,270	1,024
7	0,020	14,600	9,000	0,270	1,020
8	0,020	14,300	9,000	0,660	1,031
9	0,030	13,400	9,000	1,480	1,045
10	0,030	13,300	9,000	2,160	1,113
11	0,030	13,300	9,000	2,430	1,121
12	0,040	13,200	9,000	2,590	1,135
13	0,050	13,300	8,000	2,600	1,135
14	0,060	13,400	9,000	2,440	1,125
15	0,070	13,800	9,000	2,130	1,105
16	0,080	13,900	9,000	1,810	1,088
17	0,080	14,200	9,000	1,710	1,081
18	0,070	14,500	9,000	1,420	1,067
19	0,070	14,200	9,000	1,170	1,055
20	0,070	14,500	9,000	0,950	1,043
21	0,060	14,500	9,000	0,840	1,038
22	0,060	14,500	9,000	0,730	1,033
23	0,060	14,500	9,000	0,600	1,027
24	0,050	14,500	9,000	0,540	1,024
25	0,050	14,500	9,000	0,460	1,020
26	0,050	14,500	9,000	0,450	1,019
27	0,050	14,600	9,000	0,410	1,017
28	0,050	14,600	9,000	0,360	1,015
29	0,060	14,600	9,000	0,310	1,013
30	0,090	14,700	9,000	0,280	1,010

Prueba 3					
Segundo	CO%	CO2 %	HC ppm	O2 %	Lambda
1	0,020	14,700	10,000	0,270	1,045
2	0,020	14,700	10,000	0,260	1,113
3	0,020	14,800	10,000	0,260	1,121
4	0,020	14,800	9,000	0,260	1,135
5	0,020	14,800	9,000	0,260	1,135
6	0,020	14,600	9,000	0,260	1,125
7	0,020	14,600	9,000	0,270	1,105
8	0,020	14,300	9,000	0,660	1,031
9	0,030	13,700	9,000	1,480	1,045
10	0,030	13,300	9,000	2,160	1,113
11	0,030	13,300	9,000	2,310	1,121
12	0,040	13,300	9,000	2,590	1,135
13	0,050	13,300	8,000	2,600	1,135
14	0,060	13,400	9,000	2,440	1,125
15	0,070	13,800	9,000	2,130	1,105
16	0,080	13,900	9,000	1,810	1,088
17	0,080	14,200	9,000	1,710	1,081
18	0,070	14,500	9,000	1,420	1,067
19	0,070	14,200	9,000	1,170	1,055
20	0,070	14,500	9,000	0,950	1,043
21	0,060	14,500	9,000	0,840	1,038
22	0,060	14,500	9,000	0,730	1,033
23	0,060	14,500	9,000	0,600	1,027
24	0,050	14,500	9,000	0,540	1,024
25	0,050	14,500	9,000	0,460	1,020
26	0,050	14,500	9,000	0,450	1,019
27	0,050	14,600	9,000	0,410	1,017
28	0,050	14,600	9,000	0,360	1,015
29	0,060	14,600	9,000	0,310	1,013
30	0,090	14,700	9,000	0,280	1,010

Prueba 4					
Segundo	CO%	CO2 %	HC ppm	O2 %	Lambda
1	0,020	14,700	10,000	0,250	1,121
2	0,020	14,700	10,000	0,260	1,135
3	0,020	14,800	10,000	0,260	1,135
4	0,020	14,800	9,000	0,260	1,125
5	0,020	14,800	9,000	0,260	1,011
6	0,020	14,600	9,000	0,270	1,012
7	0,020	14,600	9,000	0,270	1,012
8	0,020	14,300	9,000	0,660	1,031
9	0,030	13,400	9,000	1,480	1,045
10	0,030	13,300	9,000	2,160	1,113
11	0,030	13,300	9,000	2,430	1,121
12	0,040	13,300	9,000	2,590	1,135
13	0,050	13,300	8,000	2,600	1,135
14	0,060	13,400	9,000	2,440	1,125
15	0,070	13,800	9,000	2,130	1,105
16	0,080	13,900	9,000	1,810	1,088
17	0,080	14,200	9,000	1,710	1,081
18	0,070	14,500	9,000	1,420	1,067
19	0,070	14,200	9,000	1,170	1,055
20	0,070	14,500	9,000	0,950	1,043
21	0,060	14,500	9,000	0,840	1,038
22	0,060	14,500	9,000	0,730	1,033
23	0,060	14,500	9,000	0,600	1,027
24	0,050	14,500	9,000	0,540	1,024
25	0,050	14,500	9,000	0,460	1,020
26	0,050	14,500	9,000	0,450	1,019
27	0,050	14,600	9,000	0,410	1,017
28	0,050	14,600	9,000	0,360	1,015
29	0,060	14,600	9,000	0,310	1,013
30	0,090	14,700	9,000	0,280	1,010

Tabulaciones de pruebas a diferentes alturas

Quito

	PRUEBA				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	14,90%	0,05%	0,17%	6	1
2500	14,76%	0,47%	0,03%	21	1,006

	PRUEBA 2				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
	14,87%	0,06%	0,19%	7	1
RALENTI	14,67%	0,51%	0,05%	20	1,006
2500 rpm					

	PRUEBA 3				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	14,90%	0,07%	0,17%	8	1
2500 rpm	14,76%	0,50%	0,04%	19	1,006

	PRUEBA 4				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	14,91%	0,05%	0,14%	7	1
2500 rpm	14,73%	0,47%	0,05%	20	1,006

	PRUEBA				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	13,33%	0,45%	0,15%	5,37	0,895
2500	13,21%	0,42%	0,03%	18,795	0,90

	PRUEBA 1				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	13,43%	0,44%	0,15%	5,41	0,895
2500	13,27%	0,43%	0,03%	18,81	0,90

	PRUEBA 2				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	13,35%	0,48%	0,15%	5,37	0,895
2500	13,26%	0,42%	0,027%	18,9	0,90

	PRUEBA 3				Nox
	CO2	O2	CO	HC	
RALENTI	13,43%	0,50%	0,16%	5,37	0,895
2500	13,25%	0,42%	0,05%	18,795	0,90

Papallacta

	PRUEBA				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	15,65%	0,05%	0,18%	6,3	1,5
2500	15,50%	0,49%	0,03%	22,05	1,056

	PRUEBA 1				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	15,645%	0,053%	0,18%	6,3	1,5
2500	15,510%	0,53%	0,04%	22,05	1,056

	PRUEBA 2				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	15,645%	0,0525%	0,18%	6,3	1,5
2500	15,498%	0,493%	0,03%	22,14	1,056

	PRUEBA 3				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	15,650%	0,06%	0,20%	6,3	1,5
2500	15,500%	0,51%	0,05%	22,32	1,056

**Morona
Santiago**

	PRUEBA				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	13,71%	0,05%	0,16%	5,52	0,92
2500	13,57%	0,43%	0,03%	19,32	0,925

	PRUEBA				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	13,80%	0,046%	0,18%	5,52	0,92
2500	13,60%	0,53%	0,06%	19,32	0,925

	PRUEBA				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	13,75%	0,05%	0,16%	5,52	0,92
2500	13,62%	0,54%	0,03%	19,32	0,925

	PRUEBA				
	CO2	O2	CO	HC	Nox
RALENTI	13,83%	0,07%	0,17%	5,52	0,92
2500	13,78%	0,65%	0,04%	19,32	0,925