



## **ING. AUTOMOTRIZ**

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniero en Automotriz.**

### **AUTORES:**

Steven David Bedon Armendariz  
Gustavo Paul Salazar Moran

### **TUTOR:**

Ing. Denny Guanuche

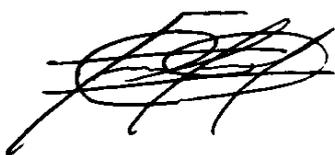
**Análisis de composición química del combustible a base de aditivos**



## Certificación

Nosotros, **Steven David Bedón Armendáriz** y **Gustavo Paúl Salazar Morán**, 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.



Steven David Bedón Armendáriz



Gustavo Paúl Salazar Morán

Yo, **Denny Javier Guanuche Larco**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma profesor

## **Dedicatoria**

El presente artículo de investigación, lo quiero dedicar de manera muy especial a mis cuatro abuelitos y a mis padres por su apoyo incondicional, por haber sido los pilares fundamentales a lo largo de toda mi vida y de mi carrera universitaria para ser un mejor alumno y sobretodo, una mejor persona. Han sabido ser una guía indispensable a base de mucho amor para ayudarme a conseguir cada logro y seguir creciendo día a día, así mismo, me han brindado todas las herramientas necesarias para ir cumpliendo poco a poco todos los proyectos y todas las metas que me he planteado. De igual manera quiero dedicar este trabajo a todos mis tíos, primos y amigos que han confiado en mí y me han apoyado a cada paso del camino.

Gustavo Paúl Salazar Morán

Este proyecto de titulación se lo dedico principalmente a mi padre Franklin Vicente Bedón Chamorro que en paz descansa, quien estuvo conmigo durante estos años de mi carrera profesional y realizó todo lo posible por brindarme la educación e inculcarme valores para mi vida profesional, aunque no estuvo conmigo presente en mi último año de carrera quiero agradecer infinitamente a mi madre Susana Armendáriz por su apoyo y fortaleza durante este año que ha sido esencial para poder lograr mis objetivos, ambos son mi pilar fundamental para seguir adelante, también quiero dedicar este proyecto a mis hermanos Xavier y Vanessa por sus consejos, ayuda y sobre todo por el respaldo que me han dado para lograr ser un excelente profesional.

Steven David Bedón Armendáriz

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer principalmente a mis cuatro abuelitos y a mis padres por siempre proporcionarme todas las herramientas necesarias para seguir adelante en mi vida estudiantil incluso en épocas tan complejas como fue la crisis por la pandemia, hicieron un esfuerzo económico increíble para que pueda culminar mis estudios de la mejor manera. A la Universidad Internacional del Ecuador por brindarme un campus y docentes de primer nivel con mucho conocimiento y experiencia en la rama automotriz que les permite ser la guía necesaria para todos los alumnos que están bajo su brazo. A todos los docentes de la Universidad que con gran trabajo y profesionalismo han sabido compartirme sus conocimientos. Al ingeniero Denny Guanuche por su tiempo y compromiso hacia nosotros siendo una guía excepcional para pulir todos los detalles de este trabajo de titulación. A mi familia y amigos que siempre han estado presentes y por último pero no menos importante a mi compañero Steven David por su compañerismo y dedicación para realizar este proyecto.

Gustavo Paúl Salazar Morán

Principalmente agradecer a mis padres por ayudarme con mis estudios universitarios, por permitirme estudiar la carrera que me gusta y siempre apoyarme con lo necesario, agradecer también a la Universidad Internacional del Ecuador por ayudarme en este largo camino y a los docentes que conforman la Facultad de Ingeniería Automotriz que nos comparten su conocimiento y enseñanzas, sobre todo quiero agradecer al Ingeniero Denny Guanuche quien fue mi docente desde primer semestre y ahora se ha convertido en mi tutor del proyecto de titulación, gracias por su guía, apoyo y enseñanzas durante estos años de carrera sin duda en excelente docente y amigo, por ultimo agradecer a mi compañero de Titulación Paul Salazar por ese empeño, esfuerzo y colaboración para poder realizar este trabajo y lograr cumplir nuestras metas.

Steven David Bedón Armendáriz

## Índice de Contenido

Certificación .....	iii
Acuerdo de confidencialidad.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de gráficos .....	9
Artículo.....	10
Resumen .....	10
Introducción .....	11
Marco teórico .....	12
Motor Ciclo Otto .....	12
Emisiones contaminantes producidas por el motor .....	12
Hidrocarburos no combustionados (HC) .....	12
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	12
Monóxido de carbono (CO).....	13
Oxígeno (O <sub>2</sub> ).....	13
Relación Lambda .....	13
Aditivos .....	13
Tipos de aditivos de combustible para gasolina .....	13
Elevadores de octanaje.....	13
Aditivos para la limpieza de inyectores .....	14
Octanaje.....	14
Materiales y métodos .....	14
Metodología.....	14
Resultados y discusión .....	19
Conclusiones .....	26
Bibliografía.....	27
Anexos.....	28
Anexos introducción.....	28
Anexo 1: Termodinámica por Faires Virgil.....	28
Anexos fundamentación teórica .....	37
Anexo 2: Ciclos de un motor Otto .....	37
Anexo 3: Sistema Catalizador.....	39

Anexo 4: Propiedades de un Octane Booster.....	40
Anexo 5: Combustible y Octanaje .....	41
Anexos materiales y métodos .....	45
Anexo 6: Norma NTE INEN 2203:2000 .....	45
Anexo 7: Norma NTE INEN-ISO 17025.....	51
Anexo 8: Normativa de acreditación SAE LEN 05-004.....	59
Anexo 9: Norma NTE INEN 2204 .....	63
Anexo 10: Materiales utilizados .....	70
Anexo 11: Procedimiento para las mezclas de combustible .....	74
Anexo 12: Primera medición .....	77
Anexo 13: Segunda medición .....	78
Anexo 14: Tercera medición.....	80
Anexo 15: Cuarta Medición.....	82
Anexo 16: Quinta medición .....	83
Anexos resultados y discusión.....	85
Anexo 17: Resultados de mediciones .....	85
Anexo 18: Cálculos.....	90
Anexo 19: Elaboración de modelo matemático y graficas .....	95
Anexo 20: Gráfica general .....	97
Anexo 21: Gráfica de CO.....	98
Anexo 22: Gráfica de CO <sub>2</sub> .....	99
Anexo 23: Gráfica de O <sub>2</sub> .....	99
Anexo 24: Gráfica de HC.....	100
Anexo 25: Resultados de composiciones químicas .....	100
Anexo 26: Evidencia de cambio de color en las mezclas .....	101
Anexo 27: Prueba de Octanaje.....	101
Anexo 28: Medición de Octanaje gasolina Extra.....	102
Anexo 29: Medición de Octanaje gasolina Extra mas aditivo .....	102
Anexo 30: Etiquetado y envasado de muestras para análisis.....	103
Anexo 31: Resultados del análisis elemental gasolina Extra .....	104
Anexo 32: Resultados del análisis elemental gasolina Extra con aditivo .....	105

### Índice de Imágenes

<b>Imagen 1:</b> Extracción del aditivo .....	14
<b>Imagen 2:</b> Medición de la mezcla .....	15
<b>Imagen 3:</b> Adición del aditivo en el combustible.....	15
<b>Imagen 4:</b> Drenaje de combustible con adaptación al filtro.....	16
<b>Imagen 5:</b> Accionamiento de la posición de la llave.....	16
<b>Imagen 6:</b> Extracción de combustible .....	17
<b>Imagen 7:</b> Suministro de la mezcla al vehículo.....	17
<b>Imagen 8:</b> Envasado y etiquetado de las muestras para análisis .....	18
<b>Imagen 9:</b> Ecuación ideal según Faires Virgil .....	23
<b>Imagen 10:</b> Composición química de las mezclas .....	24
<b>Imagen 11:</b> Análisis elemental gasolina extra.....	25
<b>Imagen 12:</b> Análisis elemental gasolina extra con aditivo.....	25

### Índice de Ecuaciones

<b>Ecuación 1:</b> Ecuación balanceada .....	11
<b>Ecuación 2:</b> Descripción de los elementos de la ecuación .....	18

### Índice de gráficos

<b>Gráfico 1:</b> Comparativa análisis de gases en ralentí .....	19
<b>Gráfico 2:</b> Comparativa análisis de gases a 2500 RPM .....	19
<b>Gráfico 3:</b> Monóxido de Carbono .....	20
<b>Gráfico 4:</b> Dióxido de carbono.....	21
<b>Gráfico 5:</b> Oxígeno.....	22
<b>Gráfico 6:</b> Hidrocarburos no combustiónados .....	23

## Artículo

### Análisis de composición química del combustible a base de aditivos

Ing. Denny Guanuche<sup>1</sup>, Steven Bedon A.<sup>2</sup>, Paul Salazar M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, stbedonar@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

<sup>2</sup> *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, stbedonar@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

<sup>3</sup> *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, gusalazarmo@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

### Resumen

**Introducción** Estudio en base a la composición química del combustible de la gasolina extra en comparación con cuatro aditivos elevadores de octanaje con el objetivo de analizar la variación existente en un vehículo comercial, con el fin de determinar una posible solución a la problemática actual de los combustibles comercializados. **Metodología** En la fase de pruebas con la ayuda de un analizador de gases, se realizaron pruebas a cada mezcla empleada en el vehículo y con los resultados obtenidos se balanceó la ecuación de Faires Virgil con el propósito de determinar la composición química de combustible con cada mezcla de elevador de octanaje y el aditivo que obtuvo una mayor aproximación a la composición química ideal, fue sometido a un análisis elemental en una prueba de laboratorio. **Resultados** Con los cálculos de composición química realizados, se determinó que la mezcla de combustible Extra y Liqui Moly obtuvo un resultado de  $C_{14,9} - H_{28,81}$ , siendo así una aproximación a la composición química ideal de  $C_{12,8} - H_{26,6}$  establecida por Faires Virgil. **Conclusión:** Se concluye que el uso de un aditivo elevador de octanaje en la gasolina Extra, no es una opción factible para igualar o superar un combustible de mayor calidad como lo es en este caso la gasolina Super y además que los cambios producidos en la composición química son casi imperceptibles, sin embargo en una prueba de laboratorio se obtiene una mejor apreciación en la variación de la composición química.

**Palabras clave:** Aditivo, Carbono, Hidrógeno, Emisiones contaminantes, Combustible.

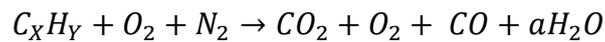
### Abstract

**Introduction** Study based on the chemical composition of the extra gasoline fuel compared to four octane booster additives with the aim of analyzing the existing variation in order to determine a possible solution to the current problem of commercialized fuels. **Methodology** In the testing phase, with the help of a gas analyzer, tests were carried out on each mixture used in the vehicle and with the results obtained, the Faires Virgil equation was balanced in order to determine the chemical composition of the fuel with each mixture of octane booster. The additive that obtained a closer approximation to the ideal chemical composition, was subjected to an elemental analysis in a laboratory test. **Results** With the chemical composition calculations carried out, it was determined that the mixture of Extra and Liqui Moly fuel obtained a result of  $C_{14,9} - H_{28,81}$ , thus being an approximation to the ideal chemical composition of  $C_{12,8} - H_{26,6}$  established by Faires Virgil. **Conclusion:** It is concluded that the use of an octane booster additive in Extra gasoline is not a feasible option to equal or exceed a higher quality fuel such as Super gasoline in this case and also that the changes produced in the chemical composition are almost imperceptible, however in a laboratory test a better appreciation of the variation in chemical composition is obtained.

**Key Words:** Additive, Carbon, Hydrogen, Polluting emissions, Fuel.

## Introducción

Se realizó un estudio de la composición química de combustible presente en el mercado ecuatoriano como lo es la gasolina Extra de 87 octanos, con el objetivo de analizar dicho combustible con al menos cuatro aditivos que se comercializan en el país y así evidenciar si la composición química del combustible se ve afectada al verse en contacto con este tipo de elementos. Se realizó el cálculo de manera teórica y las respectivas pruebas prácticas, para respaldar los resultados con los valores obtenidos e identificar el impacto que tiene el uso de este tipo de aditivos en el combustible local. Esta investigación se llevó a cabo mediante un analizador de gases que nos muestra los resultados de CO (Monóxido de Carbono), CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono), HC (Hidrocarburos) y O<sub>2</sub> (Oxígeno). Con estos valores que nos brinda el analizador de gases se balanceó la ecuación, según Faires Virgil (Faires & Max Simmang , 1983), la fórmula para un hidrocarburo de composición desconocida es:



*Ecuación 1: Ecuación balanceada*

donde C<sub>x</sub>-H<sub>y</sub> son las incógnitas para determinar tanto del combustible por sí solo y con la mezcla de aditivo, mientras que el resto de los valores es decir los parámetros de O<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub> son representados con las diferentes pruebas de emisiones de gases contaminantes. Con los resultados obtenidos después de balancear la ecuación se analizó el comportamiento del vehículo de pruebas al estar en funcionamiento con las diferentes muestras de combustible. Para comprobar los datos obtenidos de forma teórica se realizó una prueba de Análisis Elemental (C<sub>x</sub>-H<sub>y</sub>) en los laboratorios de la Universidad Central del Ecuador, con la ayuda de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química. Con esta prueba se determinó la composición química del combustible en porcentajes de Carbono e Hidrógeno, cuando el combustible se encuentra en estado puro y con la mezcla de aditivo. Se utilizó un vehículo de pruebas que fue un Renault Kwid 2023 ya que al ser un modelo actual requiere estándares de combustible altos para su correcto funcionamiento, por esta razón se realizó las pruebas con aditivos para poder identificar la variación en la composición química del combustible y comprobar si el uso de diferentes aditivos afecta al combustible y ayuda a mejorar el desempeño del vehículo. Esto se efectúa con un analizador de gases, mediante el cual se obtuvo los valores necesarios para la fórmula de un hidrocarburo de composición desconocida y además se obtuvo el resultado de la composición química del combustible que afecta al vehículo de pruebas. Para esta investigación se seleccionó diferentes aditivos como: Liqui Moly, Bardhal, Qualco y Ravenol, se decidió utilizar estos elementos ya que son los más comerciales por su fácil adquisición y su principal función es elevar el octanaje del combustible. Para este análisis, se seleccionó al aditivo que demostró mejores resultados y se lo sometió a un medidor de octanaje para determinar si es que el uso de un aditivo “Octane Booster” en la gasolina extra, puede lograr que este combustible supere o no en calidad a la gasolina súper. Actualmente, un elevado porcentaje de la población se ve afectada por el precio y calidad del combustible por lo que buscan alternativas que ayuden a preservar la vida útil de sus vehículos, por lo cual la opción de mayor acogida por los usuarios es adquirir un combustible de menor precio y calidad con aditivos sin conocer los efectos reales que producen estos elementos.

## Marco teórico

### Motor Ciclo Otto

Un motor de combustión interna con ciclo Otto, es denominado así ya que cumple con cuatro ciclos de trabajo y dos vueltas del cigüeñal, para generar energía dentro de una cámara de combustión diseñada de forma específica

La mezcla de combustible y oxígeno permite que el pistón transmita la energía de la explosión ocurrida dentro del cilindro, hacia el cigüeñal y a su vez transforme el movimiento lineal a un movimiento rotativo que posteriormente será transmitido a las ruedas del vehículo. El ciclo Otto se compone de cuatro fases para completar el trabajo, las cuales son: admisión, compresión, explosión y escape (Plaza, 2022). El ciclo de admisión se caracteriza por el movimiento descendente del pistón desde el PMS (Punto muerto superior) hacia el PMI (Punto Muerto Inferior) y permite así el ingreso de la mezcla gracias a un efecto de succión, el siguiente ciclo se denomina Compresión, ya que el pistón invierte su movimiento de forma descendente a ascendente y permite así que la mezcla se pueda comprimir dentro de la cámara de combustión para así dar paso al ciclo de explosión. En este ciclo, la mezcla de aire – combustible sufre un proceso de detonación provocado por una chispa en la cámara de combustión, lo que permite un efecto descendente del pistón dentro del cilindro por la fuerza ejercida sobre el mismo. Por último, se encuentra el ciclo de escape en donde el pistón asciende nuevamente al PMS y de esta manera libera los gases provocados por la combustión hacia el exterior del sistema.

### Emisiones contaminantes producidas por el motor

Producto de la combustión ocasionada en el interior del motor, se forman una serie de gases nocivos para el medio ambiente, Los convertidores catalíticos, o simplemente catalizadores, convierten químicamente los contaminantes CO, HC y NOx en emisiones menos nocivas como dióxido de carbono, vapor de agua y nitrógeno (Martins, Soto Pau, Silva, Santos, & Santos, 2005), el sistema integrado dentro de un catalizador, permite el control y la reducción del impacto de los gases que salen hacia la atmósfera. Específicamente esta investigación se enfoca en el análisis de los siguientes gases:

#### *Hidrocarburos no combustionados (HC)*

La unidad de medida de este gas, es determinado en partes por millón (ppm) y representa a los hidrocarburos no combustionados. Este gas es producido por la falta de oxígeno en la mezcla, lo que provoca una combustión incompleta dentro del cilindro, otro factor fundamental para la producción de HC, es la excesiva presencia de aceite en la cámara de combustión. (Augeri, 2011)

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

El CO<sub>2</sub>, es un indicador del correcto funcionamiento del motor de combustión interna, para saber si el vehículo trabaja en óptimas condiciones, el rango de medición ideal será entre el 12% y 15%, si los valores representados son inferiores al rango ideal, se puede considerar como una combustión deficiente. Este gas es el principal causante del efecto invernadero. (Augeri, 2011)

### ***Monóxido de carbono (CO)***

El monóxido de carbono es un gas que se ve afectado por los mismos factores que alteran y producen HC como: una mezcla con bajos niveles de oxígeno, exceso de combustible en el cilindro y partículas de aceite.

Su rango ideal se encuentra comprendido entre 0% - 1%. (Augeri, 2011)

### ***Oxígeno (O<sub>2</sub>)***

Este gas se define como el sobrante del proceso de combustión, en el cuál el factor principal para la producción de este gas, es el bajo nivel de combustible en la mezcla, lo que provoca que el oxígeno salga por el colector de escape sin ser parte del proceso químico de combustión. Otro factor que influye en la producción de este gas es la falta de hermeticidad en el sistema de escape del vehículo, normalmente los valores de medición son inferiores al 5%. (Augeri, 2011)

### ***Relación Lambda***

El factor Lambda es el indicador de la mezcla estequiométrica entre el combustible y aire que se encuentra en el interior del motor, este valor nos permite identificar si el vehículo se encuentra con un pulso de inyección de combustible excesivo o deficiente y de igual manera si la cantidad de aire que ingresa al cilindro es la adecuada. Para determinar este factor, hay que tomar en cuenta el valor de mezcla ideal que es de 14.7: 1 en donde: 14.7 es el valor de partículas de aire por 1 partícula que representa el valor del combustible. (Augeri, 2011)

### **Aditivos**

Se considera como aditivo a cualquier sustancia capaz de alterar las propiedades base de un elemento en específico con el objetivo de mejorar el compuesto inicial. En la industria automotriz, se logra evidenciar un aumento tanto en el uso y producción de aditivos con el fin de mejorar el rendimiento de los vehículos.

Las principales características que diferencian un aditivo de otro, es según su función o propiedades como:

- Reducir la contaminación interna del sistema de inyección de combustible y prolongar su vida útil.
  - Proteger los elementos del motor que se mantienen en contacto con el aditivo.
  - Potenciar las propiedades del combustible.
  - Disminuir las emisiones de gases contaminantes producidos por la combustión.
- (Claxon, 2017)

### **Tipos de aditivos de combustible para gasolina**

#### ***Elevadores de octanaje***

Un aditivo elevador de octanaje ayuda a reducir el consumo de combustible, mejorar el rendimiento de este y previene consecuencias provocadas por detonaciones prematuras dentro del cilindro. (Liqui Moly , 2013)

### ***Aditivos para la limpieza de inyectores***

Este tipo de aditivos tiene la característica principal de mantener el sistema de inyección libre de impurezas y en caso de existir suciedad interna, el aditivo cumplirá con las funciones de detergente para liberar cualquier tipo de impurezas que obstruyan el funcionamiento óptimo del sistema. (Claxon, 2017)

### **Octanaje**

La expresión química del octano se define como  $C_8H_{18}$  en donde se expresan 8 partículas de carbono y 18 de hidrógeno, esta composición química forma parte de la familia de alcanos, los cuales son caracterizados por ser hidrocarburos compuestos únicamente de partículas de carbón e hidrógeno.

El octanaje se refiere a la capacidad que tiene el combustible para soportar altas compresiones sin auto detonarse dentro del cilindro. Los combustibles de alto octanaje tienen mejor desempeño en vehículo con relación de compresión alta, estos combustibles de alto octanaje tienen la capacidad de producir menos cantidad de carbonilla. (Paz, 2006)

## **Materiales y métodos**

### **Metodología**

El método empleado en esta investigación, será una metodología experimental en la cual se manipulan diferentes variables con el fin de evaluar los resultados finales. Para este proyecto se realizó el estudio con un analizador de gases que será puesto a prueba primero con el vehículo únicamente con gasolina Extra de 87 octanos que se comercializa de forma general, después se procederá a vaciar el tanque y hacer pruebas con el mismo combustible Extra de 87 octanos, pero esta vez se realizará la prueba de gases con cada aditivo para poder apreciar cualquier tipo de variación en valores de emisión. Una vez adquiridos los cuatro aditivos elevadores de octanaje que son de las marcas Bardhal, Qualco, Ravenol y Liqui Moly, se procedió a realizar la mezcla de forma proporcional según como lo indica el fabricante de cada aditivo como se observa en el procedimiento de la imagen 1, 2 y 3.

### ***Imagen 1: Extracción del aditivo***



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

**Imagen 2:** *Medición de la mezcla*



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

**Imagen 3:** *Adición del aditivo en el combustible*



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Para esta práctica, se utilizó la normativa NTE INEN 2203 – “Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí. prueba estática”. (INEN, 2000), en la cual

se detalla el método de medición de gases en marcha mínima y ralentí para vehículos con encendido por chispa.

En base a la normativa anterior, se realizó la primera medición de gases con la ayuda del analizador BRAIN BEE AGS-688 al vehículo de prueba y así obtener los primeros resultados.

Se procedió a drenar todo el combustible presente en el tanque por medio del filtro del sistema, esto se logró realizar por medio de una adaptación de una manguera flexible y abrazadera colocada y ajustada en la salida del filtro de combustible como se puede apreciar en la Imagen 4.

**Imagen 4:** Drenaje de combustible con adaptación al filtro



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Una vez que se realizó la adaptación en la salida del filtro de combustible, se procedió a accionar de forma simultánea el switch de encendido entre la posición de accesorios (ACC) y la posición Encendido (ON), como se puede apreciar en la Imagen 5.

**Imagen 5:** Accionamiento de la posición de la llave



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Al accionar este mecanismo, se logra activar la bomba de combustible del sistema la cual permitió el paso de la gasolina por medio del filtro hacia el exterior del vehículo el cual fue almacenado en un reservorio, como se puede ver en la Imagen 6. Así de este modo se consiguió un drenaje total del combustible almacenado en el tanque.

**Imagen 6:** Extracción de combustible



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Con el reservorio del combustible vacío, se procedió a llenar con un galón de gasolina mezclada anteriormente con el primer aditivo de prueba, como se puede observar en la imagen 7. Una vez trastornado el galón en su totalidad dentro del vehículo, se realizó una prueba de ruta para consumir el combustible que ingresó en el sistema y que el aditivo cumpla con su función, para posteriormente realizar una segunda medición de gases según la normativa NTE INEN 2203 y así obtener los valores necesarios para el estudio.

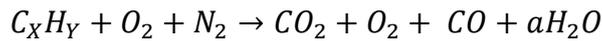
**Imagen 7:** Suministro de la mezcla al vehículo



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Este proceso se lo realizó por cinco ocasiones, de las cuales la primera prueba fue realizada con gasolina extra común y las cuatro pruebas restantes se las realizó con la mezcla entre el combustible y cada aditivo seleccionado.

Con los valores otorgados por el analizador de gases de las diferentes pruebas, se procedió a balancear en la ecuación de Faires Virgil, que se basa en el cálculo de un hidrocarburo con composición desconocida



*Ecuación 2: Descripción de los elementos de la ecuación*

En donde:

$C_x$  = %Carbono en la mezcla

$H_y$  = %Hidrógeno en la mezcla

$O_2$  = % Oxígeno en la atmósfera

$N_2$  = % de Nitrógeno en la atmósfera

$CO$  = Monóxido de Carbono

$O_2$  = % de Oxígeno en la mezcla

$CO_2$  = Dióxido de Carbono

$aH_2O$  = % de agua en el combustible

Valores correspondidos a la composición del  
aire. 79%  $N_2$  - 21%  $O_2$

Con la fórmula de Faires Virgil, se determinó la composición química de la gasolina Extra sin aditivo y la composición química de los cuatro combustibles utilizados en esta prueba, con los resultados obtenidos se utilizó un método comparativo que se puede definir según (Nohlen, 2016) como “el procedimiento de comparación sistemática de objetos de estudio que, por lo general, es aplicado para llegar a generalizaciones empíricas y a la comprobación de hipótesis” (p.41), con este método se pudo determinar la mezcla de combustible con aditivo que mejores resultados reflejó en el analizador de gases y en el vehículo de pruebas para posteriormente envasar las muestras de la mezcla seleccionada y de la gasolina extra en un frasco de vidrio ámbar de 120 ml como se puede ver en la Imagen 8.

**Imagen 8:** *Envasado y etiquetado de las muestras para análisis*



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

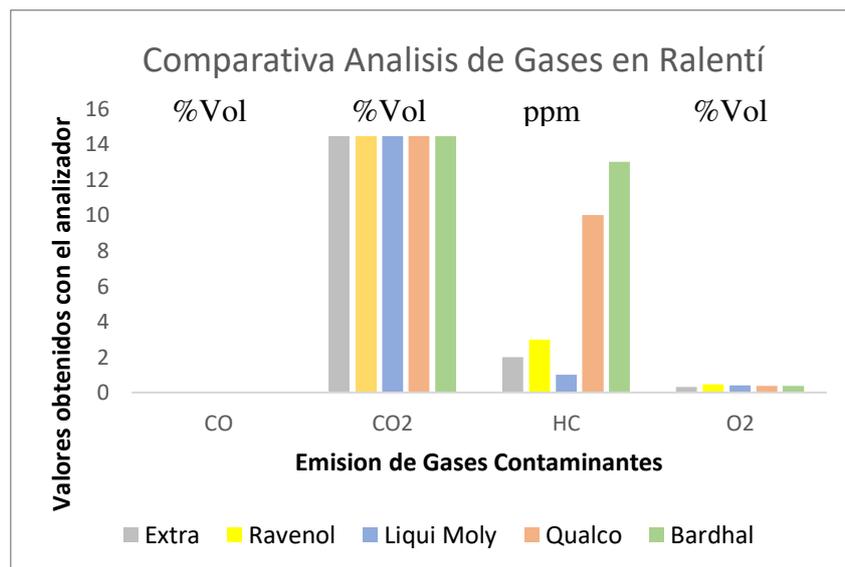
Las muestras envasadas se enviaron a la facultad de Ingeniería química de la Universidad Central del Ecuador la cual realizó un análisis elemental de las muestras enviadas para conocer el porcentaje de Carbono e Hidrógeno que tiene cada una, para analizar estas muestras se toma en cuenta la normativa SAE LEN -06-010- Laboratorio del departamento de petróleos, energía y contaminación, dpec, facultad de ingeniería química, Universidad Central

del Ecuador”. (SAE , 2016), la cual determina el procedimiento adecuado para el análisis elemental de muestras en la Universidad Central del Ecuador, es importante destacar que la normativa SAE LEN -06-010- se rige bajo parámetros de calibración y ensayo establecidos en base a la normativa ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”. (INEN, 2018), esta normativa permite reducir el margen de error en los valores obtenidos y garantiza resultados con mayor precisión.

### Resultados y discusión

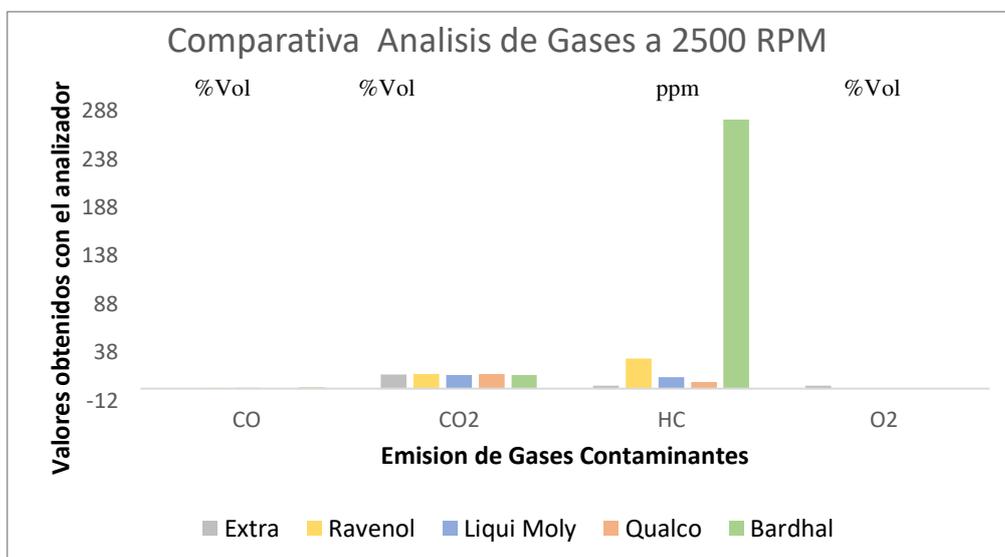
En la gráfica 1 y 2 se aprecia la comparativa de análisis de gases en ralentí y cuando el motor se encuentra en un rango de 2500 revoluciones por minuto con los resultados obtenidos después de cada prueba.

**Gráfico 1:** Comparativa análisis de gases en ralentí



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

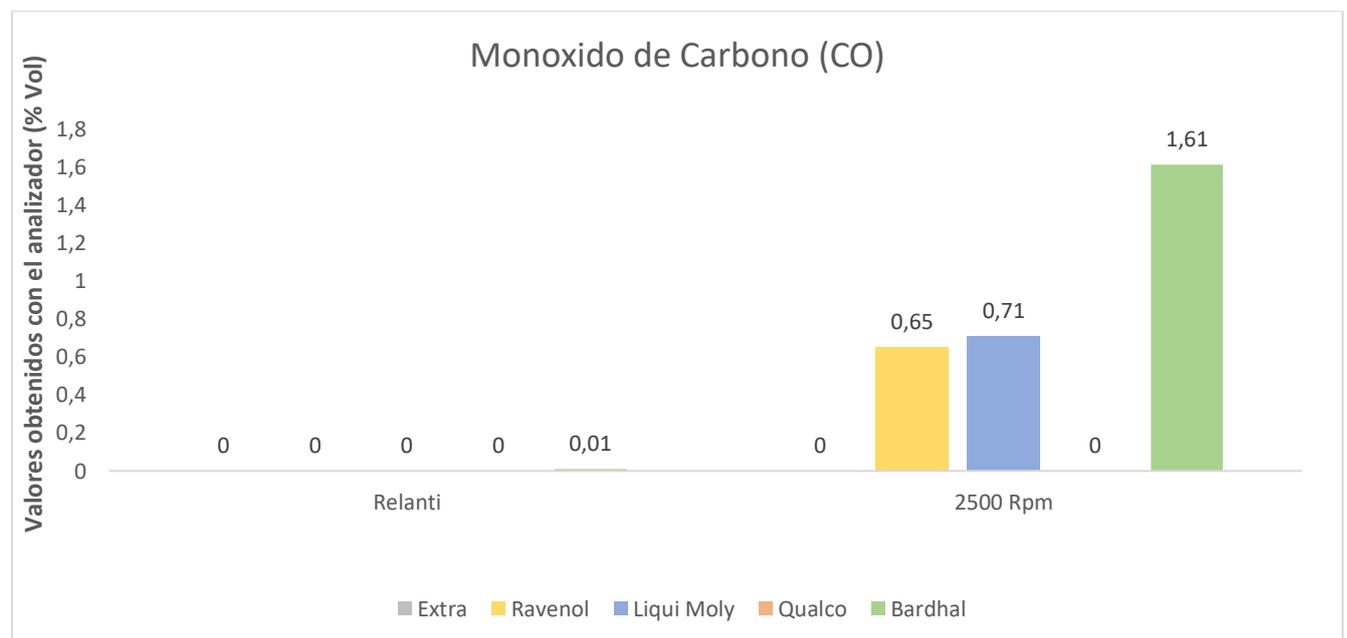
**Gráfico 2:** Comparativa análisis de gases a 2500 RPM



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

En las gráficas 3,4,5 y 6, se observa de forma independiente la variación de resultados obtenidos de cada gas analizado en esta práctica, en la cual se determinó que el monóxido de carbono (CO) que se observa en la gráfica 3 en ralentí, tuvo efectos nulos con la presencia de aditivos como Ravenol, Liqui Moly y Qualco, además de tener un valor de 0% de CO con la gasolina extra sin aditivo. La única variación en valores de CO, se la observó con el aditivo Bardhal, el cual tuvo un valor de emisiones de CO de 0,01 %vol, estos valores se pueden dar debido a que el vehículo de prueba es un modelo 2023 el cual no presenta desgaste alguno, por lo que provoca que las emisiones contaminantes en general del vehículo sean mínimas. En la misma gráfica se observó la variación de gases a 2500 revoluciones por minuto, en la cual se repite el patrón de emisiones contaminantes de 0%vol con la gasolina Extra sin aditivo y con la presencia de Qualco, sin embargo la gasolina Extra al verse en contacto con el aditivo de Ravenol presenta un valor de 0,65%vol, la mezcla con Liqui Moly tiene un valor de 0,71%vol y por último la mezcla con Bardhal refleja un valor de 1,61%vol. Según la normativa INEN NTE 2204 (INEN, 2017) se establece ciertos rangos permitidos para la circulación vehicular en el país, por lo cual con el aditivo Bardhal que presenta un valor de 1,61%vol, no será posible aprobar la revisión técnica vehicular (RTV). De esta manera se aprecia el efecto que tuvo este aditivo en el vehículo de pruebas debido a que es un modelo 2023 y no debería presentar este alto valor de emisión de CO a 2500 RPM.

**Grafico 3: Monóxido de Carbono**

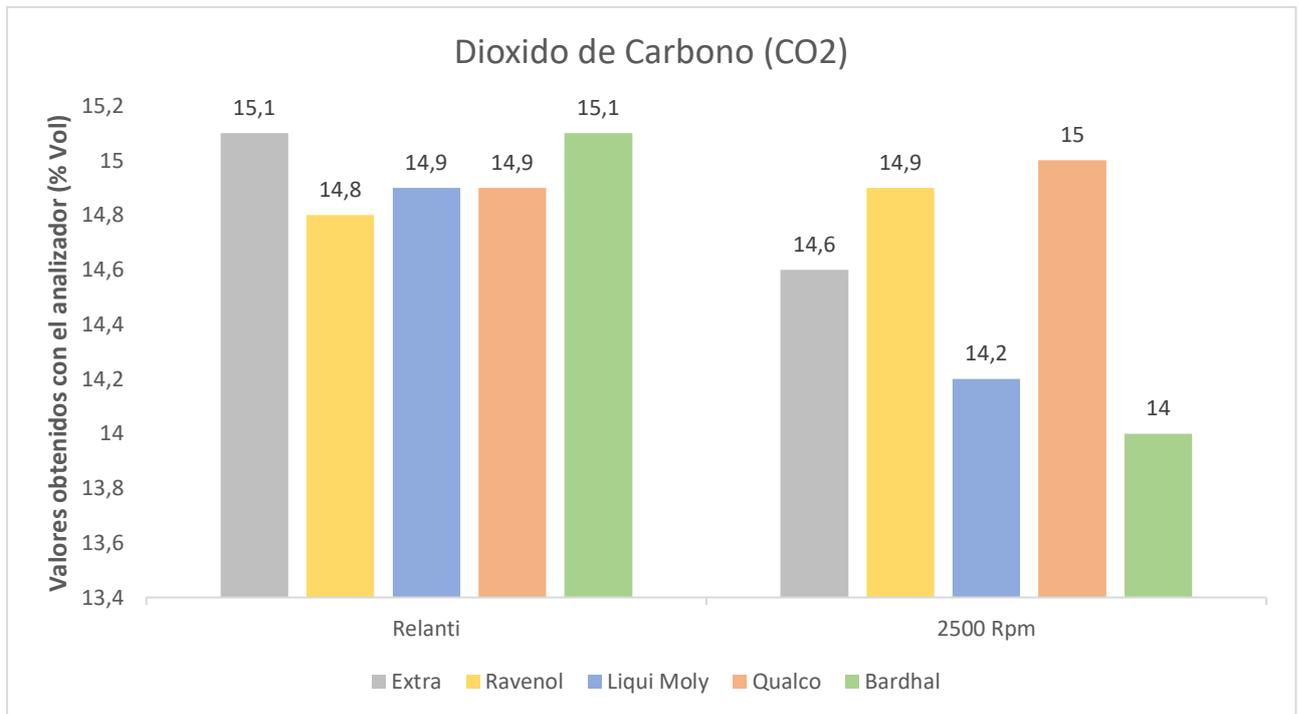


**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

En la gráfica 4, se observa los resultados de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), este gas no es regularizado bajo ninguna normativa de circulación, sin embargo, el CO<sub>2</sub> será un valor que nos indica el correcto funcionamiento del motor, su rango ideal de medición es del 12% - 15%. La gráfica 4 indica que los 4 aditivos de prueba e incluso la gasolina Extra en estado puro, cumplen con los rangos óptimos de funcionamiento ya sea en ralentí o en 2500

revoluciones por minuto, por lo cual se deduce que todos los aditivos cumplen su función de optimizar el funcionamiento del motor del vehículo.

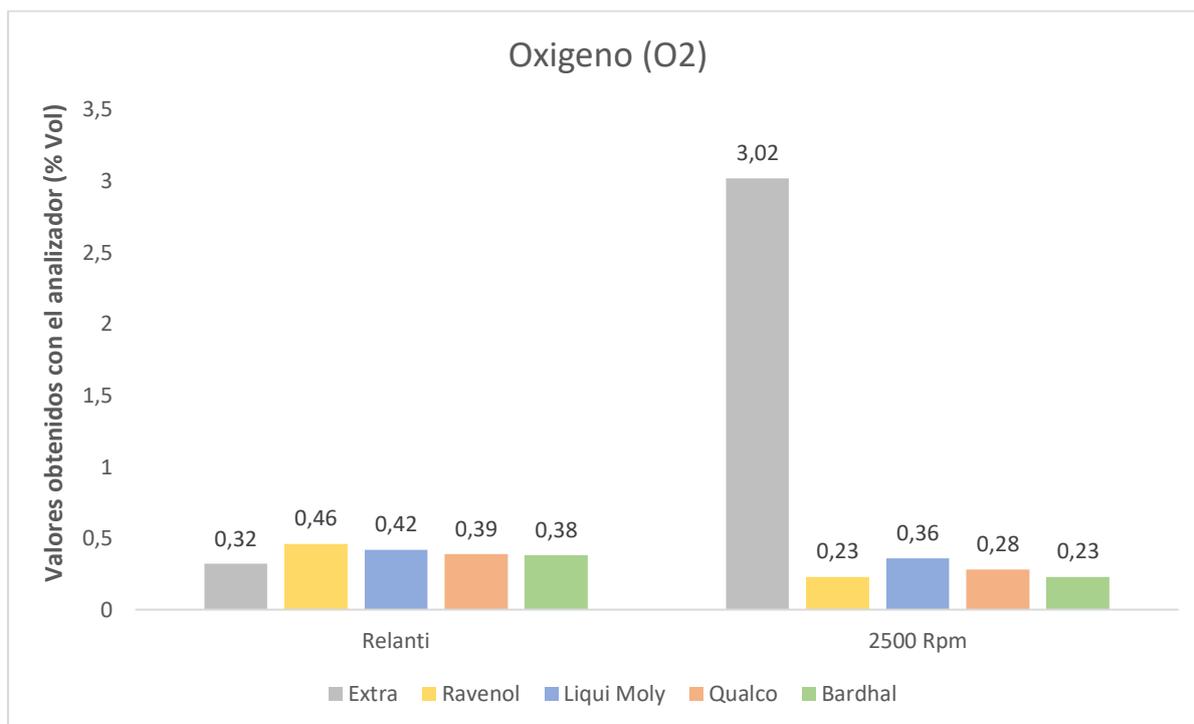
**Grafico 4:** Dióxido de carbono



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

La gráfica 5 corresponde a los niveles de Oxígeno en el sistema, cuando el vehículo se encuentra en marcha mínima o ralentí, la variación que tiene la gasolina Extra frente a las 4 mezclas de combustible es mínima, por otro lado, cuando el vehículo se encuentra a 2500 RPM, se puede observar una variación significativa de la gasolina Extra sin mezcla en comparación con las 4 mezclas utilizadas. Según la normativa INEN NTE 2204 (INEN, 2017), también se establecen rangos de medición para medir la cantidad de Oxígeno (O<sub>2</sub>), la gasolina Extra sin ser modificada presenta un valor de 3.02% vol, por lo que con este valor según la normativa, se aprueba la revisión técnica vehicular con una falta Tipo 1, considerada como moderada. Con esta toma de datos, se evidenció que el uso de aditivos tuvo un efecto positivo en el vehículo de prueba debido a que logró reducir de forma considerable el valor de O<sub>2</sub> a 2500 revoluciones por minuto en el vehículo.

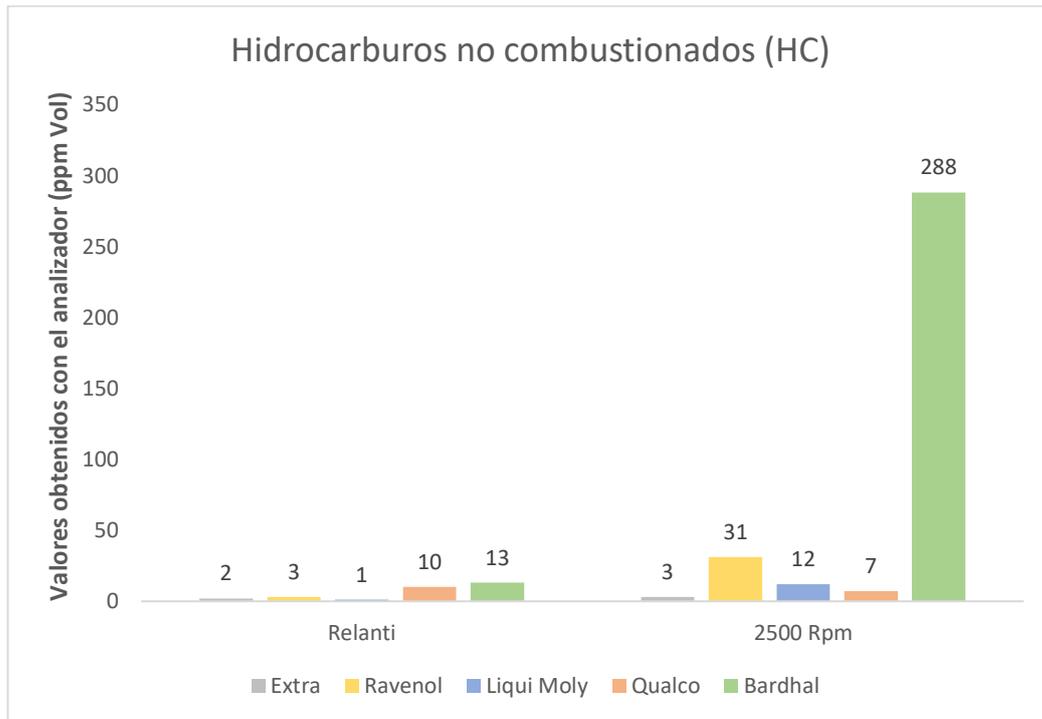
**Gráfico 5: Oxígeno**



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

El gráfico 6 se basa en la producción de hidrocarburos no combustionados que son liberados por el sistema de escape, como se explicó anteriormente, el vehículo de prueba es un modelo 2023, por lo que sus niveles de HC van a ser ligeramente notorios. Sin embargo, se pudo evidenciar que durante la toma de datos a 2500 RPM, el aditivo Bardhal tuvo resultados negativos ya que se obtuvo un valor de 288 ppm, según la normativa para la circulación vehicular, con este valor no se aprueba la revisión técnica, ya que su rango máximo permitido es de 200 ppm. Se plantea una hipótesis por la cual este valor excedió los límites permitidos, este valor se pudo haber obtenido debido a que probablemente el aditivo contiene elementos con propiedades de aceite, los cuales provocaron que al ser mezclados con el combustible tengan esta reacción de aumentar los hidrocarburos no combustionados.

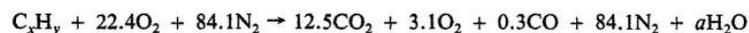
**Gráfico 6:** Hidrocarburos no combustionados



**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Una vez se recopiló todos los datos de las pruebas con el analizador de gases, se procedió a balancear la fórmula según Faires Virgil y se obtuvo los siguientes resultados de composición química de cada muestra como se observa en la imagen 10. La base en la cual este estudio se respaldó para determinar la composición química ideal del combustible, fue la fórmula para un hidrocarburo de composición desconocida establecida por Virgil en el libro “Termodinámica” sexta edición (p.360), esta fórmula se la puede apreciar en la imagen 9.

**Imagen 9:** Ecuación ideal según Faires Virgil



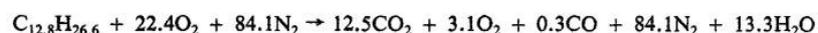
Balances de material:

$$C: \quad x = 12.5 + 0.3 \qquad \qquad \qquad x = 12.8$$

$$O_2: \quad (2)(22.4) = (2)(12.5) + (2)(3.1) + 0.3 + a \qquad a = 13.3$$

$$H_2: \quad y = 2a = (2)(13.3) \qquad \qquad \qquad y = 26.6$$

En consecuencia, *considerando* que todo el carbono y el hidrógeno se queman, el combustible es una mezcla de hidrocarburos para la cual la molécula media es  $C_{12.8}H_{26.6}$ , o para la que la relación  $y/x = 26.6/12.8$ . La ecuación química no dice nada más. La ecuación balanceada es entonces



**Fuente:** Faires, V. (1983). Termodinámica. Editorial hispano-americana. S. A (p.360)

En la imagen 9, Faires Virgil establece que la composición química ideal de un combustible es  $C_{12,8} - H_{26,6}$ , la cual está conformada por 12,8 partículas de carbono y 26,6 partículas de hidrógeno.

En la imagen 10 se establecen los resultados finales después de balancear la ecuación de Faires Virgil con cada mezcla seleccionada.

**Imagen 10:** Composición química de las mezclas

Gasolina Extra 87		Gasolina Extra 87 octanos + Qualco	
Composicion Quimica			
<b>C</b>	15,1	<b>H</b>	28,30
Composicion Quimica			
<b>C</b>	14,8	<b>H</b>	29,11
Gasolina Extra 87 octanos + Ravenol		Gasolina Extra 87 octanos + Bardhal	
Composicion Quimica			
<b>C</b>	14,8	<b>H</b>	29,11
Composicion Quimica			
<b>C</b>	15,61	<b>H</b>	29,39
Gasolina Extra 87 octanos + Liqui Moly			
Composicion Quimica			
<b>C</b>	14,9	<b>H</b>	28,81

**Fuente:** Bedon S. & Salazar P. (Autores)

Una vez analizadas las composiciones químicas y determinar qué aditivo obtuvo mejores prestaciones, se envió las muestras correspondientes a la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador para un análisis elemental y los resultados se observan en las imágenes 11 y 12.

En la Imagen número 11, se muestran los resultados obtenidos por la prueba de análisis elemental en los laboratorios de la Universidad Central del Ecuador, la cual da a conocer que la composición química del combustible Extra tiene un valor de  $C_{70,263} - H_{22,416}$ , por lo que se determina que en una prueba de laboratorio donde controlan ciertas variables como una presión de 543,2 a 544 mmhg y una temperatura de 17,7 a 19,6 °C, se pueden obtener valores distintos a una prueba de cálculos donde las variables no se pueden controlar. Se evidencia un cambio significativo de resultados en la cual la diferencia de las muestras analizadas, presenta una variación de la composición química del combustible que pudo ser apreciada por medio del análisis elemental.

### Imagen 11: Análisis elemental gasolina extra

**Cliente<sup>o</sup>:** GUSTAVO PAUL SALAZAR MORÁN  
**Contacto<sup>o</sup>:** Sr. Gustavo Salazar  
**Dirección<sup>o</sup>:** Guarderas N47-418  
**Teléfono<sup>o</sup>:** 0981092619 / 2457739 **Correo-e<sup>o</sup>:** paulsm98@gmail.com  
**Tipo de muestra<sup>o</sup>:** GASOLINA EXTRA  
**Descripción de la muestra<sup>o</sup>:** Extra sin aditivo  
**Condición de la Muestra:** Muestra en envase de vidrio ámbar, sin refrigeración  
**Fecha de ingreso de muestra:** 2022-08-22  
**Código de la muestra:** 22-186.1  
**Fecha de realización de ensayos:** 2022-08-30  
**Lugar donde se realizaron los ensayos:** Laboratorio DPEC - Área de Investigación

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL*</b>				
Carbono*	% P/p	DUMAS (combustión)	70,263	-
Hidrógeno*			22,416	
Nitrógeno*			0,068	-
Azufre*			0,139	-

**Nota:** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

**Nota:** Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

**Nota:** Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

**Condiciones Ambientales.** - Presión: 543,2 a 544,0 mm Hg. Temperatura: 17,7 a 19,6 °C

**Fuente:** Laboratorio DPEC - Área de investigación (2022). *Informe de resultados. Departamento de petróleo, energía y contaminación.* (p.1)

En la Imagen número 12, se muestran los resultados obtenidos por la prueba de análisis elemental realizada en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador, la cual da a conocer que la composición química del combustible Extra con mezcla de aditivo Liqui Moly, tiene un valor de  $C_{83,240}-H_{28,615}$ , por lo que se determina que el aditivo utilizado si alteró la composición química del combustible. Cabe recalcar que estos resultados se pueden evidenciar de mejor manera con una prueba controlada de laboratorio en donde las variables son iguales para ambas pruebas.

### Imagen 12: Análisis elemental gasolina extra con aditivo Liqui Moly

**Cliente<sup>o</sup>:** GUSTAVO PAUL SALAZAR MORÁN  
**Contacto<sup>o</sup>:** Sr. Gustavo Salazar  
**Dirección<sup>o</sup>:** Guarderas N47-418  
**Teléfono<sup>o</sup>:** 0981092619 / 2457739 **Correo-e<sup>o</sup>:** paulsm98@gmail.com  
**Tipo de muestra<sup>o</sup>:** GASOLINA EXTRA CON ADITIVO  
**Descripción de la muestra<sup>o</sup>:** Extra con aditivo  
**Condición de la Muestra:** Muestra en envase de vidrio ámbar, sin refrigeración  
**Fecha de ingreso de muestra:** 2022-08-22  
**Código de la muestra:** 22-186.2  
**Fecha de realización de ensayos:** 2022-08-30  
**Lugar donde se realizaron los ensayos:** Laboratorio DPEC - Área de Investigación

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL*</b>				
Carbono*	% P/p	DUMAS (combustión)	83,240	-
Hidrógeno*			28,615	
Nitrógeno*			0,385	-
Azufre*			0,000	-

**Nota:** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

**Nota:** Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

**Nota:** Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

**Condiciones Ambientales.** - Presión: 543,2 a 544,0 mm Hg. Temperatura: 17,7 a 19,6 °C

**Fuente:** Laboratorio DPEC - Área de investigación (2022). *Informe de resultados. Departamento de petróleo, energía y contaminación.* (p.2)

## Conclusiones

Mediante este trabajo de estudio se pudo concluir los efectos que tienen los aditivos seleccionados en un vehículo Renault Kwid modelo 2023, vehículo el cual fue seleccionado ya que al ser un modelo actual, sus desgastes internos en el motor son mínimos, por lo cual se asemeja a un ciclo de trabajo ideal y por tal motivo se decidió que sea expuesto a una mezcla con un combustible de calidad regular con mezcla de aditivos elevadores de octanaje.

Una vez presentados los resultados se determina que el uso de algunos aditivos ayudan a mejorar la composición química del combustible y controlar las emisiones de gases contaminantes producidos por la combustión, sin embargo se debe tener en cuenta que no todo aditivo elevador de octanaje va a ayudar al sistema motor como fue el caso de Bardhal, el cual después de analizar los resultados obtenidos en las pruebas prácticas y teóricas, no tuvo el desempeño esperado en comparación al aditivo de Liqui Moly.

Una vez establecida la base de estudio, es posible concluir qué aditivo tuvo mejores prestaciones en la prueba práctica con el analizador de gases y con los resultados del análisis teórico, utilizando la ecuación de Faires Virgil y basando el estudio en la composición química ideal  $C_{12,8} - H_{26,6}$ , siendo el aditivo Liqui Moly el que cumplió con las condiciones de desempeño y resultados teóricos, el cual obtuvo una composición química de  $C_{14,9} - H_{28,81}$ . Estos valores obtenidos de forma teórica con la ecuación, no presentan una variación significativa en la composición química de combustible, si se compara el valor obtenido de Liqui Moly con la gasolina Extra sin aditivo que tiene un valor de  $C_{15,1} - H_{28,30}$ , se aprecia que la diferencia de resultados es mínima pero aún así destacó de todos los valores obtenidos en las pruebas, por lo que esta mezcla fue seleccionada en conjunto con una muestra de gasolina extra sin aditivo, para realizar una prueba de laboratorio de análisis elemental y medición de octanaje para evaluar si el aditivo cumple con su función. En el análisis elemental se obtuvieron los resultados con los valores de Extra sin aditivo  $C_{70,263} - H_{22,416}$  y los valores de la mezcla entre gasolina Extra y aditivo Liqui Moly fue de  $C_{83,240} - H_{28,615}$ . Después de comparar los resultados del análisis elemental, se justifica que con una prueba de laboratorio en la cual se controla ciertos parámetros o variables que influyen directamente en los resultados como son la presión y temperatura de trabajo a las que están sometidas las muestras, en tal caso, si es posible evidenciar una diferencia de resultados en sus respectivas composiciones de Carbono e Hidrógeno.

Con respecto a la medición de octanaje se verificó que la gasolina Extra al momento de ser expuesta a la varilla de medición, alcanzó un resultado de 89 octanos, mientras que la muestra de mezcla con aditivo Liqui Moly, alcanza un resultado de 90 octanos, por lo cual se concluye que el aditivo si realiza su función de aumentar el octanaje del combustible a pesar de que la diferencia de mediciones no sea significativa.

## Bibliografía

- Faires, V., & Max Simmang, C. (1983). *Termodinámica*. Ciudad de México: Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana S.A.
- Plaza, D. (31 de Marzo de 2022). *El ciclo Otto: motores de dos y cuatro tiempos*. Obtenido de motor.es: <https://www.motor.es/que-es/ciclo-otto>
- canalMOTOR. (29 de Noviembre de 2019). *Lo que debes saber sobre los gases del tubo de escape*. Obtenido de motor.mapfre.es: <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/lo-que-debes-saber-sobre-los-gases-del-tubo-de-escape/>
- Claxon. (18 de Octubre de 2017). *Mitos y realidades sobre el uso de aditivos en el combustible del coche*. Obtenido de claxon.org: <https://claxon.org/uso-aditivos-combustible-del-coche/>
- Liqui Moly. (Marzo de 2013). *Elevador de octanaje*. Obtenido de LiquiMoly Store: [https://liquimolystore.com/products/elevador-de-octanaje#:~:text=Eleva%20el%20octanaje%20\(RON\)%20del,motor%20causados%20por%20combustiones%20detonantes.](https://liquimolystore.com/products/elevador-de-octanaje#:~:text=Eleva%20el%20octanaje%20(RON)%20del,motor%20causados%20por%20combustiones%20detonantes.)
- Paz, M. A. (2006). *Manual de automóviles*. Madrid.
- Martins, K. C., Soto Pau, F., Silva, J. A., Santos, A. M., & Santos, R. F. (2005). *Estudio del empleo de un convertidor catalítico para las emisiones gaseosas en un motor de ignición por chispa usando etanol como combustible*. Habana: Revista de Ingeniería Mecánica.
- INEN. (23 de Marzo de 2000). *normalización.gob.ec*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2203:2000: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>
- Nohlen, D. (2016). *Método comparativo*. Ciudad de México: Instituto de investigaciones jurídicas.
- SAE. (29 de abril de 2016). *Alcance de acreditación*. Obtenido de acreditación.gob.ec: <https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/SAE-LEN-16-005.pdf>
- INEN. (25 de Abril de 2018). *NTE INEN-ISO/IEC 17025*. Obtenido de normalización.gob.ec: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_iec\\_17025.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_iec_17025.pdf)
- INEN. (10 de Enero de 2017). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MOVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA*. Obtenido de normalizacion.gob: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf)
- Augeri, F. (10 de Enero de 2011). *CISE electrónica*. Obtenido de Análisis de gases de escape en motores de combustión interna: [www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/302-analisis-de-los-gases-de-escape-de-los-motores-de-combustion-interna](http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/302-analisis-de-los-gases-de-escape-de-los-motores-de-combustion-interna)

## Anexos

### Anexos introducción

#### Anexo 1: Termodinámica por Faires Virgil

Faires, V., & Max Simmang, C. (1983). *Termodinámica . Ciudad de México : Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana S.A, 352.*

352

Sistemas reactivos

combustibles, en particular los reactivos que se combinan rápidamente y con liberación de grandes cantidades de energía, como el necesario para la propulsión de los cohetes.

#### 13.3 ANALISIS DE LOS COMBUSTIBLES

El *análisis másico* (o *gravimétrico*) es el que especifica los diversos porcentajes en masa (o las fracciones de masa,  $f_m$ ) de los elementos de un combustible y es típico para combustibles sólidos y líquidos.

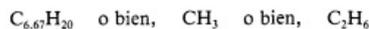
Un combustible gaseoso se puede definir por un análisis gravimétrico o uno volumétrico (molar) (§12.2). Los elementos constituyentes del combustible son principalmente el carbono y el hidrógeno.

Si el combustible reactivo es del tipo molecular único se pueden determinar por análisis gravimétrico los diferentes átomos a partir de la fórmula química. En el caso del hidrocarburo octano  $C_8H_{18}$ , que es cercano a la forma molecular promedio de la gasolina (una mezcla de numerosas moléculas diferentes), se tiene

$$(a) \quad 8 \times 12 + 18 \times 1 \approx 114 \text{ kg/kgmol de octano}$$

donde, en una molécula de combustible, hay 8 átomos de carbono con masa atómica 12, y 18 átomos de hidrógeno con una masa atómica aproximada igual a 1. (En la mayor parte de los problemas de combustión, el número entero más cercano al valor real de la masa atómica o molecular es lo suficientemente exacto.) Por consiguiente, en 1 mol de octano, hay  $8 \times 12 = 96$  kg de C y 18 kg de  $H_2$ . Las fracciones gravimétricas son  $f_{mC} = 96/114 = 0.842$  C, y  $f_{mH_2} = 18/114 = 0.158$   $H_2$ .

Inversamente, suponga que se ha hallado un hidrocarburo que contiene el 80% de C y el 20% de  $H_2$  (en masa) ( $f_{mC} = 0.80$ ,  $f_{mH_2} = 0.20$ ). El número correspondiente de átomos es  $80/12 = 6.67$  y  $20/1 = 20$ , cifras que son proporcionales al número de átomos de C y  $H_2$ , respectivamente. Los hidrocarburos equivalentes serían



o uno cualquiera en que el número de átomos de  $H_2$  es  $20/6.67 = 3$  veces la cantidad de átomos de C; designe por  $(CH_3)_x$ . Observemos que la masa molecular equivalente del  $C_{6.67}H_{20}$  es 100.

#### 13.4 COMPOSICION DEL AIRE

El aire atmosférico tiene una composición volumétrica de 20.99% de oxígeno, 78.03% de nitrógeno, algo menos que 1% de argón, y pequeñas cantidades de varios otros gases como vapor de agua, dióxido de carbono, helio, hidrógeno y neón. Para la mayor parte de los cálculos de ingeniería generalmente basta incluir todos los gases además del oxígeno, como nitrógeno, y utilizar valores de composición de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno "atmosférico", en volumen. Por tanto, en 100 moles de aire existen más o menos 21 moles de  $O_2$  y 79 moles de  $N_2$ , o sea,

$$(a) \quad \frac{79}{21} = 3.76 \frac{\text{moles } N_2}{\text{mol } O_2} \text{ o bien, } 3.76 \frac{m^3 N_2}{m^3 O_2}$$

que es un valor útil para el estudio general. La composición gravimétrica aproximada del aire es 23.1%  $O_2$ , 76.9%  $N_2$ , o bien, de  $76.9/23.1 = 3.32$  kg  $N_2$ /kg  $O_2$ .

### 13.5 RELACIONES DE AIRE Y COMBUSTIBLE

Si en las proporciones de los componentes de los reactivos hay exactamente las suficientes moléculas de oxidante para lograr una reacción completa hasta formar moléculas estables de los productos, se dice que dichas proporciones son *estequiométricas*. Para las mencionadas proporciones hay una cantidad *ideal* de oxidante; en el caso de combustibles que reaccionan con O<sub>2</sub> puro, se habla del "100% de aire" (o bien, el 100% de O<sub>2</sub>).

En la práctica, para asegurar una reacción total del combustible (combustión completa), se proporciona un exceso de aire o de oxígeno. En este caso, por ejemplo, podemos hablar del 120% de aire, el 200% de aire, etc., o bien, del 20% ó 100% de *exceso de aire*, etc. Cualquier cantidad de aire superior a la requerida prácticamente para la situación particular, hace que una mayor cantidad de energía salga del sistema como energía almacenada (molecular), en tanto la temperatura a la cual los productos de la combustión son enfriados debe ser la más baja posible económicamente. La experiencia indica los siguientes valores de *exceso de aire* en el caso de los hogares (u hornos) de las plantas de vapor: para carbón pulverizado del 15 al 20%; para combustóleo (*fuel oil*) del 5 al 20% para gas natural del 5 al 12%.

Hay ocasiones en que se requiere una *deficiencia* (o *defecto*) de *aire* (u oxidante) y, en el caso de los combustibles, se habla de, por ejemplo, un "80% de aire" (o bien, un 80% de O<sub>2</sub>). En general, si no hubiera algún exceso de combustible, la pérdida por el combustible no quemado, o sea, la combustión incompleta, sería antieconómica.

Puesto que los diversos principios ya son conocidos, unos cuantos ejemplos servirán para explicar su aplicación. Como se debe recordar, la identidad de las especies atómicas se conserva durante un proceso químico. Por consiguiente, si se expresa metódicamente el balance atómico, equivalente al balance de masa de ese elemento —para cada átomo considerado—, es más probable que se obtengan las ecuaciones químicas correctas.

### 13.6 Ejemplo—Combustión del octano

Si el octano gaseoso C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> (g) se quema en aire ideal, ¿qué volumen de aire a 140°F (60°C) y 14 psia (0.98 kgf/cm<sup>2</sup> abs.) es necesario? Determinar los volúmenes y las masas relativas de los componentes de los reactivos y de los productos, cuando el H<sub>2</sub>O es líquido, o sea, H<sub>2</sub>O (l), y calcular la relación de aire a combustible. Halle también un valor aproximado de la masa molecular equivalente de los productos cuando el H<sub>2</sub>O es gaseoso, es decir, se tiene H<sub>2</sub>O (g).

**Solución.** En el caso de combustión estequiométrica, los productos son H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> (el N<sub>2</sub> se considera inerte y pasa por la reacción sin ningún cambio químico). Dependiendo de la temperatura final, el H<sub>2</sub>O puede ser líquido o gas (vapor). Si los productos regresan a una presión aproximadamente igual a la atmosférica, se supone que se ha condensado todo el H<sub>2</sub>O formado durante la combustión. En este ejemplo se tienen en consideración ambas fases. Recordemos que los coeficientes de los símbolos químicos pueden representar el número de moléculas en la reacción, o, de preferencia, los moles de cada sustancia. Sea 1 mol de combustible la base de la ecuación y se expresarán las ecuaciones químicas con los coeficientes desconocidos representados por letras, por ejemplo, *a*, *b*, *c*.



En el caso de 3.76 moles de N<sub>2</sub> por mol de O<sub>2</sub> en el aire, §13.4, el coeficiente del N<sub>2</sub> atmosférico es 3.76*a*, para *a* moles de O<sub>2</sub> atmosférico. Los balances de átomos dan

$$\begin{array}{lll} \text{C:} & 8 = c & \text{o bien } c = 8 \\ \text{H}_2: & 18 = 2b & \text{o bien } b = 9 \\ \text{O}_2: & 2a = b + 2c & \text{o bien } a = 12.5 \quad 3.76a = 47 \end{array}$$

Luego entonces, si la temperatura final es lo bastante baja para haber condensado el  $H_2O$ , se obtiene

(b)

	Reactivos			Productos		
	$C_8H_{18}(g)$	$+ 12.5O_2$	$+ 47 N_2$	$\rightarrow 9 H_2O(l)$	$+ 8 CO_2$	$+ 47 N_2$
Moles:	1	+ 12.5	+ 47	$\rightarrow 9$	+ 8	+ 47
Volumen relativo:	1	+ 12.5	+ 47	$\rightarrow 0$	+ 8	+ 47
Masa relativa:	114	+ 400	+ 1316	= 162	+ 352	+ 1316
Masa/kg (comb.):	1	+ 3.51	+ 11.54	= 1.42	+ 3.09	+ 11.54

La primera línea después de la ecuación es simplemente el número de moles de cada componente para combustión completa en aire estequiométrico. La línea de "volumen relativo" muestra los volúmenes relativos cuando los reactivos y los productos están a las mismas temperatura y presión (Avogadro); el  $H_2O$  líquido se indica con volumen cero (pues es muy pequeño comparado con los volúmenes de gas). Interpretación: 1  $m^3$  de combustible requiere 12.5  $m^3$  de  $O_2$  y resulta en 8  $m^3$  de  $CO_2$  (a las mismas  $p$  y  $T$ ). El análisis volumétrico de los reactivos y de los productos se puede obtener dividiendo el volumen de un componente entre el volumen total: para los reactivos, supóngase que 12.5/60.5 es la fracción volumétrica de  $CO_2$ ; para los productos, 8/55 es la fracción volumétrica de  $CO_2$ .

La línea de "masa relativa" se halla multiplicando el número de moles de cada componente por su masa molecular  $M$  (kg/mol); para  $O_2$ , esto es  $(12.5)(32) = 400$ . La línea de "Masa/kg (comb.)" se obtiene dividiendo cada término de la línea precedente entre la masa de combustible (114). La interpretación de la última línea es como sigue: se requieren 3.51 kg  $O_2$ /kg (comb.); de esto resultan 1.42 kg  $H_2O$ /kg (comb.), además del  $H_2O$  que ya estaba en el aire atmosférico.

Una de las respuestas requeridas es  $r_{a/f} = 3.51 + 11.54 = 15.05$  kg (aire)/kg (comb.), que es la relación aire combustible (la  $f$  indica combustible, *fuel*)( $r_{a/f} = 15.1$ , cuando se utilizan las partes decimales de las masas moleculares); la relación de combustible a aire  $r_{f/a}$  es  $1/15.05 = 0.0664$  kg (comb.)/kg (aire). Si las masas relativas de los reactivos no son necesarias, una forma más rápida para calcular el aire es emplear la masa molecular equivalente de aire —por ejemplo, 29— y el total de moles  $12.5 + 47 = 59.5$  moles de aire. Se tiene así que

$$(c) \quad r_{a/f} = \frac{\text{kg (aire)/kgmol (comb.)}}{\text{kg (comb.)/kgmol}} = \frac{(29)(59.5)}{114} = 15.1 \text{ kg (aire)/kg (comb.)}$$

Son de esperar pequeñas diferencias en las respuestas por métodos distintos cuando se utilizan masas atómicas aproximadas.

En esta etapa, el volumen de aire se puede calcular en varias formas diferentes. Para 59.5 moles de aire por mol de combustible, la ecuación (6.4) da

$$(c) \quad V_a = \frac{1545nT}{p} = \frac{(1545)(59.5)(600)}{(14)(144)} = 27\,380 \text{ pie}^3/\text{mol (comb.)}$$

o sea,  $27\,380/114 = 240$  pie<sup>3</sup>/lb (comb.), empleando las unidades inglesas. En unidades métricas se tienen 14.8  $m^3$ /kg (comb.).

La masa total de productos por mol de combustible es  $162 + 352 + 1\,316 = 1\,830$  kg. El total de moles de productos gaseosos con  $H_2O(g)$  por mol de combustible es  $9 + 8 + 47 = 64$ . La masa molecular es entonces  $M = 1\,830/64 = 28.6$  kg/mol de productos.

### 13.7 Ejemplo—Volumen de productos

Para los productos de combustión hallados en §13.6 determine el volumen a 240°F (116°C) y 14 psia (0.98 kgf/cm<sup>2</sup> abs.) en pie<sup>3</sup>/lb de combustible.

**Solución.** Existen también varias formas en las que se puede resolver el problema en esta etapa. Puesto que a la temperatura dada el H<sub>2</sub>O es gaseoso hay 9 + 8 + 47 = 64 moles de productos por mol de combustible. Utilice la ecuación del gas ideal para 114 lb de combustible y se obtiene así

$$(a) \quad V = \frac{1545nT}{114p} = \frac{(1545)(64)(700)}{(114)(14)(144)} = 301 \text{ pie}^3/\text{mol (comb.)}$$

Así mismo, se puede calcular el volumen empleando cualquier componente de los productos a su presión parcial. Como esta idea a menudo es útil, se comprobará el cálculo anterior. Calcule la presión parcial de los 47 moles de nitrógeno como

$$(b) \quad p_N = p_x = X_x p_m = (47/64)14 = 10.3 \text{ psia}$$

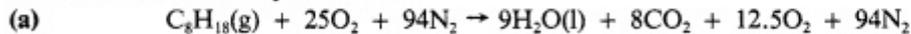
Emplee las 11.54 lb N<sub>2</sub>/lb (comb.) obtenidos en la sección §13.6 y resulta así

$$(c) \quad V = \frac{mRT}{p} = \frac{(11.54)(1545/28)(700)}{(10.3)(144)} = 301 \text{ pie}^3/\text{lb (comb.)}$$

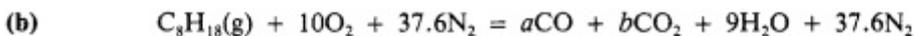
el volumen de la *mezcla*. Esta clase de cálculo es preferible hacerlo con el componente de la mezcla que está más próximo a un gas ideal, y cuyo porcentaje volumétrico es conocido más precisamente (si hay una diferencia).

### 13.8 COMBUSTION CON EXCESO O DEFICIENCIA DE AIRE

Se considera que el exceso de aire pasa por la reacción químicamente sin cambio alguno. Suponga que se desea tener un 100% de exceso de aire (“el 200% de aire”). En primer lugar se debe equilibrar la ecuación de combustión en el caso de aire estequiométrico, de modo que se conozca la cantidad ideal; luego se puede determinar la cantidad de aire correspondiente a un porcentaje dado de exceso (o deficiencia). Para el 100% de exceso de aire en la ecuación (b), sección §13.6, habrían 25 moles de O<sub>2</sub> y 94 moles de N<sub>2</sub>. La ecuación balanceada queda como



Con *deficiencia de aire* se deben admitir supuestos acerca de la composición de los productos en esta etapa. Supondremos que todo el H<sub>2</sub> va al H<sub>2</sub>O (debido a que existe una fuerte afinidad entre el H<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub>), y el estado incompleto de la combustión origina la aparición de algo de CO, así como CO<sub>2</sub>. Para esta hipótesis no hay demasiadas incógnitas. Como un ejemplo, supóngase que 80% del aire estequiométrico es suministrado por el octano en la ecuación (b) §13.6; entonces el O<sub>2</sub> en los reactivos es (0.80)(12.5) = 10 moles, y el N<sub>2</sub> correspondiente es (3.76)(10) = 37.6 moles. La ecuación química será



A partir de los balances de átomos de carbono y oxígeno

$$C: \quad 8 = a + b \quad \text{o bien} \quad a = 8 - b$$

$$O_2: \quad 20 = a + 2b + 9$$

Una resolución simultánea da  $b = 3$  moles y  $a = 5$  moles. Se puede escribir ahora la ecuación balanceada y realizar otros cálculos, como se ilustra en las secciones §§13.6 y 13.7.

### 13.9 Ejemplo—Punto de rocío de H<sub>2</sub>O en los productos

(a) *Aire seco estequiométrico.* Sea la reacción para el octano como se ve en la ecuación (b), §13.6. En el caso de una presión total  $p_m = 14$  psia (0.98 kgf/cm<sub>2</sub> abs.), determinar la temperatura de condensación (o de rocío) del H<sub>2</sub>O.

**Solución.** Para 9 moles de H<sub>2</sub>O gaseoso y 64 moles de productos, la presión parcial del H<sub>2</sub>O por la ley de Dalton es

$$(a) \quad p_v = X_v p_m = \left(\frac{9}{64}\right)14 = 1.97 \text{ psia}$$

O sea, 0.1387 kgf/cm<sup>3</sup> abs.

La temperatura de saturación correspondiente es 125.5°F (51.9°C), sección B 13, casi igual al punto de rocío (§12.6).

(b) *Aire húmedo, exceso del 20%.* Consideremos que hay el 20% de exceso de aire en la combustión de C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>. La relación de humedad del aire proporcionado es  $\omega = 0.015$  lb vap./lb a.s. = 0.015 kg vap./kg a.s.; la presión total es de 14 psia (0.98 kgf/cm<sup>2</sup> abs.). Determine la temperatura de rocío del H<sub>2</sub>O.

**Solución.** Las cantidades de O<sub>2</sub> y de N<sub>2</sub> se obtienen multiplicando sus coeficientes por 1.20 (para el 20% de exceso); los moles de N<sub>2</sub> son (1.2)(47) = 56.4. Los moles de H<sub>2</sub>O (= 9) y de CO<sub>2</sub> (= 8) no cambian. Pero puesto que ahora hay (1.20)(12.5) = 15 moles de O<sub>2</sub>, y sólo 12.5 son necesarios para la reacción, los productos contendrán 15 - 12.5 = 2.5 moles de O<sub>2</sub>. Esto proporciona el número total de moles de productos como

$$(b) \quad n_p = \sum_i n_i = 9 + 8 + 2.5 + 56.4 = 75.9 \text{ moles}$$

La cantidad de aire seco considerada en la ecuación de la reacción es 15 + 56.4 = 71.4 moles, o sea, (71.4)(29) kg a.s./kg mol (comb.), donde  $M_{a.s.} = 29$ . Para  $\omega = 0.015$  kg vap./kg a.s., el vapor que entra a la reacción por mol de combustible es  $m_v = (0.015)(71.4)(29)$  kg, y los moles de vapor que entran son

$$(c) \quad n_{v(\text{entr.})} = \frac{m_v n_{a.s.} M_{a.s.}}{M_v} = \frac{(0.015)(71.4)(29)}{18} = 1.725 \text{ kgmol}$$

Vapor total en los productos  $n_v = 9 + 1.725 = 10.725$  kg mol y

$$(d) \quad p_v = \frac{n_v}{n_p} p_m = \frac{10.725}{77.63} (14) = 1.934 \text{ psia}$$

o sea, 0.1362 kgf/cm<sub>2</sub> abs., de lo cual la temperatura de saturación (punto de rocío) es de 124.8°F (51.6°C). Es coincidencia que las respuestas a las partes (a) y (b) de este ejemplo sean virtualmente las mismas. En ambos casos hay un pequeño error debido a que el H<sub>2</sub>O no está actuando en forma ideal a su presión parcial.

### 13.10 Ejemplo—Hallar el aire requerido y los productos de la combustión dado el análisis gravimétrico de un combustible

*Siempre que se da un análisis gravimétrico, es práctica común en el caso del carbón y otros combustibles sólidos, convertir a moles de cada elemento; o sea, si  $f_m$  es un número de porcentaje,*

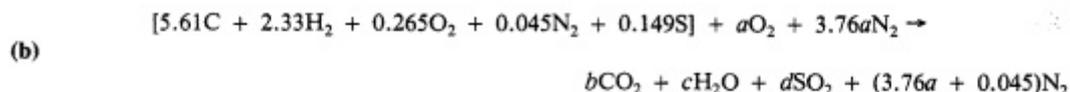
$$(a) \quad \frac{[f_m \text{ kg}/100 \text{ kg (comb.)}]}{M_i \text{ kg/mol}} = \frac{f_{mi}}{M_i} \text{ moles}/100 \text{ kg (comb.)} \quad [\sum f_{mi} = 100]$$

El análisis químico de un carbón de Illinois<sup>[13.3]</sup>, en base seca, es

$$f_m \quad 67.34\% \text{ C} \quad 4.67\% \text{ H}_2 \quad 8.47\% \text{ O}_2 \quad 1.25\% \text{ N}_2 \quad 4.77\% \text{ S} \quad 13.5\% \text{ ceniza}$$

$$f_m/M \quad 5.61 \quad \text{C} \quad 2.33 \quad \text{H}_2 \quad 0.265 \quad \text{O}_2 \quad 0.045 \quad \text{N}_2 \quad 0.149 \quad \text{S} \quad \text{—————}$$

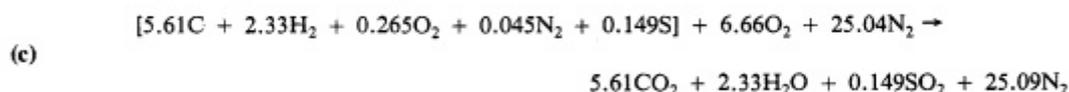
La segunda línea se obtiene dividiendo cada  $f_m$  entre la  $M$  correspondiente del elemento, y los números se pueden considerar ahora como *moles por 100 kg de combustible seco*. Puesto que los coeficientes en la ecuación química son moles, se expresa que



donde los corchetes se utilizan sólo para mantener claramente identificados los elementos del combustible. Los balances de material son

$$\begin{aligned} \text{C:} \quad 5.61 &= b & b &= 5.61 \\ \text{H}_2: \quad 2.33 \times 2 &= 2c & c &= 2.33 \\ \text{S:} \quad 0.149 &= d & d &= 0.149 \\ \text{O}_2: \quad (0.265 \times 2) + 2a &= 2b + c + 2d & a &= 6.66 \end{aligned}$$

La ecuación química para aire estequiométrico es



Los moles de aire son  $6.66 + 25.04 = 31.7$  moles/100 kg de combustible seco. A 29 kg/mol se obtiene

$$(d) \quad 3.17 \times 29 = 919.3 \text{ kg (aire)/100 kg (comb. seco)}, \text{ o sea, } 9.19 \text{ kg (aire)/kg (comb. seco)}$$

Con la ecuación química se halla fácilmente casi cualquier relación deseada. Las relaciones usuales que se determinan son: masa de productos secos (sin  $\text{H}_2\text{O}$ ) por unidad de masa de carbono en el combustible; masa de productos secos por unidad de masa de carbón seco; porcentaje volumétrico de  $\text{CO}_2$  en los productos; presión parcial del  $\text{H}_2\text{O}$  en los productos calientes, y los análisis volumétricos y gravimétrico de los productos. En los hogares o cámaras de combustión, los productos se llaman *gases de escape*.

Si existe considerable humedad en el carbón, como sucede en muchas variedades de baja clase, es necesario utilizar parte del poder calorífico de los elementos de combustible para evaporar el  $\text{H}_2\text{O}$ , y el calor latente de evaporación sale en el escape como pérdida. Naturalmente, interesa la relación aire-combustible para el carbón en el estado denominado "como se quema" o "en bruto". Por ejemplo, sea el contenido de humedad del carbón del 12%. Luego hay  $100 - 12 = 88\%$  de carbón seco, o sea, 0.88 kg de combustible seco por kg de combustible húmedo (o sea, en el estado "como se quema", o "en bruto", abreviado en lo que sigue "en br.>"). Por consiguiente.

$$(e) \quad r_{a/f} = \left( 9.19 \frac{\text{kg (aire)}}{\text{kg (comb. seco)}} \right) \left( 0.88 \frac{\text{kg (comb. seco)}}{\text{kg (comb. en br.)}} \right) = 8.1 \text{ kg (aire)/kg (comb. en br.)}$$

El azufre contenido a menudo se desprecia en cálculos como éstos. Además, el nitrógeno en el combustible generalmente es una pequeña cantidad y como tal sería con facilidad omitido en operaciones con regla de cálculo. Por otra parte, la práctica es incluir el oxígeno, considerando que se acerca al que se requiere para la combustión, como en este ejemplo.

### 13.11 ANALISIS DE LOS PRODUCTOS DE COMBUSTION

Estos productos se analizan con el fin de saber cómo se realiza el proceso de combustión, por ejemplo, la cantidad de aire suministrada. El aparato de Orsat, figura 13/1, determina los porcentajes de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{O}_2$  en los productos secos (aunque la muestra de prueba está saturada con  $\text{H}_2\text{O}$ ). Puesto que los desechos de un motor de combustión interna contienen hidrógeno  $\text{H}_2$  e hidrocarburos —principalmente metano,  $\text{CH}_4$ — estos componentes pueden ser: (1) omitidos, (2) determinados por una prueba más completa, o bien, (3) estimados. La experiencia indica que la cantidad de  $\text{CH}_4$  es de aproximadamente el 0.22% del volumen del gas seco de salida, y que la cantidad de  $\text{H}_2$  libre en volumen es de cerca de la mitad del porcentaje volumétrico de  $\text{CO}$ .<sup>[0,24]</sup>

A partir de los análisis de productos podemos formular la ecuación química teórica correspondiente, o bien, obtener parte de ella, dependiendo de lo que se conoce al respecto del combustible. Existen fuentes de error inevitables, tales como combustible no quemado en la ceniza y el humo (hollín). El análisis del combustible y de los productos puede ser completo, en cuyo caso es posible realizar balances de material. Sin embargo, podemos obtener una conveniente aproximación del aire proporcionado (si el contenido de  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$  libres es pequeño), de un balance del carbón conociendo sólo la cantidad de carbón quemado por unidad de masa de combustible. Los detalles se entienden mejor exponiéndolos por medio de ejemplos.

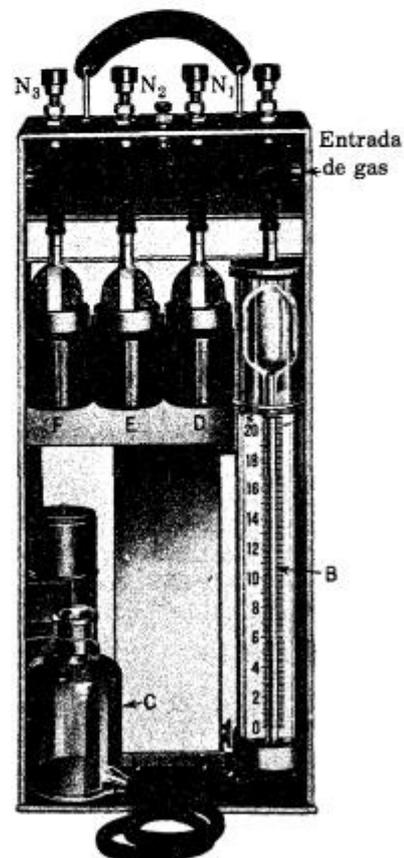


Fig. 13/1. Analizador de gases de combustión. El frasco C que tiene agua está conectado a la bureta B por un tubo de goma (o caucho). Subiendo o bajando el frasco se ocasiona que el agua fluya hacia adentro o hacia afuera de la bureta. En el manejo, el aire alojado en la bureta y en los conductos inmediatos es desplazado por el agua de C. Se toma luego una muestra de los productos de combustión admitiéndola a la bureta B. Durante estas operaciones preliminares permanecen cerradas las válvulas de aguja  $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$  que comunican los recipientes de solución D, E y F. Estando abierta la válvula  $N_1$ , la muestra de gases de la bureta es introducida al recipiente D, alzando el frasco C. Una solución de hidróxido de potasio en D absorbe el dióxido de carbono de la muestra, sin afectar a los otros componentes. El gas restante se regresa a la bureta bajando C y se mide la reducción de volumen. Sucesivamente, el gas se hace pasar por E, donde una solución de ácido pirogálico en una de hidróxido de potasio absorbe el oxígeno, y por F, donde una solución de cloruro cuproso en amoníaco absorbe el monóxido de carbono. Se supone que el gas restante es todo nitrógeno, o bien, se realiza una estimación de los otros componentes. (Cortesía de Ellison-Draft Gage Co., Chicago).

**13.12 Ejemplo—Relación real entre aire y combustible**

Se realizó un análisis de gases de escape para los productos secos del carbón en el ejemplo de §13.10, y se halló que es el 15% CO<sub>2</sub>, el 3.5% O<sub>2</sub> y el 0.2% CO, suponiendo que el resto es nitrógeno, un 81.3% N<sub>2</sub>, todo considerando volumen de gas seco. ¿Qué cantidad de exceso o deficiencia de aire se suministra?

**Solución aproximada, suponiendo que sólo se conoce la cantidad de carbono.** En el caso del carbón de §13.10, sabemos que el carbono está como 0.6734 kg C/kg (comb. seco), o sea, 5.61 moles por 100 kg de combustible seco. Una ecuación química parcial es



El análisis de productos secos se escribe como se expresó antes, siendo la base de la ecuación 100 moles de productos. El coeficiente *a* se obtiene de un balance de carbono

$$C: \quad 5.61a = 15 + 0.2 \quad \text{o bien} \quad a = 2.71 \quad 5.61a = 15.2$$



Según este enfoque suponemos que el nitrógeno mide la cantidad de aire, lo que es una buena hipótesis si no hay N<sub>2</sub> en el combustible, puesto que pasa por la reacción ideal sin ser afectado. Los moles de O<sub>2</sub> que acompañaron a los 81.3 moles de N<sub>2</sub> del aire son: 81.3/3.76 = 21.6 moles de O<sub>2</sub>; de lo cual, los moles de aire son: 81.3 + 21.6 = 102.9. La masa de aire por unidad de masa de carbono, que se basa en *todo el carbono que se quema* es

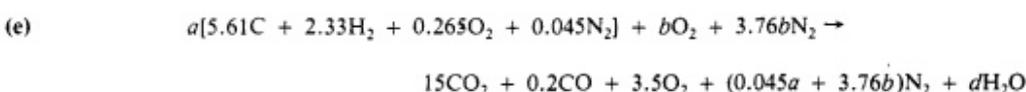
$$(c) \quad \frac{(102.9)(29)\text{lb(aire)}}{(15.2)(12)\text{lbC}} = 16.36 \text{ lb (aire)/ lb C quemado}$$

Utilizando el contenido conocido de carbono (0.6734) y el de humedad [0.12, o bien, 0.88 kg (comb. seco)/kg (comb. en br.)], se obtiene

$$(d) \quad r_{a/f} = \left( 16.36 \frac{\text{kg (aire)}}{\text{kg C}} \right) \left( 0.6734 \frac{\text{kg C}}{\text{kg (comb. seco)}} \right) \left( 0.88 \frac{\text{kg (comb. seco)}}{\text{kg (comb. en br.)}} \right) = 9.7 \frac{\text{kg (aire)}}{\text{kg (comb. en br.)}}$$

en comparación con 8.1 kg de aire para combustión estequiométrica. El exceso es (9.7 - 8.1)/8.1 = 19.8%.

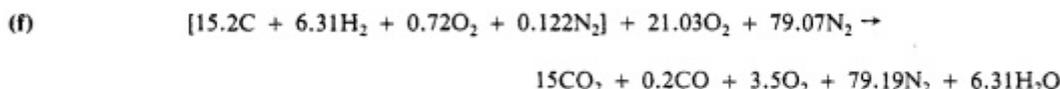
**Solución por el análisis químico.** Cuando se conoce más del análisis de combustible, se puede realizar un cálculo algo más exacto del aire. Excepto en casos extremos, el azufre no se considera (el SO<sub>2</sub> esté en el porcentaje de CO<sub>2</sub> según el análisis Orsat debido a que el hidróxido de potasio lo absorbe también). Empleando valores molares de la sección §13.10, tenemos



Si hay hidrógeno en el combustible, tiene que haber alguna cantidad de H<sub>2</sub>O en los productos. El coeficiente *a* se determina a partir del balance del carbono, y se halló anteriormente; por lo tanto, *a* = 2.71. De otros balances de materiales se obtiene

$$\begin{aligned} H_2: \quad & (2.71)(2.33)(2) = 2d & d &= 6.31 \\ O_2: \quad & (2.71)(0.265)(2) + 2b = 30 + 0.2 + 7 + 6.31 & b &= 21.03 \\ N_2: \quad & (0.045a + 3.76b) & &= 79.19 \end{aligned}$$

La ecuación balanceada es (3.76b = 79.07)



El aire suministrado es el  $O_2$  y  $N_2$  en el primer miembro de la ecuación, fuera de los corchetes que delimitan al combustible; se tiene así que  $21.03 + 79.07 = 100.1$  moles de aire. Como antes,

$$(g) \quad r_{a/f} = \frac{(100.1)(29)(0.6734)(0.88)}{(15.2)(12)} = 9.43 \text{ lb (aire)/lb (comb. en br.)}$$

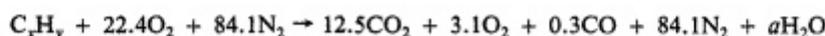
Compare esto con la respuesta anterior. Además de los procedimientos diferentes, es de esperar un error experimental al tomar lecturas. La ventaja del segundo método es que cualquier razón deseada se obtiene rápidamente con la ecuación balanceada. Quizá se haya observado, aunque no resulta esencial en este ejemplo hacerlo así, que la cantidad de combustible encerrada por los corchetes es de  $100a = 271 \text{ kg}/100$  moles de productos secos.

### 13.13 Ejemplo—Aire para un hidrocarburo de composición desconocida

Puesto que los combustibles comerciales provenientes del petróleo son mezclas de numerosos hidrocarburos, con frecuencia es ventajoso obtener una estimación de la relación aire-combustible, sin tener que realizar un análisis de combustible (que no hay duda que varíe con las diversas entregas). En el siguiente enfoque, el combustible se supone que está compuesto sólo de carbono e hidrógeno en la fórmula  $C_xH_y$  y, por consiguiente, debe contener únicamente pequeñas cantidades de  $O_2$ ,  $N_2$  y S para evitar un error de significación.

El escape *seco* de un motor de automóvil a la presión de 1 atm tiene un análisis volumétrico como sigue: 12.5%  $CO_2$ , 3.1%  $O_2$ , 0.3%  $CO$ , que es la información obtenida del análisis Orsat. (Es necesario que haya también aproximadamente el 0.22%  $CH_4$  y el 0.15%  $H_2$ . Vea la sección §13.11. Estas cantidades pueden incluirse si se desea, pero serán omitidas para abreviar la explicación.) Supóngase que el resto del escape es  $N_2 = 84.1\%$ . (a) Establecer la ecuación de combustión teórica hallando valores de  $x$  y  $y$  en  $C_xH_y$ . (b) Determinar la relación aire-combustible.

**Solución.** (a) El análisis de productos no indica  $H_2O$ , pero *no hay que olvidarlo*, porque es seguro que haya, en tanto que el combustible contenga hidrógeno. Como se supone que no existe  $O_2$  en el combustible, el  $O_2$  en el primer miembro de la ecuación química es el que acompaña al  $N_2$  existente en el aire; así,  $84.1/3.76 = 22.4$  moles de  $O_2$ .



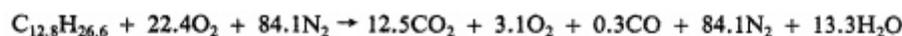
Balances de material:

$$C: \quad x = 12.5 + 0.3 \qquad x = 12.8$$

$$O_2: \quad (2)(22.4) = (2)(12.5) + (2)(3.1) + 0.3 + a \qquad a = 13.3$$

$$H_2: \quad y = 2a = (2)(13.3) \qquad y = 26.6$$

En consecuencia, *considerando* que todo el carbono y el hidrógeno se queman, el combustible es una mezcla de hidrocarburos para la cual la molécula media es  $C_{12.8}H_{26.6}$ , o para la que la relación  $y/x = 26.6/12.8$ . La ecuación química no dice nada más. La ecuación balanceada es entonces



## Anexos fundamentación teórica

### Anexo 2: Ciclos de un motor Otto

Plaza, D. (31 de Marzo de 2022). El ciclo Otto: motores de dos y cuatro tiempos. Obtenido de motor.es: <https://www.motor.es/que-es/ciclo-otto>

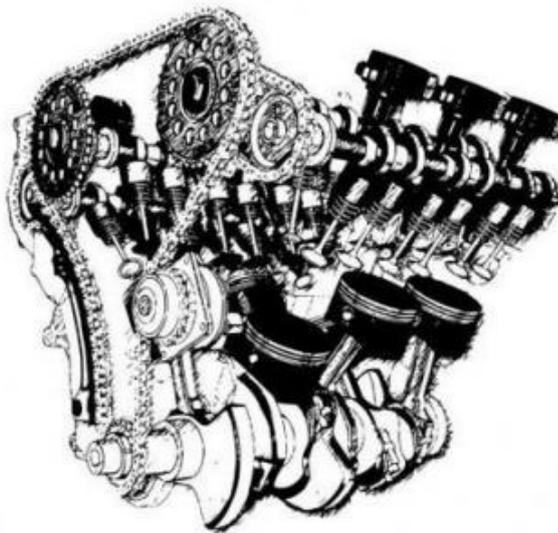
## El ciclo Otto: motores de dos y cuatro tiempos



David Plaza



7 min. lectura



Los motores de gasolina tradicionales se rigen bajo los criterios del ciclo Otto.

**Los motores de combustión interna** reciben dicho nombre porque la energía mecánica generada a partir de la combustión se produce en el interior de la cámara destinada a tal fin, a diferencia de otros motores como el de vapor.

La combustión de carburante y oxígeno permite el movimiento de un pistón, que propicia el avance del vehículo. Pero dicho proceso se puede hacer de varias formas distintas, siendo el **ciclo Otto** el más habitual en motores de gasolina.

- **¿Qué tipos de motor hay?**

En 1862, el inventor francés **Alphonse Beau de Rochas** ideó este tipo de motor, pero fue el alemán Nikolaus August Otto quien construyó uno cuatro años más tarde en sus dos versiones: dos y cuatro tiempos. Un pleito posterior le permitió a Beau de Rochas recibir una compensación económica, pero fue Otto quien se quedó con la fama y dio nombre al motor de gasolina tal y como lo conocemos hoy.

---

el tipo más utilizado en la actualidad, ya que ofrece un mejor rendimiento y **genera menos contaminación**, además de consumir menos y producir menos vibraciones y desgaste. Por el contrario, pesa más y es más caro, incrementándose también el gasto de las reparaciones.

### 1- Admisión

Se inicia cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior (punto más alto) y termina cuando llega al punto muerto inferior (punto más bajo). La válvula de admisión está abierta y la de escape cerrada. El movimiento descendente crea un **efecto de succión** que hace que la mezcla entre en la cámara de combustión. El cigüeñal ha girado 180 grados y el **árbol de levas** 90 grados.

### 2- Compresión

Al llegar al punto muerto inferior, la válvula de admisión también se cierra, ascendiendo el pistón y reduciendo el volumen de la cámara de combustión. **Ello comprime la mezcla**. El cigüeñal ya ha dado una vuelta completa, mientras que el árbol de levas ha completado un giro de 180 grados.

### 3- Explosión

Al comprimirse por completo la mezcla y permanecer las válvulas de admisión y escape cerradas, la **bujía** crea una chispa que quema la mezcla. **La explosión generada empuja el pistón hacia abajo**. El cigüeñal ha completado un giro total de 540 grados, mientras que el árbol de levas ha rotado 270 grados.

### 4- Escape

Cuando el pistón vuelve al punto muerto inferior, la válvula de escape se abre, propiciando que este vuelva a ascender y **expulse los gases resultantes de la explosión**. A continuación, se repite el ciclo. El cigüeñal ha recorrido dos vueltas completas y el árbol de levas una.

### Anexo 3: Sistema Catalizador

Martins, K. C., Soto Pau, F., Silva, J. A., Santos, A. M., & Santos, R. F. (2005). Estudio del empleo de un convertidor catalítico para las emisiones gaseosas en un motor de ignición por chispa usando etanol como combustible. Habana: Revista de Ingeniería Mecánica, 41.

#### 1.2. Convertidores catalíticos.

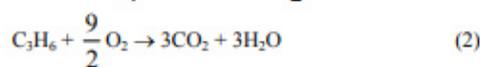
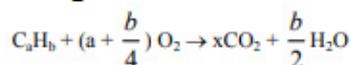
A pesar de que un catalizador acelere una reacción química, él nunca determina el equilibrio o el punto final de la reacción, de esta forma las reacciones químicas son únicamente influenciadas por las variables termodinámicas, como temperatura, presión y concentración de especies químicas involucradas.

Una solución de metales preciosos, utilizada individualmente o de forma combinada, recubre la superficie de la estructura cerámico ( $Al_2O_3$ ) formando el catalizador del motor. El catalizador es envuelto por una manta expansiva, que sirve de sello, de protección mecánica y de aislante térmico; y en sus extremidades posee conos metálicos. Todo este conjunto da origen al convertidor catalítico, que es instalado en el tubo de escape del vehículo.

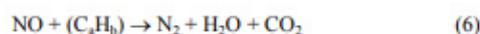
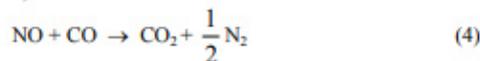
Para Bhattacharyya y Randip [2], escoger metales preciosos se debió a la necesidad de remover contaminantes en un corto tiempo del pase de gases relativo al tamaño del catalizador, con menor tiempo de reacción, además de la resistencia al envenenamiento y a la desactivación térmica, cuando es expuesto a altas temperaturas. Luego, el platino (Pt), el paladio (Pd) y el rodio (Rh) son los materiales catalíticos que más cumplen con los requisitos, haciendo que inicialmente el platino y el paladio fueran usados en los catalizadores de oxidación, y el rodio era incluido en el catalizador de tres vías por acelerar la reducción de  $NO_x$  en  $N_2$ .

Las reacciones asociadas a los procesos de oxidación y reducción son las siguientes:

a) Reacciones de oxidación.



b) Reacciones de Reducción.



#### 2. Metodología.

##### 2.1 Bancada experimental.

La bancada experimental, como ilustra la Figura (1), consta de un convertidor catalítico de tipo  $P_1/P_4$

instalado en el escape de un MCI de 4 cilindros movido con etanol, con inyección monopunto y cilindrada total de 1,987 litros, acoplado a un dinamómetro tipo corriente de Foucault, que permite variar las condiciones de rotación y carga del motor. Las condiciones de operación del motor fueron a carga parcial, 50% con las siguientes variaciones de rotación: 1500, 2000, 3000 y 4000 r.p.m. Para modificar el mapa de inyección e ignición de la central electrónica fue utilizado un instrumento denominado simulador *bit power* con *software* ECM 2001, que permite visualizar y modificar el mapa de la unidad de comando. Las emisiones de los contaminantes y las medidas de las presiones y temperaturas fueron colectadas en la entrada y salida del catalizador.

El control del escape de los gases enviados para el analizador de gases fue efectuado con auxilio de dos válvulas reguladoras de gases de tipo accionamiento rápido de  $\frac{1}{2}$  pulg., por donde los gases eran conducidos a través de un serpentín intercambiador de calor y a continuación seguían dos filtros para retirar el agua condensada antes de llegar al analizador de gases; esta precaución de evitar la entrada del agua condensada en el analizador de gases, es necesaria para evitar la corrosión de los equipos.

Para el análisis de la concentración de los gases de escape fue empleado un analizador de gases infrarrojos TM 131, que utiliza una celda electroquímica para medición de las concentraciones de  $CO$ ,  $CO_2$  y  $O_2$ . Para las mediciones de  $NO_x$  se utiliza una celda electrónica. El analizador fue calibrado con propano ( $C_3H_8$ ). El aforado del equipo fue realizado con  $NO$  a una concentración de 1600 ppm y para el  $CO$ , una concentración del 4%, con certificado de aforación y garantía de 60 meses.

#### 3. Resultados y discusiones.

##### 3.1. Eficiencia catalítica.

La eficiencia de conversión de un catalizador automotriz es la relación entre la cantidad de masa gaseosa removida en el catalizador, que no es más que la diferencia de las derivadas con relación al tiempo del gas en cuestión que entra y sale por el convertidor catalítico y el flujo de masa del constituyente a la entrada del catalizador:

$$\eta_{cat} = \frac{\frac{dm_{gas_e}}{dt} - \frac{dm_{gas_s}}{dt}}{\frac{dm_{gas_e}}{dt}}, \quad (7)$$

A modo de ejemplo y para abreviar escritura, representando la derivada como un punto, para el HC, la fórmula es:

#### **Anexo 4: Propiedades de un Octane Booster**

*Liqui Moly . (Marzo de 2013). Elevador de octanaje . Obtenido de LiquiMoly Store : [https://liquimolystore.com/products/elevador-de-octanaje#:~:text=Eleva%20el%20octanaje%20\(RON\)%20del,motor%20causados%20por%20combustiones%20detonantes.](https://liquimolystore.com/products/elevador-de-octanaje#:~:text=Eleva%20el%20octanaje%20(RON)%20del,motor%20causados%20por%20combustiones%20detonantes.)*

Octane Plus es un tratamiento para mejorar la operación de motores de gasolina que sufren de cascabeleo, golpeteo y detonaciones por gasolinas de insuficiente octanaje. Reduce el consumo de combustible y mejora el rendimiento.

#### **Beneficios**

- Eleva el octanaje (RON) del combustible entre 2 y 4 puntos.
- Reduce el consumo de combustible.
- Mejora el rendimiento del combustible.
- Previene daños en el motor causados por combustiones detonantes.
- No daña los convertidores catalíticos.

#### **Aplicación**

1. Verter Octane Plus en el depósito y repostar el combustible a continuación.
2. Aplicar una lata de Octane Plus de 150ml en cada llenado completo del tanque.

**150ml** son suficientes para hasta **50 litros** de combustible.

## Anexo 5: Combustible y Octanaje

Paz, M. A. (2006). *Manual de automóviles*. Madrid, 233.



### 1. EL COMBUSTIBLE

En este Capítulo se contempla la alimentación de los motores alimentados por carburador de gasolina. La instalación de alimentación en los motores modernos de inyección de gasolina, se trata en el capítulo correspondiente.

Todo lo que se expresa en este apartado, aunque a primera vista pueda parecer, en parte, desfasado, en función de la implantación generalizada de combustibles más ecológicos, y de la tendencia al empleo de otras fuentes de energía alternativas al petróleo y sus derivados, puede tener alguna vigencia y sobre todo, ayudar a comprender ciertos aspectos de los combustibles que se consumen y las repercusiones que los mismos tienen en el rendimiento del motor y en la contaminación.

El combustible generalmente empleado en los motores de explosión es la gasolina, obtenida por destilación del petróleo bruto que se encuentra en la Naturaleza, como resultado de la descomposición, durante miles de siglos, de grandes masas orgánicas (peces o vegetales, según las diferentes teorías) aplastadas, comprimidas, enterradas y mezcladas con sedimentos, barro, etc., en las gigantescas catástrofes geológicas que dieron origen a las últimas cadenas montañosas.

El petróleo bruto o aceite crudo, se extrae por medio de pozos que llegan a varios miles de metros de profundidad, en los yacimientos petrolíferos que están diseminados por el mundo en varias zonas.

Al salir el petróleo de los pozos se deja reposar en grandes depósitos, para separarle las materias terrosas y el agua, y luego se transporta por largas tuberías de centenas y miles de kilómetros, a los centros de destilación o embarque.

Las explotaciones más importantes son la del Sur y Oeste de Estados Unidos (1/3 de la producción mundial); Oriente Medio (Kuwait, Irán, Irak, Arabia), que da el 26 por 100; Venezuela el 18 por 100, y Rusia (zonas Ural-Volga y Cáucaso) el 16 por 100. El restante 7 por 100, se recoge principalmente entre Canadá, Méjico, Argentina, Colombia, Argelia, Sahara, Indonesia y Rumania.

COMPONENTES DEL PETRÓLEO BRUTO	DENSIDAD O PESO EN KILOGRAMOS POR	TEMPERATURA DE EBULLICIÓN EN °C (Litros)	PROPORCIÓN CON QUE SE OBTIENEN
A. Éter de petróleo	0,65	45 a 70	45 %
B. Esencia de petróleo	0,73	70 a 150	-
C. Keroseno petróleo para alumbrado	0,80	150 a 300	6 %
D. Gasoil	0,83	300 a 350	14 %
E. Aceites lubricantes	0,86	350 a 380	3 %
F. Fueloil	0,90	Superior a 380	20 %
G. Parafina	Punto de fusión: se	derrite a unos 53°	-
H. Alquitranes para asfaltos	-	-	12 %
J. Cok de petróleo, otros residuos, etc.	-	-	-

### 1.1. La destilación

La destilación, como parte del refinado del petróleo bruto, consiste en calentarlo progresivamente para que se vaporicen los diferentes hidrocarburos contenidos en el mismo, según sus distintas temperaturas de ebullición; estos se separan y se obtienen por el siguiente orden:

La mezcla de los líquidos A y B (llamados corrientemente éter y esencia de petróleo), después de limpia y refinada, es lo que se llama gasolina<sup>(1)</sup>, de diferentes densidades según la proporción; es un líquido incoloro o ligeramente amarillento, de gran poder calorífico, inflamable y, en estado de vapor mezclado con aire, explosivo. El nombre de bencina resulta impropio, porque ésta es un producto químico deficiente, que solamente entra en pequeña proporción en la composición de la gasolina.

Si la destilación se detiene después de separado el gasoil (usado en los motores Diesel), la mezcla de los productos E, F, G, H y J que queda, es un líquido, que tras una ligera refinación se emplea como combustible en las calderas de vapor y especialmente en los barcos, hornos, calefacciones, etc., llamado mazut o fueloil pesado.

Si se prosigue la destilación del mazut, se obtienen los aceites de engrase, el fueloil industrial (combustible para grandes motores diesel marinos e industriales, calderas y hornos), parafina, vaselina, alquitranes (usados como asfalto), etc.; y el último residuo es un cok duro y compacto, empleado para los carbones de las lámparas de arco voltaico<sup>(2)</sup>.

Como el consumo de la gasolina ha aumentado, enormemente, en los últimos tiempos, con el desarrollo del automovilismo, no es económica la sólo producción de ésta por destilación, porque obliga a extraer una cantidad de petróleo bruto desproporcionada a la utilización del resto de los componentes. Por ello se ha ideado y se practica el "cracking", segunda destilación, que consiste en someter al aceite pesado que queda después de destilar la gasolina a un tratamiento adecuado en tiempo, presión y alta temperatura, en presencia de catalizadores, de forma que se "rompan y desdoblén" las moléculas más pesadas de los hidrocarburos componentes, pudiéndose obtener del producto resultante nuevas cantidades de gasolina.

Si lo que se quiere es obtener más aceite, la segunda destilación se hace con depresión o vacío, en vez de presión.

En el cuadro anterior se vio, aproximadamente, el promedio que, en volumen de cada producto, se saca del petróleo bruto.

También se han efectuado estudios y ensayos numerosos para obtener gasolina "sintética", partiendo de los carbones pobres y liguitos, con éxito industrial, aunque el precio resulta más elevado que para la gasolina natural<sup>(3)</sup>.

Para no tener que importar tanta gasolina, es frecuente que en los países que carecen de petróleo propio, si en cambio les sobra alcohol, se mezcle aquella con pequeñas proporciones

de este último o con benzol; por ejemplo, 70 por 100 de gasolina con 20 por 100 de alcohol y 10 por 100 de benzol. Esta mezcla resulta útil cuando la gasolina es de calidad media o baja.

### 1.2. Composición química de la gasolina

La composición química de la gasolina, como la del petróleo bruto, es a base de hidrógeno y carbono, en diferentes combinaciones químicas llamadas *hidrocarburos*. Para quemarse, necesitan combinarse el hidrógeno y el carbono con oxígeno; éste último, se encuentra en el aire, que está formado por una mezcla que contiene 20 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno (gas inerte que no interviene en la combustión), una porción muy baja de gases raros, una cantidad variable de vapor de agua, e impurezas. Estas mezclas de hidrocarburos contienen del 84 al 87 % de carbono, del 11 al 14 % de hidrógeno, 3 % de oxígeno, 1 % de azufre y 0,5 % de nitrógeno, como componentes más importantes.

La cantidad que, prácticamente, necesita un kilogramo de gasolina para quemarse, son unos 17 kilogramos de aire, o sea, 13 metros cúbicos (13.000 litros). Expresado en volúmenes, como un litro de gasolina pesa 740 gramos, y un litro de aire solamente 1,3 gramos, cada litro de gasolina necesitará, aproximadamente, 10.000 litros de aire.

En la figura 5.1 se señala, gráficamente, lo que ocurre en el interior del motor: cada litro de gasolina (compuesto por 110 grs. ó 1,22 m<sup>3</sup> de hidrógeno y 630 grs. de carbono), se quema y combina con 10 m<sup>3</sup> de aire (formado por 2,1 m<sup>3</sup> de oxígeno y 7,9 m<sup>3</sup> de nitrógeno). El resultado de la combustión, son los gases de escape que ocupan un volumen de 11 m<sup>3</sup> (compuestos por 1 Kg. de agua = 1 litro en forma de vapor, 2,3 Kgs. ó 1,25 m<sup>3</sup> de ácido carbónico, y 7,9 m<sup>3</sup> de nitrógeno, que formaba parte del aire introducido). En la práctica, especialmente en ralenti, como la combustión no es perfecta, la parte de ácido carbónico es una mezcla de ácido carbónico y de óxido de carbono; este último, especialmente peligroso y venenoso.

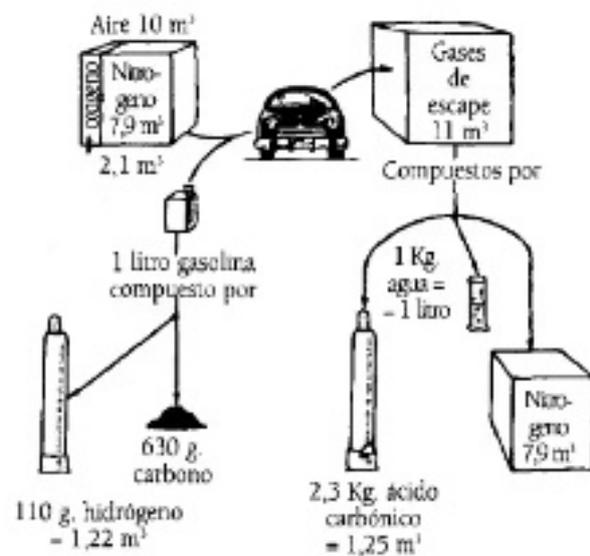
### 1.3. Características de los combustibles

El *color*, que justificado por razones comerciales, impone un código "rojo" para la gasolina ordinaria, y otro "amarillo pálido" para el supercarburante.

La *densidad*, que para la gasolina ordinaria se establece como ≤0,765 Kg./l., y para el supercarburante ≤0,770 Kg./l., y que influye sobre el consumo, como se verá en el "Capítulo de Carburación".

El *índice de octano*, o capacidad de un hidrocarburo para resistir la detonación, y que se desarrolla más adelante.

Los *aditivos*, como el tetraetilo o tetrametilo, cuyos valores han ido descendiendo con el paso de los años, según ha ido progresando la lucha medioambiental y anticontaminante, con la implantación de la gasolina sin plomo.



La gasolina y el oxígeno del aire, introducidos en el motor de un automóvil, se transforman, al quemarse, en agua (en igual cantidad que la gasolina) y ácido carbónico. El nitrógeno del aire sale igual que entra, sin intervenir en la combustión.

**Figura 5.1.**

### 1.4. El índice de octanaje

Para indicar el poder antidetonante de una gasolina, se emplea un número llamado *índice de octano*<sup>(4)</sup>.

Cuanto mayor es el número de octano de la gasolina, mayor compresión permite y, por tanto, se obtiene más potencia para la misma cilindrada de motor y cantidad de combustible empleado. Además, las gasolinas de elevado número de octano apenas producen carbonilla, y el motor se mantiene limpio durante mucho más tiempo que con las corrientes.

La gasolina de mala calidad, es la que tiene un número de octano inferior a 63, adecuada para motores de compresión 5:1, de la época 1920-25, ya remota; entre 63 y 75, es considerada mediana y tampoco se vende en muchos países. Desde los 75 octanos, entra en la clasificación "regular o corriente", sobre todo entre 78 y 85. A partir de los 85 octanos, especialmente entre 90 y 95, recibe el nombre de *gasolina premium o supercarburante*, si bien esta denominación "super", parece reservarse, últimamente, para los combustibles de 100 o más octanos. El número de octanaje se ha incrementado con la utilización de aditivos como el "tetraetilo de plomo". En la actualidad se ha suprimido este aditivo por sus efectos contaminantes y se emplean "gasolinas sin plomo" de 95 y 98 octanos.

La proporción de este aditivo era pequeña, menos de un centímetro cúbico por litro de gasolina, pero suficiente para causar *tres efectos importantes*:

- 1º. Aumento notable del poder antidetonante, lo que, unido al progreso de las formas de las cámaras de combustión, ha permitido elevar la relación de compresión de modo notable en los últimos años.
- 2º. Para aminorar el efecto corrosivo sobre los metales calientes, y evitar la formación de costras dañinas, se usaba también el tetraetilo, convenientemente mezclado con menores proporciones de aditivos etilénicos. Aún así es necesario el empleo de materiales selectos, especialmente en las válvulas de escape.
- 3º. Los gases de escape resultan más venenosos con el plomo, por lo que debe extremarse la precaución de no hacer funcionar el motor en locales mal ventilados, y que no entren los gases en el interior del habitáculo, tanto por fugas como por la calefacción.

## 2. RENDIMIENTO DEL MOTOR

El rendimiento de un motor de explosión es muy reducido, pues la distribución de la energía química contenida en la gasolina, especificada en el siguiente cuadro, se transforma, convirtiéndose la mayor parte en calor perdido, y aprovechándose *solo un 24 por 100 en forma de potencia disponible* en el cigüeñal (medida en el banco de pruebas con escape libre, admisión de aire fresco a la temperatura más adecuada y con el motor desprovisto de accesorios), que es la potencia indicada en las características dadas por los fabricantes, según las normas americanas SAE.

33 por 100, pérdida como calor en el agua de refrigeración del motor.

37 por 100, pérdida como calor en los gases de escape.

6 por 100, pérdida por la resistencia de frotamiento interno del motor.

24 por 100 restante, es el que resulta como potencia o trabajo útil.

## **Anexos materiales y métodos**

### **Anexo 6: Norma NTE INEN 2203:2000**

INEN. (23 de Marzo de 2000). *normalización.gob.ec*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2203:2000:

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>



## **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 203:2000**

---

---

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS  
AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA  
CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN  
CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI".  
PRUEBA ESTÁTICA.**

**Primera Edición**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. DETERMINATION OF CONCENTRATION OF EXHAUST EMISSIONS IN MINIMUM SPEED CONDITIONS OR RALENTI STATIC TEST.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Emisión de gases, protección del medio ambiente, calidad del aire, método de ensayo.  
MC 08.06-302  
CDU: 662.75  
CIIU: 3530  
ICS: 13.040.50

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</b>	<b>GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE, EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.</b>	<b>NTE INEN 2 203:2000 2000-07</b>
--	--	------------------------------------

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralenti".

### 2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina.

### 3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2204, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Aislamiento electromagnético.* Característica del equipo de medición que impide la alteración en sus lecturas por causa de radiaciones electromagnéticas externas.

3.1.2 *Calibración de un equipo de medición.* Operación destinada a llevar un instrumento de medida al estado de funcionamiento especificado por el fabricante para su utilización.

3.1.3 *Motor de encendido por chispa.* Es aquel en el cual la reacción de la mezcla aire/combustible se produce a partir de un punto caliente, generalmente una chispa eléctrica.

3.1.4 *Gas patrón.* Gas o mezcla de gases de concentración conocida, certificada por el fabricante del mismo, y que se emplea para la calibración de equipos de medición de emisiones de escape.

3.1.5 *Autocalibración.* Es la rutina en la cual el equipo verifica el funcionamiento óptimo de todos sus componentes instrumentales y realiza una comparación con los patrones internos incorporados por el fabricante del mismo.

3.1.6 *Exactitud.* Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.1.7 *Repetibilidad.* Grado de concordancia de resultados de sucesivas mediciones de la misma variable, realizadas en iguales condiciones de medida.

3.1.8 *Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.* Es el período en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, para realizar la lectura de la variable.

3.1.9 *Tiempo de respuesta del equipo de medición.* Es el periodo en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.

3.1.10 *Sonda de prueba.* Tubo o manguera que se introduce a la salida del sistema de escape del vehículo automotor para tomar una muestra de las emisiones.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Emisión de gases. Protección del medio ambiente. Calidad del aire. Método de ensayo.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Los importadores y distribuidores de equipos de medición de emisiones deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados debe cumplir con la International Recommendation OIML R 99.

**4.2** Los importadores y distribuidores están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los equipos.

**4.3** La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para determinar la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralenti", prueba estática.

#### 5. MÉTODO DE ENSAYO

##### 5.1 Fundamento.

**5.1.1** El principio de operación se basa en la absorción de luz infrarroja no dispersa de gases para la determinación de hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono.

**5.1.1.1** El oxígeno se mide utilizando una celda de combustible (fuel cell). Esto no excluye el uso de equipos con otro principio de operación, siempre y cuando sean homologados.

##### 5.2 Equipos

**5.2.1** Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

**5.2.2** Capacidad de autocalibración. Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de autocalibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

**5.2.3** Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

**5.2.4** Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor.

**5.2.5** El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

##### 5.3 Calibración

**5.3.1** La calibración del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo. En caso que éstas no estén disponibles, la calibración se debe realizar, como máximo, cada tres meses.

**5.3.2** El equipo se debe calibrar luego de cada mantenimiento correctivo.

**5.3.3** La calibración anterior es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

**5.3.4** El gas de calibración debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ISO 6145. Este gas debe contar con una certificación emitida por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma anteriormente indicada.

(Continúa)

#### **5.4 Procedimiento de medición**

**5.4.1** Antes de la prueba, realizar las verificaciones siguientes:

**5.4.1.1** Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

**5.4.1.2** Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

**5.4.1.3** Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).

**5.4.1.4** Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

**5.4.1.5** Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

**5.4.1.6** Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral 5.4.1.5, la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas.

**5.4.1.7** Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

**5.4.1.8** Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

#### **5.4.2 Medición**

**5.4.2.1** Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o "ralenti".

**5.4.2.2** Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o "ralenti", introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.

**5.4.2.3** Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

**5.4.2.4** Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

**5.4.2.5** Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

#### **5.5 Informe de resultados**

**5.5.1** El resultado final será la mayor lectura registrada de los valores de las lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.4.

**5.5.2** La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntado el documento de impresión directa del equipo de medición.

*(Continúa)*

**APÉNDICE Z****Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204:1998 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.*
- Norma ISO 6145-1:86 *Gas Analysis Preparation of Calibration Gas Mixtures. Dynamic Volumetric Methods - Part 1 - Methods of Calibration.*
- International Recommendation OIML R 99. *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions. International Organization of Legal Metrology.*

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

- Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o "ralenti".* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2 203	<b>TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.</b>	<b>Código:</b> MC 08.06-302
-------------------------------------	---	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 1998-02-17	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No.                      de publicado en el Registro Oficial No.                      de  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Comité Interno del INEN: GESTIÓN AMBIENTAL  
 Fecha de iniciación: 1998-06-12                      Fecha de aprobación: 1998-06-17  
 Integrantes del Comité Interno del INEN:

<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>
Dr. Ramiro Gallegos (Presidente) Ing. Enrique Troya Sr. Guido Reyes	SUBDIRECTOR TÉCNICO DIRECTOR DE PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR DIRECTOR DE DESARROLLO Y CERTIFICACIÓN DE CALIDAD
Sr. Arturo Arévalo Ing. Marco Narváez Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	DIRECTOR DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Subcomité Técnico: GESTIÓN AMBIENTAL  
 Fecha de iniciación: 1998-09-24                      Fecha de aprobación: 1999-02-25  
 Integrantes del Subcomité Técnico:

<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>
Ing. Jorge Jurado (Presidente) Ing. Pablo Ubidia Ing. Jorge Medina Ing. Julio Salazar C. Ing. Eduardo Espín Ing. Jorge Mantilla Ing. Ritha Burbano Tlgo. Mauricio Barros B. Ing. Kléver Chávez Ing. Jorge Álvarez Myr. Henry Aulestia C. Myr. Carlos Naveda Ing. Marco Oleas Ing. Lucía Montenegro Ing. Mauro González Sr. Suck Jun Yun Kim Ing. Pablo Durango Ing. Edwin Tamayo Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico) INEN	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO CINAE - AEADI CONUEP/ING. QUÍMICA (U.C.) PETROINDUSTRIAL MIDUVI/SSA CNNT DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (CUENCA) MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS GENERAL MOTORS - OMNIBUS BB FACULTAD DE ING. QUÍMICA (E.P.N) DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS AUTOMOTORES HINO COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS DE PICHINCHA COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS DE PICHINCHA

Otros trámites: ♦ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2000-03-23

Oficializada como: Obligatoria    Por Acuerdo Ministerial No. 2000373    de 2000-07-03  
 Registro Oficial No. 115            de 2000-07-07

**Anexo 7: Norma NTE INEN-ISO 17025**

INEN. (25 de Abril de 2018). *NTE INEN-ISO/IEC 17025*. Obtenido de [normalización.gob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_iec\\_17025.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_iec_17025.pdf)



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO/IEC 17025**

Tercera edición  
2018-04

**REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS  
LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN (ISO/IEC  
17025:2017, IDT)**

GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCE OF TESTING AND CALIBRATION  
LABORATORIES (ISO/IEC 17025:2017, IDT)

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adopción idéntica de la traducción oficial de la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017.

---

ICS: 03.120.20

33  
Páginas

© ISO/IEC 2017 – Todos los derechos reservados  
© INEN 2018 para la adopción nacional

## Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración* es una adopción idéntica de la traducción oficial al español de la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. El comité nacional responsable de la adopción idéntica de esta Norma Internacional es el Comité Técnico de Normalización, *Evaluación de la conformidad*.

Esta NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 (Tercera edición) reemplaza a la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 (Segunda edición)

A continuación, se enlista los documentos normativos internacionales que se referencian en la Norma Técnica ISO/IEC 17025:2017 y los documentos normativos nacionales correspondientes:

Documento Normativo Internacional	Documento Normativo Nacional
Guía ISO/IEC 99, <i>International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)</i>	GPE INEN-ISO/IEC 99:2014, <i>Vocabulario internacional de metrología — Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM)</i> (ISO/IEC 99:2007, IDT)
ISO/IEC 17000, <i>Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales</i>	NTE INEN-ISO/IEC 17000:2006, <i>Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales</i> (ISO/IEC 17000:2012, IDT)

EXTRACTO

NORMA  
INTERNACIONAL

ISO/IEC  
17025

Traducción oficial  
Official translation  
Traduction officielle

Tercera edición  
2017-11

Versión corregida  
2018-03

---

---

## Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

*General requirements for the competence of testing and calibration  
laboratories*

*Exigences générales concernant la compétence des laboratoires  
d'étalonnages et d'essais*

EXTRACTO

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Translation Management Group*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.



Número de referencia  
ISO/IEC 17025:2017  
(traducción oficial)

© ISO/IEC 2017

## Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (miembros ISO). El trabajo de elaboración de las Normas Internacionales es normalmente llevado a cabo a través de comités técnicos de ISO. Cada miembro interesado en un asunto para el cual se ha establecido un comité técnico tiene el derecho a ser representado en ese comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en alianza con ISO, también participan en el trabajo. En el campo de la evaluación de la conformidad, ISO y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrollan documentos conjuntos ISO/IEC bajo la gestión del Comité de ISO para la Evaluación de Conformidad (ISO/CASCO).

En la Parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar este documento y para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Este documento se redactó de acuerdo a las reglas editoriales de la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC (véase [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de esta norma se indican en la introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas (véase [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Cualquier nombre comercial utilizado en esta norma es información que se proporciona para comodidad del usuario y no constituye una recomendación.

Para obtener una explicación sobre la naturaleza voluntaria de las normas, el significado de los términos específicos de ISO y expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como información de la adhesión de ISO a los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) respecto a los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), véase la siguiente dirección: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Este documento ha sido elaborado por el Comité de ISO para la evaluación de la conformidad (CASCO) y sometido a votación de los organismos nacionales de ISO y de IEC y fue aprobado por las dos organizaciones.

Esta tercera edición anula y sustituye a la segunda edición (ISO/IEC 17025:2005), que ha sido revisada técnicamente.

Los principales cambios en comparación con la edición anterior son los siguientes:

- el pensamiento basado en el riesgo, aplicado en esta edición, ha permitido cierta reducción de los requisitos prescriptivos y su sustitución por requisitos basados en el desempeño;
- existe una mayor flexibilidad respecto a la edición anterior en los requisitos de procesos, procedimientos, información documentada y responsabilidades organizacionales;
- se ha incluido una definición de "laboratorio" (véase 3.6).

## ISO/IEC 17025:2017 (traducción oficial)

Esta versión corregida de la versión en español de la Norma ISO/IEC 17025:2017 incorpora las siguientes correcciones:

- Apartado 3.2 en FUENTE modificar la frase "un organismo de evaluación de la conformidad a un organismo de acreditación" por "un organismo de evaluación de la conformidad o a un organismo de acreditación"
- Apartado 6.4.9: se ha incluido una última frase en el apartado que se había omitido respecto a la versión original "El laboratorio debe examinar el efecto del defecto o de la desviación respecto a los requisitos especificados, y debe iniciar la gestión del procedimiento de trabajo no conforme (véase 7.10)".
- Apartado 6.4.13: se ha modificado la última frase del primer párrafo, quedando la redacción "Los registros deben incluir lo siguiente, cuando sea aplicable:
- Apartado 7.11.4: se ha modificado la redacción de "...el proveedor u administrador...." por "...el proveedor o administrador..."
- Apartado 8.9.2 h): se ha modificado la redacción de "cambios en el volumen y tipo de trabajo en el alcance de actividades del laboratorio" por "cambios en el volumen y tipo de trabajo o en el alcance de actividades del laboratorio".

EXTRACTO

## Introducción

Este documento se ha desarrollado con el objetivo de promover la confianza en la operación de los laboratorios. Este documento contiene requisitos que permiten a los laboratorios demostrar que operan de forma competente y que tienen la capacidad de generar resultados válidos. Los laboratorios que cumplen con este documento también operarán en general de acuerdo con los principios de la Norma ISO 9001.

Este documento requiere que el laboratorio planifique e implemente acciones para abordar los riesgos y las oportunidades. Al abordar los riesgos y las oportunidades se establece una base para incrementar la eficacia del sistema de gestión, lograr mejores resultados y prevenir efectos negativos. El laboratorio es responsable de decidir qué riesgos y oportunidades es necesario abordar.

El uso de este documento facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos, y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como también a la armonización de normas y procedimientos. La aceptación de resultados entre países se facilita si los laboratorios cumplen con el presente documento.

En este documento se usan las siguientes formas verbales:

- "debe" indica un requisito;
- "debería" indica una recomendación;
- "puede" indica un permiso; una posibilidad o una capacidad;

En las Directivas ISO/IEC, Parte 2, se pueden encontrar más detalles.

A efectos de investigación, se anima a los usuarios a compartir sus puntos de vista en relación con este documento y sus prioridades para cambios en las futuras ediciones. Hacer clic en el enlace inferior para participar en la encuesta en línea:

[17025\\_ed3\\_usersurvey](#)

# Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

## 1 Objeto y campo de aplicación

Este documento especifica los requisitos generales para la competencia, la imparcialidad y la operación coherente de los laboratorios.

Este documento es aplicable a todas las organizaciones que desarrollan actividades de laboratorio, independientemente de la cantidad de personal.

Los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias, las organizaciones y los esquemas utilizados en evaluación de pares, los organismos de acreditación y otros utilizan este documento para confirmar o reconocer la competencia de los laboratorios.

## 2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se referencian en el texto de tal forma que parte o la totalidad de su contenido constituyen requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, sólo aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

Guía ISO/IEC 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*<sup>1)</sup>

ISO/IEC 17000, *Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales*

## 3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Guía ISO/IEC 99 y la Norma ISO/IEC 17000 además de los siguientes.

ISO e IEC mantienen bases de datos terminológicas para su utilización en normalización en las siguientes direcciones:

- Plataforma de búsqueda en línea de ISO: disponible en <http://www.iso.org/obp>
- Electropedia de IEC: disponible en <http://www.electropedia.org/>

### 3.1

#### **imparcialidad**

presencia de objetividad

1) También conocida como JCGM 200.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN-ISO/IEC 17025	<b>TÍTULO: REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN (ISO/IEC 17025:2017, IDT)</b>	<b>Código ICS:</b> 03.120.20
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2005-12-14 Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Acuerdo Ministerial No. 06 039 de 2006-01-12 publicado en el Registro Oficial No. 196 de 2006-01-26  Fecha de iniciación del estudio: 2017-12-27	

Fechas de consulta pública: 2018-01-15 al 2018-01-29

Comité Técnico de Normalización: **Evaluación de la Conformidad**

Fecha de iniciación: 2018-01-11

Fecha de aprobación: 2017-01-11

Integrantes del Comité:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Mónica Torres (Presidenta)

SISTEMCAL

Mónica Gualotuña

SECALMET

Pamela Sierra

QMETS S.A

Fernando Pachacama

QMETS S.A

Patricio Navarrete

TECNOESCALA

Mauro Rivadeneira

LACQUANALISIS

Rodrigo Perugachi (Video conferencia)

ESPOL

Israel Carrión

SAE

Giovanny Farinango

CCICEV

José Galante

ASECAL

Gabriela Flores

LACONAL

Gladys Risueño

LACONAL

José Francisco Capa

INDUGLOB

Marco Escola

SAE

Blanca Viera (Video conferencia)

INDEPENDIENTE

Gladys Cabascango

CTG ENGINEERING

Santiago Salcedo

ACG

Lorena Cuásquer

QMETS S.A

Lucía Navas

ARCSA

Jenny Pacheco

PETROAMAZONAS

Erika Chicaiza (Secretaria Técnica)

INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 (Tercera edición) reemplaza a la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 (Segunda edición)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 229 de 2018-04-25

Por Resolución No. 18100 de 2018-03-29

## Anexo 8: Normativa de acreditación SAE LEN 05-004

SAE . (29 de abril de 2016). Alcance de acreditación. Obtenido de acreditacion.gob.ec:  
<https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/SAE-LEN-16-005.pdf>



Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano

### SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO - SAE

### ALCANCE DE ACREDITACIÓN

#### Laboratorio BIOTECNOLOGICO AMBIENTAL LAB-BIO-TEC S.A.

De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias  
• Teléfono: 2449988 • E-mail: labiotec2013@hotmail.com  
Quito - Ecuador

Certificado de Acreditación N°: SAE LEN 05-004  
Expediente N°: SAE LEN 15-021  
Revisión N°: 03  
Acreditación Inicial/Renovación: 2016-04-29  
Vigencia hasta: 2021-04-28

Está acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", Criterios Específicos para la acreditación de laboratorios que realizan ensayos. (CR GA01), Guías y Políticas del SAE en su edición vigente, para las siguientes actividades:

**Localización (oficina crítica, detallar ciudad, país):** No aplica

**Sector:** Ensayos

**Responsable Técnico:** Jorge Calispa Santos (Gases), Inés Godoy Rivas (Aguas)

**CATEGORIA:** 0. Ensayos en el laboratorio permanente

**CAMPO DE ENSAYO:** Análisis Físico – químicos en aguas

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Potencial Hidrógeno, Electrometría  (4 a 10) unidades de pH	PTA.01-1-1 Método de Referencia: Standard Methods Ed. 22, 2012 4500 H+
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Conductividad Eléctrica, Electrometría  (50 a 12000) us/cm	PTA.02-1-1 Método de Referencia: Standard Methods Ed. 22, 2012 2510 B
Agua Residual	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama, Plomo (0,15 a 0,665) mg/l  Cromo (0,15 a 0,665) mg/l  Níquel (0,25 a 0,60) mg/l	PTA.13-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 3030E + 3111 B

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada  
en el web [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

F PA01 01 R02

Página 1 de 4

Agua Residual	Cadmio (0,015 a 0,07) mg/l	PTA.13-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 23, 2012 3030E + 3111 B
Agua Residual Agua Natural	Demanda Química de Oxígeno Reflujo abierto, Volumetría  (10 a 750) mg/l	PTA.03-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 23, 2012 5220 B
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, Winkler,  (10 a 1000) mg/l	PTA.04-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5210 B
Agua Residual	Compuestos Fenólicos (como fenol) Espectrofotometría UV- VIS,  (0,05 a 1,5) mg/l	PTA.10-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5530 B + 5530 C
Agua Residual Agua Natural	Detergentes como sustancias activas al azul de metileno, Espectrofotometría UV- VIS,  (0,11 a 2,3) mg/l	PTA.11-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5540 C
Agua residual	Aceites y Grasas como sustancias solubles en hexano, Gravimetría  (20 a 300) mg/l	PTA.12-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5520 B
Agua Residual	Hidrocarburos Totales de Petróleo TPH, Espectrometría Infrarroja  (2 a 120) mg/l	PTA.09-1-1 Método de Referencia : ASTM D 7066-04
Agua residual	Sólidos Totales, Gravimetría  (100 a 10000) mg/l	PTA.05-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 2540 B
Agua residual	Sólidos Suspendidos, Gravimetría  (20 a 1000) mg/l	PTA.06-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 2540 D
Agua Residual Agua Natural Agua Consumo	Cromo Hexavalente Cr VI, Espectrofotometría UV-VIS,  (0,037 a 1,0) mg/l	PTA.14-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 23, 2012 3500-Cr B

**CATEGORIA: 0.** Ensayos en el laboratorio permanente  
**CAMPO DE ENSAYO:** Análisis Físico-Químico de Suelos

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Suelos	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama,  Plomo (10 a 200) mg/kg  Cromo	DIGESTION I03.PTA.13-1-1 Método de Referencia : EPA 3050 B Rev.02 1996 Standard Methods Ed. 22, 2012 3111 b

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en la página web [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

Suelos	(5 a 100) mg/kg	DIGESTION I03.PTA.13-1-1 Método de Referencia : EPA 3050 B Rev.02 1996 Standard Methods Ed. 22, 2012 3111 b
	Cadmio (0,5 a 7,5) mg/kg	
	Niquel (10 a 65) mg/kg	

**CATEGORÍA 1:** Ensayos in situ, fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio

**CAMPO DE ENSAYO:** Análisis Físico Químicos de emisiones gaseosas de fuentes fijas de combustión.

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Emisión de Fuentes Fijas de Combustión	Gases contaminantes, Celdas Electroquímicas	PTG.01-1-1 Método de Referencia : EPA CTM 34 PUBLICACION 08-09 1999 EPA CTM 30 TOMA DE MUESTRA PUBLICACION 13-10-1997
	Monóxido de Carbono (CO), (51 a 1200) ppm	
	Monóxido de Nitrógeno (NO), (51 a 1200) ppm	
	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ), (51 a 1200) ppm	
	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ), (23 a 195) ppm	
	Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), (51 a 1200) ppm	
Oxígeno (2,15 a 19,0) %		
	Material particulado, Gravimetría (30 a 600) mg/m <sup>3</sup>	PTG.02-1-1 Método de Referencia EPA5 Publicación 16-08-1996

**CATEGORÍA 1:** Ensayos in situ, fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio

**CAMPO DE ENSAYO:** Acústica Ambiental

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Nivel de Presión Sonora Ambiental	Ruido, Nivel de presión Sonora, (45 a 120) dB	PTR.01-1-1 Método de Referencia ISO, 2007.1996-2

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en la página web [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

**CATEGORIA: 0.** Ensayos en el laboratorio permanente  
**CAMPO DE ENSAYO:** Análisis Físico – químicos en aguas

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Agua Natural	Hidrocarburos Totales de Petróleo TPH. Espectrometría Infrarroja (0,25 a 120) mg/l	PTA.09-1-1 Método de Referencia : ASTM D 7066-04

CONTROL DE CAMBIOS EN EL ALCANCE

FECHA	MODIFICACIONES O CAMBIOS	NUMERO DE RESOLUCIÓN
2016-04-29	Inicial, Otorgar la Acreditación	
2017-08-04	Vigilancia 1, Mantener la Acreditación	SAE-ACR-0145-2017
2018-11-19	Vigilancia 2, Mantener la Acreditación	SAE-ACR-0284-2018

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en la página web [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

F PA06 09 R00

Página 4 de 4

**Anexo 9: Norma NTE INEN 2204**

INEN. (10 de Enero de 2017). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA*. Obtenido de normalizacion.gob: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf)



**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 2204**  
Segunda revisión  
2017-01

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.  
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR  
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS  
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE

**GESTIÓN AMBIENTAL**  
**AIRE**  
**VEHÍCULOS AUTOMOTORES**  
**LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES**  
**MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

**1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

**2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

**3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

**3.1**

**año modelo**

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

**3.2**

**ciclo**

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralenti. Para las fuentes móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

**3.3**

**ciclos de prueba**

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

**3.3.1**

**ciclo ECE + EUDC**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

**3.3.2****ciclo FTP-75**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

**3.4****dinamómetro**

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

**3.5****emisión de escape**

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

**3.6****fuelle móvil**

Fuelle de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

**3.7****marcha mínima o ralenti**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralenti se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

**3.8****motor**

Fuelle principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

**3.9****peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

**3.10****peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

**3.11****peso de referencia (PR)**

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

**3.12****prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

**3.13****temperatura normal de operación**

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

**3.14****vehículo automotor**

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

**3.15****vehículo prototipo**

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

**3.16****categoría M**

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

**3.17****categoría N**

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

**3.17.1****subcategoría N1**

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

**4. REQUISITOS****4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)**

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

**TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)**

Año modelo	% CO <sup>a</sup>		ppm HC <sup>a</sup>	
	0 - 1500 <sup>b</sup>	1500 - 3000 <sup>b</sup>	0 - 1500 <sup>b</sup>	1500 - 3000 <sup>b</sup>
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

<sup>a</sup> Volumen  
<sup>b</sup> Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

#### 4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

**TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)**

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años <sup>a</sup>			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDLT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDLT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

<sup>a</sup> Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDLT, THC y LDT.

Abreviaturas:  
 PBV Peso bruto vehicular  
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)  
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)  
 LDT Camión ligero  
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)  
 HLDLT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

#### 4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

**TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)**

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M <sup>a</sup>	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1 <sup>b</sup>	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

<sup>a</sup> Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.  
<sup>b</sup> Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg.

## 5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.

## BIBLIOGRAFÍA

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular

EURO III: Community Directive (Directive 98/96), Dir 70/220/EEC as amended by Dir 98/96/EC and 2003/96/EC, Directive 70/220/CEE

EPA Tier 1 Emission Standards for Passenger Cars and Light-Duty Trucks, FTP 75, g/mi; US: Light-duty: Emissions, disponible en:[http://transportpolicy.net/index.php?title=US:\\_Light-duty:\\_Emissions#Regulatory\\_Documents](http://transportpolicy.net/index.php?title=US:_Light-duty:_Emissions#Regulatory_Documents), consultado el 2016-12-16.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS Código ICS:  
**NTE INEN 2204** AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES 13.040.50  
**Segunda revisión** PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE  
EMPLEAN GASOLINA

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2002-04-17 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18 publicado en el Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30  Fecha de iniciación del estudio: 2016-11-14
--	--

Fechas de consulta pública: Del 2016-12-01 al 2016-12-16

### Comité Interno

Fecha de iniciación: 2016-12-16  
Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación: 2016-12-16

### NOMBRES:

BQF. Elena Larrea (Presidenta)  
Ing. Juan Burneo  
Ing. Evelyn Vasco  
Ing. Luis Costa  
Ing. Ximena Llano  
  
Dr. Hugo Ayala  
  
Ing. Eduardo Quintana  
Ing. Luis Silva (Secretario Técnico)

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

INEN – DIRECCIÓN EJECUTIVA  
INEN – DIRECCIÓN DE REGLAMENTACIÓN  
INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA  
INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA  
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y  
CERTIFICACIÓN  
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y  
CERTIFICACIÓN  
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN  
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 2204:2017 (Segunda revisión) reemplaza a NTE INEN 2204:2002 (Primera revisión).

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 16 530 de 2016-12-30

Registro Oficial Primer Suplemento No. 919 de 2017-01-10

## Anexo 10: Materiales utilizados

Materiales necesarios para realizar la práctica



- Kwid 2023



- Envases para almacenar cada mezcla de combustible



- 4 Aditivos de prueba

Liqui Moly



## Bardhal



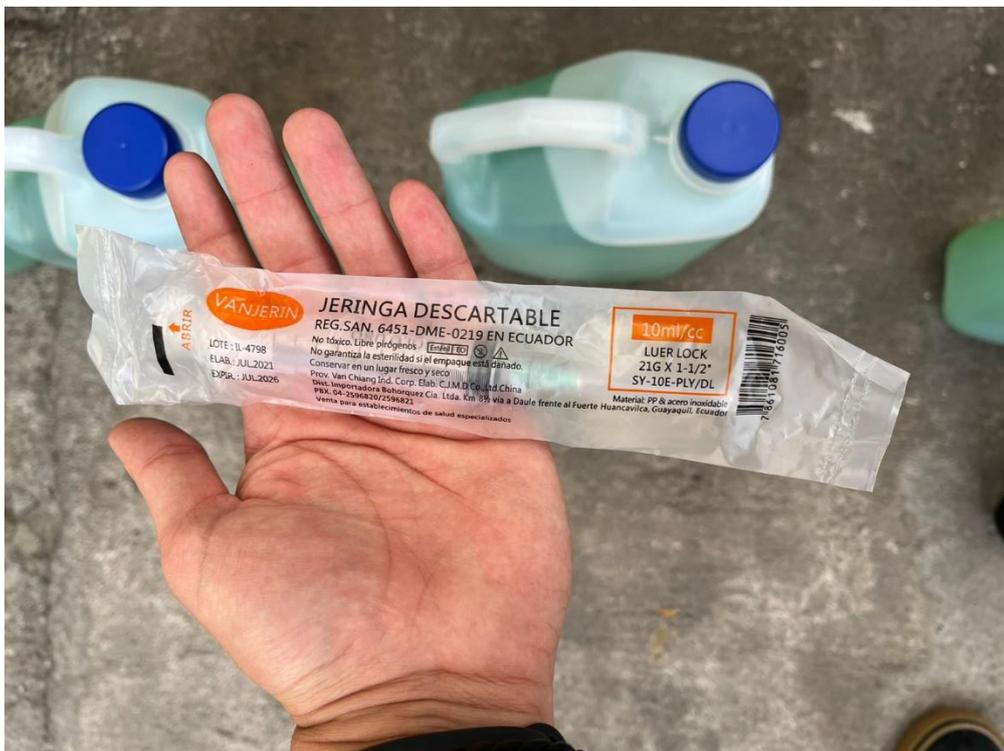
## Ravenol



Qualco



- 1 Jeringa para realizar cada mezcla según el fabricante



- Analizador de Gases BRAIN BEE AGS-688



### *Anexo 11: Procedimiento para las mezclas de combustible*

Pasos para realizar la toma de Datos con cada mezcla de combustible

- Para empezar la práctica se procedió a la compra de 4 galones de combustible los cuales serán mezclados posteriormente con cada aditivo seleccionado para la prueba.



- Una vez adquirido el combustible se separó de forma parcial en cada envase.



- Para realizar la mezcla según como lo especifica el fabricante, para conocer la proporción adecuada se utilizó una regla de tres básica en la cual se hizo relación la cantidad de aditivo para la cantidad de galones o litros que especifica el fabricante en sus envases, para este procedimiento se utilizó una jeringa milimétrica para poder ser precisos en la toma de muestras.

### Liqui Moly



### Bardhal



## Ravenol



## Qualco



- Una vez realizada todas las mezclas con la ayuda del TECNICENTRO AUTOMOTRIZ LDM se procedió a realizar la respectiva prueba de gases con cada mezcla, para esta práctica se realizó el siguiente procedimiento:





### ***Anexo 12: Primera medición***

Primera toma de datos con gasolina Extra sin aditivo

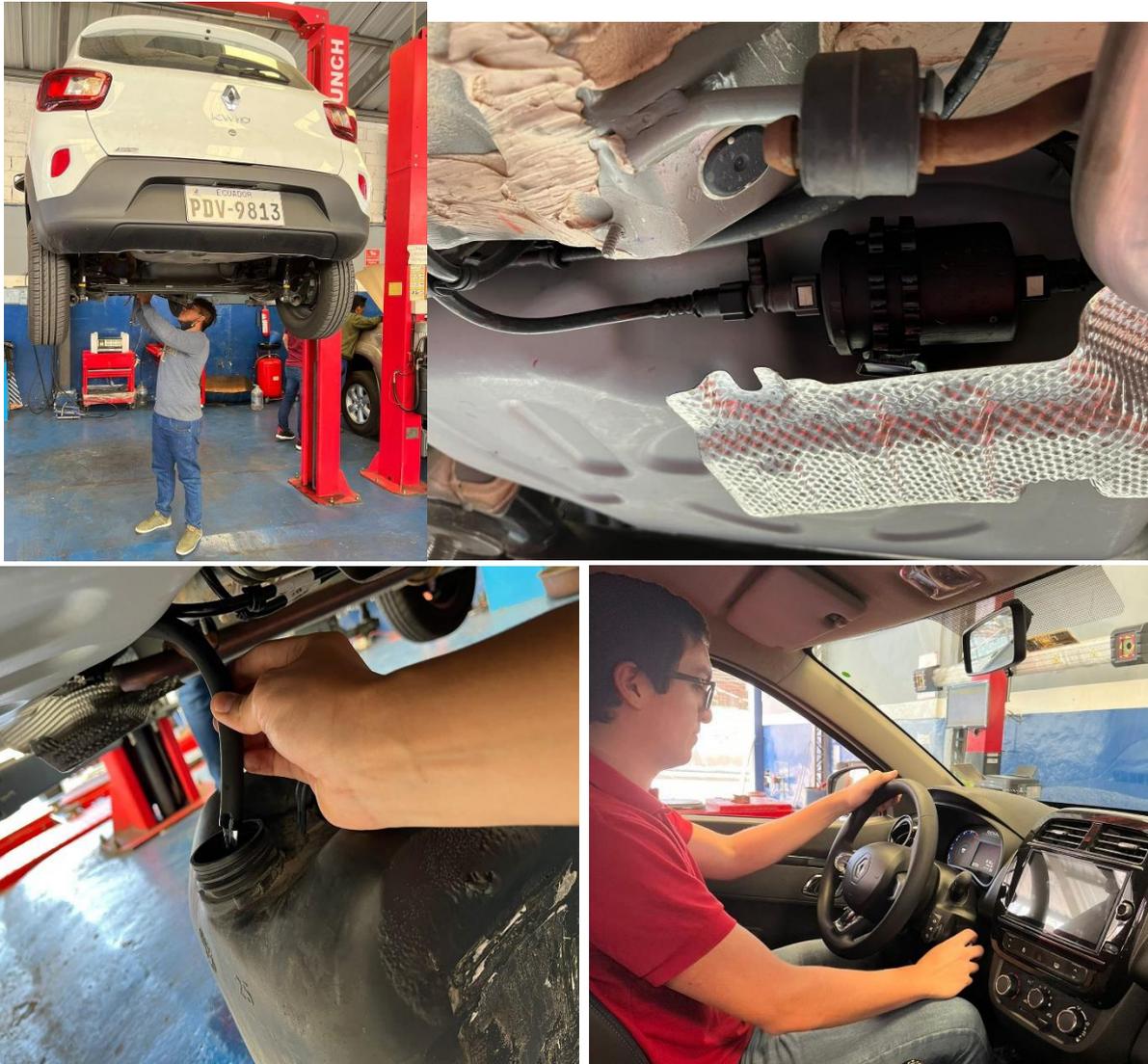
- La primera muestra obtenida fue con la gasolina extra que se encontraba ya presente en el vehículo de prueba (Kwid 2023), por lo que lo único necesario a realizar fue introducir la sonda del analizador de gases por el escape del vehículo y realizar la prueba para obtener los valores.



### **Anexo 13: Segunda medición**

Segunda toma de datos con gasolina Extra más Ravenol

- Para poder extraer todo el combustible ingresado, se procedió a drenar por medio del filtro de combustible toda la gasolina presente en el vehícul. Para eso, el primer paso fue retirar la protección térmica que tenía en la zona y adaptar una manguera con abrazadera metálica en la salida del filtro de combustible, para posteriormente accionar el vehículo en las posiciones de contacto y accesorios, con lo que se logró drenar por completo el combustible que se encontraba presente en el vehícul.



- Una vez drenado todo el combustible almacenado, se verificó en el tacómetro digital del vehículo que la autonomía del vehículo se encuentre totalmente en cero o a su vez no marque ningún valor al no tener presencia de combustible.



- Una vez evidenciado la ausencia de combustible se procede a completar nuevamente el tanque pero en esta ocasión con mezcla de gasolina extra con el aditivo Ravenol.



- Una vez que se completó el galón de combustible se dejó al vehículo actuar por 10 minutos en ralentí y a continuación se realizó una ruta de manejo para que el combustible que ingreso pueda hacer efecto, una vez se regresó al taller se procedió nuevamente a realizar la segunda toma de datos.



#### **Anexo 14: Tercera medición**

Tercera toma de datos con gasolina Extra más Liqui Moly

- Nuevamente se realizó la extracción como se mencionó al inicio del **Anexo 15** y se realizó el mismo procedimiento de ingreso de combustible con su respectivo tiempo de espera y ruta de prueba para que el combustible pueda actuar y tener mediciones más precisas.
- Extracción de combustible.



- Ingreso de combustible Extra con Liqui Moly



- Toma de Datos



### **Anexo 15: Cuarta Medición**

Cuarta toma de datos con gasolina Extra más Qualco

- Nuevamente se realizó la extracción como se mencionó al inicio del **Anexo 15** y se realizó el mismo procedimiento de ingreso de combustible con su respectivo tiempo de espera y ruta de prueba para que el combustible pueda actuar y tener mediciones más precisas.
- Extracción de combustible



- Ingreso de combustible Extra con Qualco



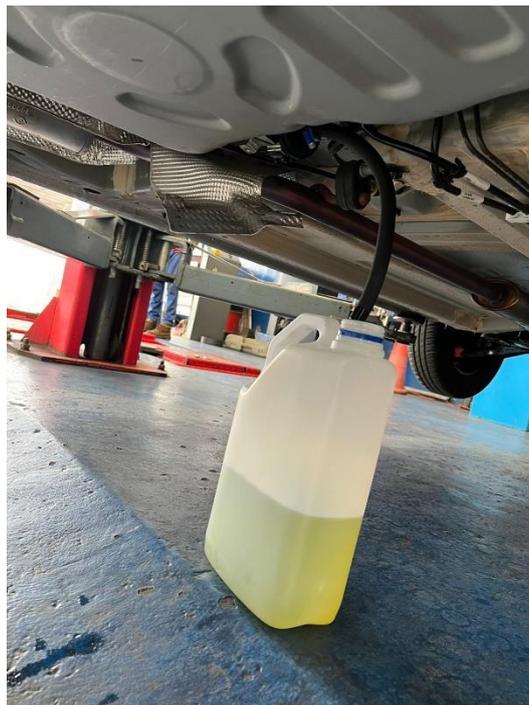
- Toma de Datos



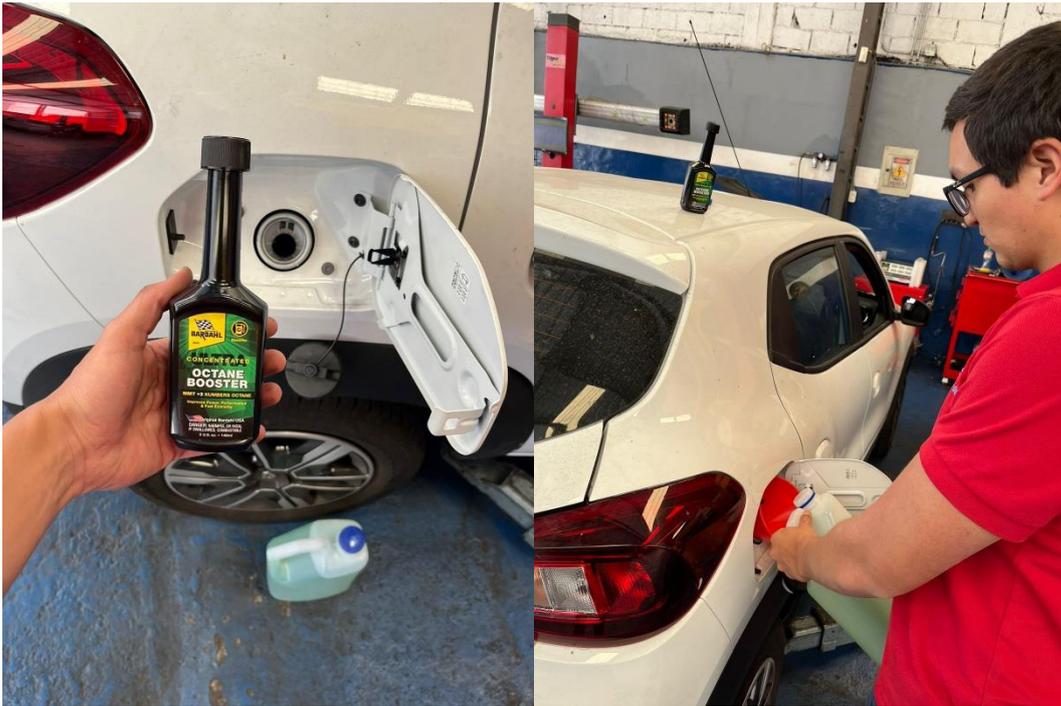
### **Anexo 16: Quinta medición**

Quinta toma de datos con gasolina Extra más Bardhal

- Nuevamente se realizó la extracción como se mencionó al inicio del **Anexo 15** y se realizó el mismo procedimiento de ingreso de combustible con su respectivo tiempo de espera y ruta de prueba para que el combustible pueda actuar y tener mediciones más precisas.
- Extracción de combustible.



- Ingreso de combustible Extra con Bardhal



- Toma de Datos



## Anexos resultados y discusión

### Anexo 17: Resultados de mediciones

Resultados obtenidos con cada prueba en el analizador de gases

- Resultados gasolina Extra sin aditivos, prueba en ralentí y a 2500RPM

BRAIN BEE  
Tipo: AGS-688  
Version Software: 1.322  
No. Serie: 191129000186  
No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
0987346298-3082193  
SANBARTOLO  
CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp.	: -----	[°C]
RPM	: 0	[1/min]
CO	: 0.00	[%Vol]
CO2	: 15.1	[%Vol]
HC	: 2	[ppmVol]
O2	: 0.32	[%Vol]
Lambda	: 1.014	[-]

Fecha y hora  
18.08.2022 10:41

Sello:  
*Ralentí*

Examinador: PAB 4442

Firma:  
*a Extra sin aditivo*

BRAIN BEE  
Tipo: AGS-688  
Version Software: 1.322  
No. Serie: 191129000186  
No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
0987346298-3082193  
SANBARTOLO  
CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp.	: -----	[°C]
RPM	: 0	[1/min]
CO	: 0.00	[%Vol]
CO2	: 14.6	[%Vol]
HC	: 3	[ppmVol]
O2	: 3.02	[%Vol]
Lambda	: 1.141	[-]

Fecha y hora  
18.08.2022 10:42

Sello:  
*2500 RPM*

Examinador: PAB 4442

Firma:

- Resultados gasolina Extra y Ravenol, prueba en ralentí y a 2500RPM

BRAIN BEE

Tipo: AG5-680  
 Version Software: 1.322  
 No. Serie: 191129000186  
 No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
 0987346298-3082193  
 SANBARTOLO  
 CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
 Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp.	: -----	[°C]
RPM	: 0	[1/min]
CO	: 0.00	[%Vol]
CO2	: 14.8	[%Vol]
HC	: 3	[ppmVol]
O2	: 0.46	[%Vol]
Lambda	: 1.021	[-]

Fecha y hora  
 18.08.2022 11:37

Sello:

*Relanti*

Examinador: PAB 4442

Firma: *RAVENOL*

Tipo: no3-000  
 Version Software: 1.322  
 No. Serie: 191129000186  
 No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
 0987346298-3082193  
 SANBARTOLO  
 CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
 Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp.	: -----	[°C]
RPM	: 0	[1/min]
CO	: 0.65	[%Vol]
CO2	: 14.9	[%Vol]
HC	: 31	[ppmVol]
O2	: 0.23	[%Vol]
Lambda	: 0.991	[-]

Fecha y hora  
 18.08.2022 11:39

Sello:

*2500 RPM*

Examinador: PAB 4442

Firma:

α

- Resultados gasolina Extra y Liqui Moly, prueba en ralentí y a 2500RPM

ANAL. GASES DE ESCAPE

BRAIN BEE

Tipo: AG5-688  
 Version Software: 1.322  
 No. Serie: 191129000186  
 No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
 0987346298-3082193  
 SANBARTOLO  
 CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
 Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp.	:	----	[°C]
RPM	:	0	[1/min]
CO	:	0.00	[%Vol]
CO2	:	14.9	[%Vol]
HC	:	1	[ppmVol]
O2	:	0.42	[%Vol]
Lambda	:	1.019	[-]

Fecha y hora  
 18.08.2022 12:57

Sello:

*Ralentí*

Examinador: PAB 4442

Firma:  
*Liqui Moly*

ANAL. GASES DE ESCAPE

BRAIN BEE

Tipo: AG5-688  
 Version Software: 1.322  
 No. Serie: 191129000186  
 No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
 0987346298-3082193  
 SANBARTOLO  
 CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
 Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp.	:	----	[°C]
RPM	:	0	[1/min]
CO	:	0.71	[%Vol]
CO2	:	14.2	[%Vol]
HC	:	12	[ppmVol]
O2	:	0.36	[%Vol]
Lambda	:	0.995	[-]

Fecha y hora  
 18.08.2022 12:58

Sello:

*2500 RPM*

Examinador: PAB 4442

Firma:

- Resultados gasolina Extra y Bardhal, prueba en ralentí y a 2500RPM

ANAL. GASES DE ESCAPE

BRAIN BEE

Tipo: AGS-688  
 Version Software: 1.322  
 No. Serie: 191129000186  
 No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
 0987346298-3082193  
 SANBARTOLO  
 CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
 Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp. : ----- [°C]  
 RPM : 0 [1/min]  
 CO : 0.01 [%Vol]  
 CO2 : 15.1 [%Vol]  
 HC : 13 [ppmVol]  
 O2 : 0.38 [%Vol]  
 Lambda : 1.016 [-]

Fecha y hora  
 18.08.2022 15:01

Sello:

*Ralentí*

Examinador: PAB 4442

Firma:  
 α *Bardhal*

ANAL. GASES DE ESCAPE

BRAIN BEE

Tipo: AGS-688  
 Version Software: 1.322  
 No. Serie: 191129000186  
 No. Aprobacion: T10133

TECNICENTRO LDM  
 0987346298-3082193  
 SANBARTOLO  
 CALLE GUAMOTE 517-53

Placa: PDV 9813  
 Tipo combustible: GASOLINA

VALORES MEDIDOS

Temp. : ----- [°C]  
 RPM : 0 [1/min]  
 CO : 1.61 [%Vol]  
 CO2 : 14.0 [%Vol]  
 HC : 288 [ppmVol]  
 O2 : 0.23 [%Vol]  
 Lambda : 0.954 [-]

Fecha y hora  
 18.08.2022 15:02

Sello:

*2500 RPM*

Examinador: PAB 4442

Firma:  
 α

- Resultados gasolina Extra y Qualco, prueba en ralentí y a 2500RPM

ANAL. GASES DE ESCAPE		ANAL. GASES DE ESCAPE	
BRAIN BEE		BRAIN BEE	
Tipo:	AG5-688	Tipo:	AG5-688
Version Software:	1.322	Version Software:	1.322
No. Serie:	191129000186	No. Serie:	191129000186
No. Aprobacion:	T10133	No. Aprobacion:	T10133
TECNICENTRO LDM 0987346298-3082193 SANBARTOLO CALLE GUAMOTE 517-53		TECNICENTRO LDM 0987346298-3082193 SANBARTOLO CALLE GUAMOTE 517-53	
Placa:	PDV 9813	Placa:	PDV 9813
Tipo combustible:	GASOLINA	Tipo combustible:	GASOLINA
VALORES MEDIDOS		VALORES MEDIDOS	
Temp. :	----- [°C]	Temp. :	----- [°C]
RPM :	0 [1/min]	RPM :	0 [1/min]
CO :	0.00 [%Vol]	CO :	0.00 [%Vol]
CO2 :	14.9 [%Vol]	CO2 :	15.0 [%Vol]
HC :	10 [ppmVol]	HC :	7 [ppmVol]
O2 :	0.39 [%Vol]	O2 :	0.28 [%Vol]
Lambda :	1.017 [-]	Lambda :	1.012 [-]
Fecha y hora 18.08.2022 13:59		Fecha y hora 18.08.2022 14:00	
Sello:  <i>Rebantí</i>		Sello:  <i>2500 RPM</i>	
Examinador:	PAB 4442	Examinador:	PAB 4442
Firma:		Firma:	

### Anexo 18: Cálculos

Cálculos realizados con la fórmula de Faires Virgil para un hidrocarburo de composición desconocida

- Cálculos gasolina Extra sin aditivos, prueba en ralentí y a 2500RPM

**Cálculos Gasolina Extra sin aditivo (Ralentí)** 21% O<sub>2</sub> } Aire  
79% N<sub>2</sub> } Atmosférico

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0 \\ CO_2 = 15,1 \\ O_2 = 0,32 \\ H_2 = 2 \end{array} \right\} = 15,42$$

$$\rightarrow 100 - 15,42 = \frac{84,58 N_2}{3,76} = 22,49 O_2$$

**Ecuación Igualada:**

$$C_x H_y + 84,58 N_2 + 22,49 O_2 = 0 CO + 15,1 CO_2 + 0,32 O_2 + a H_2O$$

<u>Carbonos</u>	<u>Oxígeno:</u>
$x = 15,1$	$22,49(2) = (15,1)(2) + 0,32(2) + a$
<u>Hidrógeno</u>	$44,98 = 30,2 + 0,64 + a$
$y = 2(a)$	$a = 14,14$
$y = 2(14,14) = 28,28$	

**C<sub>15,1</sub> H<sub>28,28</sub>**

**Cálculos Gasolina Extra sin aditivo (2500 RPM)**

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0 \\ CO_2 = 14,6 \\ O_2 = 3,02 \\ H_2 = 3 \end{array} \right\} = 17,62$$

$$\rightarrow 100 - 17,62 = \frac{82,38 N_2}{3,76} = 21,91 O_2$$

**Ecuación Igualada:**

$$C_x H_y + 82,38 N_2 + 21,91 O_2 = 0 CO + 14,6 CO_2 + 3,02 O_2 + a H_2O$$

<u>Carbonos:</u>	<u>Oxígeno</u>
$x = 14,6$	$21,91(2) = 14,6(2) + 3,02(2) + a$
<u>Hidrógeno</u>	$43,82 = 29,2 + 6,04 + a$
$y = 2(a)$	$a = 8,58$
$y = 8,58(2)$	
$y = 17,16$	

**C<sub>14,6</sub> H<sub>17,16</sub>**

- Cálculos gasolina Extra y Ravenol, prueba en ralentí y a 2500RPM

**Cálculo Gasolina Extra con aditivo Ravenol (Ralentí)**

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0 \\ CO_2 = 14,8 \\ O_2 = 0,46 \\ HC = 3 \end{array} \right\} 15,26$$

$$\rightarrow 100 - 15,26 = \frac{84,74 N_2}{3,76} = 22,54 O_2$$

**Ecuación Equilibrada:**

$$C_x H_y + 84,74 N_2 + 22,54 O_2 = 0 CO + 14,8 CO_2 + 0,46 O_2 + a H_2O$$

<b>Carbonos</b>	<b>Oxígeno</b>
$x = 14,8$	$22,54 (2) = 14,8 (2) + 0,46 (2) + a$
<b>Hidrógeno</b>	$45,08 = 29,6 + 0,92 + a$
$y = 2a$	$a = 14,56$
$y = 29,12$	

$C 14,8 \quad H 29,12$

**Cálculo Gasolina Extra con aditivo Ravenol (2500 RPM)**

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0,65 \\ CO_2 = 14,9 \\ O_2 = 0,23 \\ HC = 3 \end{array} \right\} 15,78$$

$$\rightarrow 100 - 15,78 = \frac{84,22 N_2}{3,76} = 22,40 O_2$$

**Ecuación Equilibrada:**

$$C_x H_y + 84,22 N_2 + 22,40 O_2 = 0,65 CO + 14,9 CO_2 + 0,23 O_2 + a H_2O$$

<b>Carbonos</b>	<b>Oxígeno</b>
$x = 0,65 + 14,9$	$22,40 (2) = 0,65 + 14,9 (2) + 0,23 (2) + a$
$x = 15,55$	$44,8 = 0,65 + 29,8 + 0,46 + a$
<b>Hidrógeno</b>	$a = 13,89$
$y = 2a$	
$y = 27,78$	

$C 15,55 \quad H 27,78$

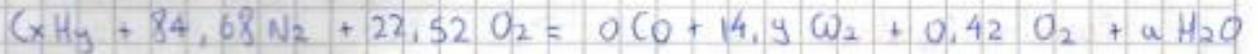
- Cálculos gasolina Extra y Liqui Moly, prueba en ralentí y a 2500RPM

### Cálculos Gasolina Extra con aditivo Liqui Moly (Rebomti)

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO} = 0 \\ \text{CO}_2 = 14,9 \\ \text{O}_2 = 0,42 \\ \text{HC} = 1 \end{array} \right\} 15,32$$

$$\rightarrow 100 - 15,32 = \frac{84,68 \text{ N}_2}{3,76} = 22,52 \text{ O}_2$$

Ec. Igualada:



Carbonos

$$x = 14,9$$

Hidrógeno

$$y = 2(a)$$

$$y = 28,8$$

Oxígeno

$$22,52(2) = 14,9(2) + 0,42(2) + a$$

$$45,04 = 29,8 + 0,84 + a$$

$$a = 14,4$$

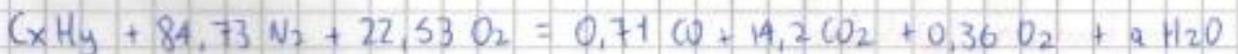
$$\boxed{\text{C } 14,9 \text{ H } 28,8}$$

### Cálculo Gasolina Extra con aditivo Liqui Moly (2500 RPM)

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO} = 0,71 \\ \text{CO}_2 = 14,2 \\ \text{O}_2 = 0,36 \\ \text{HC} = 12 \end{array} \right\} 15,27$$

$$\rightarrow 100 - 15,27 = \frac{84,73 \text{ N}_2}{3,76} = 22,53 \text{ O}_2$$

Ecación Igualada:



Carbono

$$x = 0,71 + 14,2$$

$$x = 14,91$$

Hidrógeno

$$y = 2a$$

$$y = 2(15,23)$$

$$y = 30,46$$

Oxígeno

$$22,53(2) = 0,71 + 14,2(2) + 0,36(2) + a$$

$$45,06 = 29,83 + a$$

$$a = 15,23$$

$$\boxed{\text{C } 14,91 \text{ H } 30,46}$$

- Cálculos gasolina Extra y Bardhal, prueba en ralentí y a 2500RPM

Calculos gasolina Extra y aditivo Bardhal (Ralentí)

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0,01 \\ CO_2 = 15,1 \\ O_2 = 0,38 \\ HC = 13 \end{array} \right\} 15,49$$

$$\rightarrow 100 - 15,49 = \frac{84,51 N_2}{3,76} = 22,48 O_2$$

Ecuación Equilada:

$$C_x H_y + 84,51 + 22,48 O_2 = CO(0,01) + 15,1 CO_2 + 0,38 O_2 + a H_2O$$

Carbonos

$$x = 0,01 + 15,1$$

$$x = 15,11$$

Hydrogenos

$$y = 2a$$

$$y = 27,98$$

Oxigeno

$$22,48(2) = 0,01 + 15,1(2) + 0,38(2) + a$$

$$44,96 = 0,01 + 30,2 + 0,76 + a$$

$$a = 13,98$$

C 15,11 H 27,98

---

Calculos gasolina Extra y aditivo Bardhal (2500 RPM)

$$\left. \begin{array}{l} CO = 1,61 \\ CO_2 = 14 \\ O_2 = 0,23 \\ HC = 288 \end{array} \right\} 15,84$$

$$\rightarrow 100 - 15,84 = \frac{84,16 N_2}{3,76} = 22,38 O_2$$

Ecuación Equilada:

$$C_x H_y + 84,16 N_2 + 22,38 O_2 = 1,61 CO + 14 CO_2 + 0,23 O_2 + a H_2O$$

Carbonos

$$x = 1,61 + 14$$

$$x = 15,61$$

Hydrogenos

$$y = 2a$$

$$y = 29,38$$

Oxigeno

$$22,38(2) = 1,61 + 14(2) + 0,23(2) + a$$

$$44,76 = 1,61 + 28 + 0,46 + a$$

$$a = 14,69$$

C 15,61 H 29,38

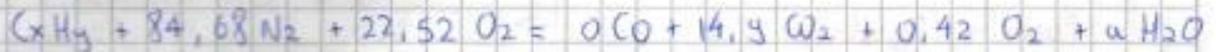
- Cálculos gasolina Extra y Qualco , prueba en ralentí y a 2500RPM

### Cálculos Gasolina Extra con aditivo Liqui Moly (Rebomti)

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0 \\ CO_2 = 14,9 \\ O_2 = 0,42 \\ HC = 1 \end{array} \right\} 15,32$$

$$\rightarrow 100 - 15,32 = \frac{84,68 N_2}{3,76} = 22,52 O_2$$

Ec. Equilada:



Carbonos

$$x = 14,9$$

Hidrógeno

$$y = 2(a)$$

$$y = 28,8$$

Oxígeno

$$22,52(2) = 14,9(2) + 0,42(2) + a$$

$$45,04 = 29,8 + 0,84 + a$$

$$a = 14,4$$

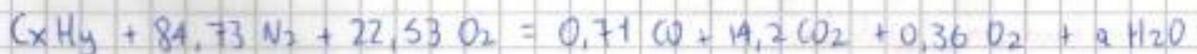
$$\boxed{C 14,9 \quad H 28,8}$$

### Cálculo Gasolina Extra con aditivo Liqui Moly (2500 RPM)

$$\left. \begin{array}{l} CO = 0,71 \\ CO_2 = 14,2 \\ O_2 = 0,36 \\ HC = 12 \end{array} \right\} 15,27$$

$$\rightarrow 100 - 15,27 = \frac{84,73 N_2}{3,76} = 22,53 O_2$$

Ecación Equilada:



Carbono

$$x = 0,71 + 14,2$$

$$x = 14,91$$

Hidrógeno

$$y = 2a$$

$$y = 2(15,23)$$

$$y = 30,46$$

Oxígeno

$$22,53(2) = 0,71 + 14,2(2) + 0,36(2) + a$$

$$45,06 = 29,83 + a$$

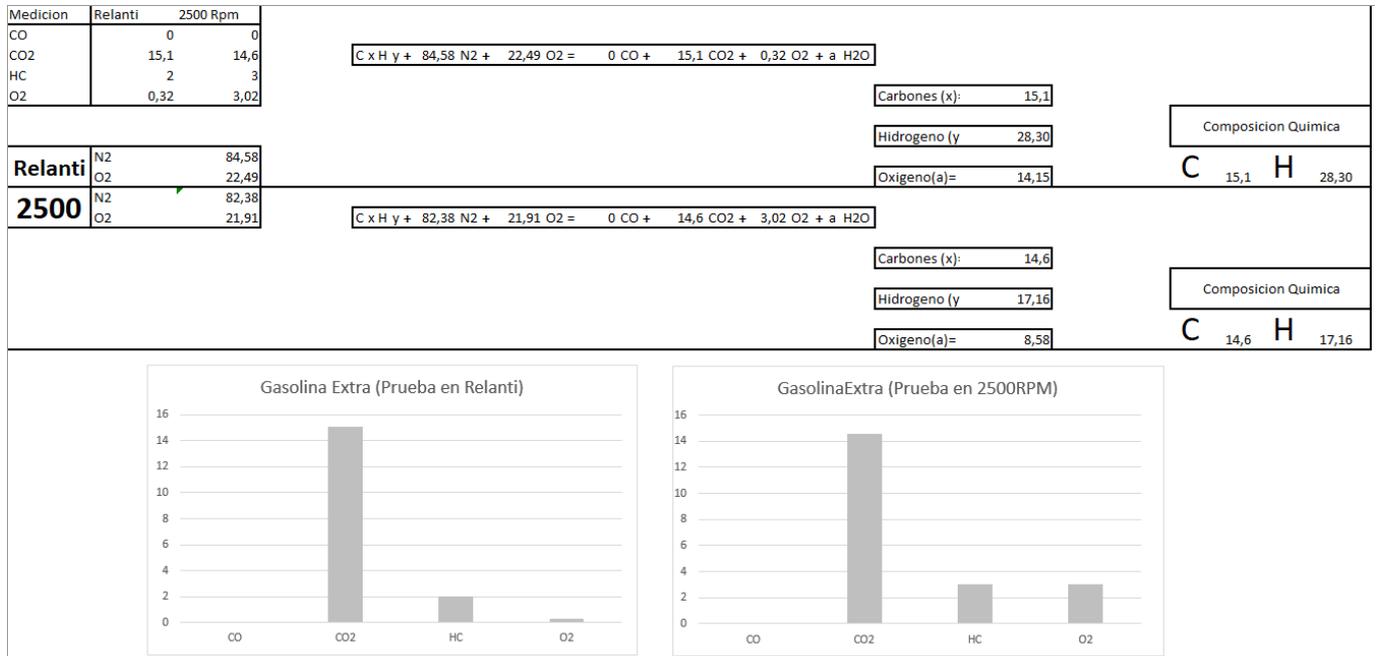
$$a = 15,23$$

$$\boxed{C 14,91 \quad H 30,46}$$

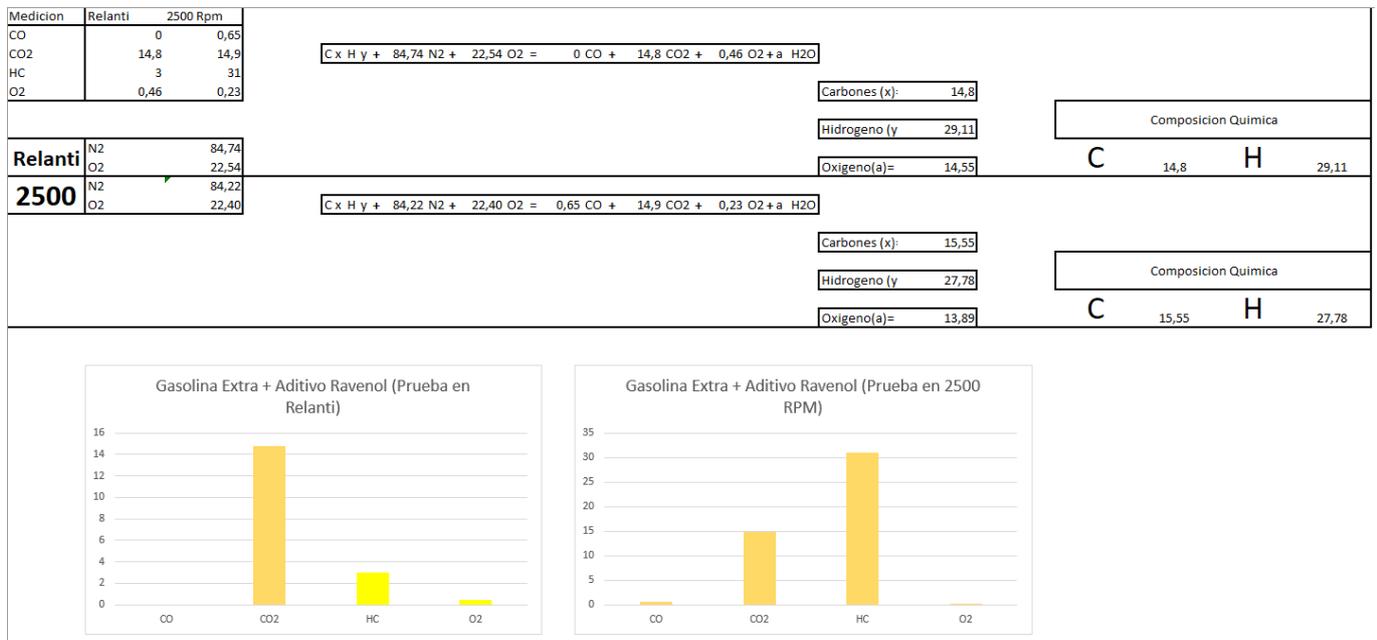
### Anexo 19: Elaboración de modelo matemático y graficas

Realización de modelo matemático en Excel para cada mezcla de combustible y sus respectivas graficas

- Realización de modelo matemático y gráfica para gasolina Extra sin aditivos, prueba en ralentí y a 2500RPM



- Realización de modelo matemático y gráfica Extra y Ravenol, prueba en ralentí y a 2500RPM



- Realización de modelo matemático y grafica Extra y Liqui Moly, prueba en ralentí y a 2500RPM

Medicion	Relanti	2500 Rpm
CO	0	0,71
CO2	14,9	14,2
HC	1	12
O2	0,42	0,36

$C \times H \ y \ + \ 84,68 \ N2 \ + \ 22,52 \ O2 = \ 0 \ CO \ + \ 14,9 \ CO2 \ + \ 0,42 \ O2 \ + \ a \ H2O$		
Carbones (x):	14,9	
Hidrogeno (y)	28,81	
Oxigeno(a)=	14,40	
Composicion Quimica		
C	14,9	H
		28,81

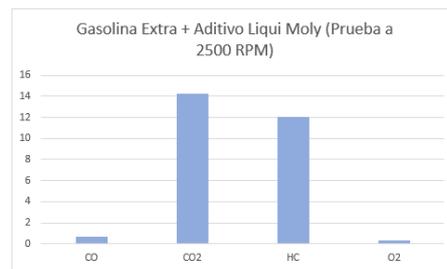
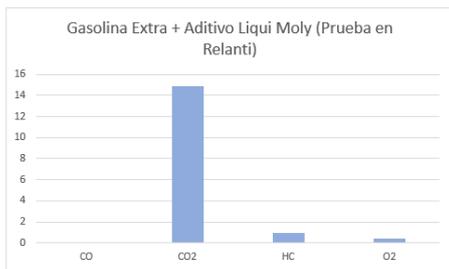
Relanti	N2	84,68
O2	22,52	

2500	N2	84,73
O2	22,53	

$C \times H \ y \ + \ 84,73 \ N2 \ + \ 22,53 \ O2 = \ 0,71 \ CO \ + \ 14,2 \ CO2 \ + \ 0,36 \ O2 \ + \ a \ H2O$		
Carbones (x):	14,91	
Hidrogeno (y)	30,48	
Oxigeno(a)=	15,24	
Composicion Quimica		
C	14,91	H
		30,48



- Realización de modelo matemático y grafica Extra y Bardhal, prueba en ralentí y a 2500RPM

Medicion	Relanti	2500 Rpm
CO	0,01	1,61
CO2	15,1	14
HC	13	288
O2	0,38	0,23

$C \times H \ y \ + \ 84,51 \ N2 \ + \ 22,48 \ O2 = \ 0,01 \ CO \ + \ 15,1 \ CO2 \ + \ 0,38 \ O2 \ + \ a \ H2O$		
Carbones (x):	15,11	
Hidrogeno (y)	27,96	
Oxigeno(a)=	13,98	
Composicion Quimica		
C	15,11	H
		27,96

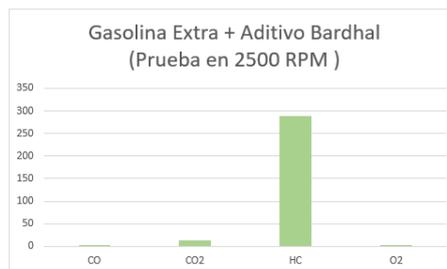
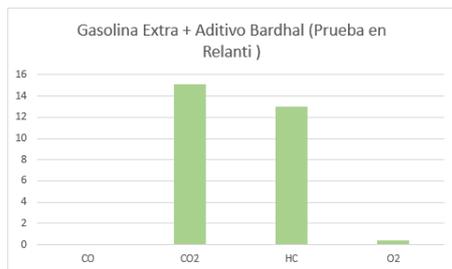
Relanti	N2	84,51
O2	22,48	

2500	N2	84,16
O2	22,38	

$C \times H \ y \ + \ 84,16 \ N2 \ + \ 22,38 \ O2 = \ 1,61 \ CO \ + \ 14 \ CO2 \ + \ 0,23 \ O2 \ + \ a \ H2O$		
Carbones (x):	15,61	
Hidrogeno (y)	29,39	
Oxigeno(a)=	14,70	
Composicion Quimica		
C	15,61	H
		29,39



- Realización de modelo matemático y grafica Extra y Qualco , prueba en ralentí y a 2500RPM

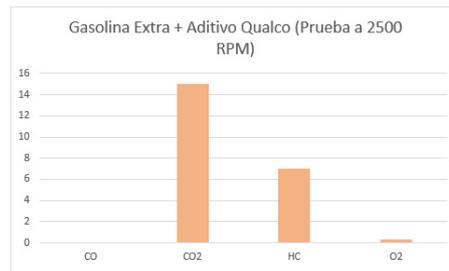
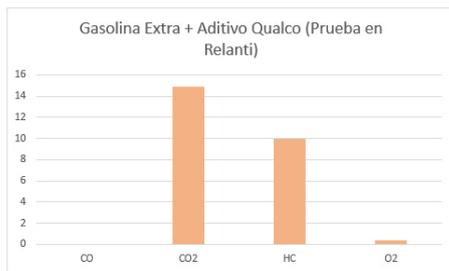
Medicion	Relanti	2500 Rpm
CO	0	0
CO2	14,9	15
HC	10	7
O2	0,39	0,28

$C \times H \gamma + 84,71 N_2 + 22,53 O_2 = 0 CO + 14,9 CO_2 + 0,39 O_2 + a H_2O$	Carbones (x): 14,9	Composicion Quimica <b>C</b> 14,9 <b>H</b> 28,96
	Hidrogeno (y) 28,96	
	Oxigeno(a)= 14,48	

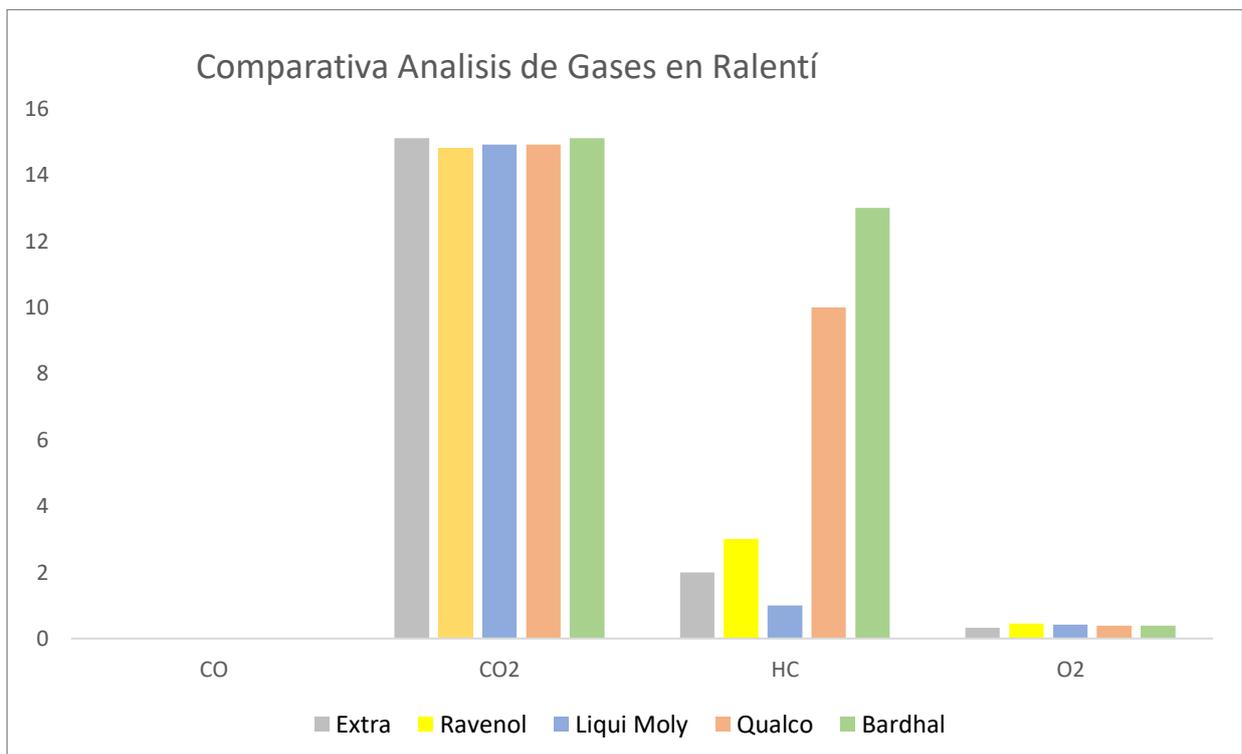
  

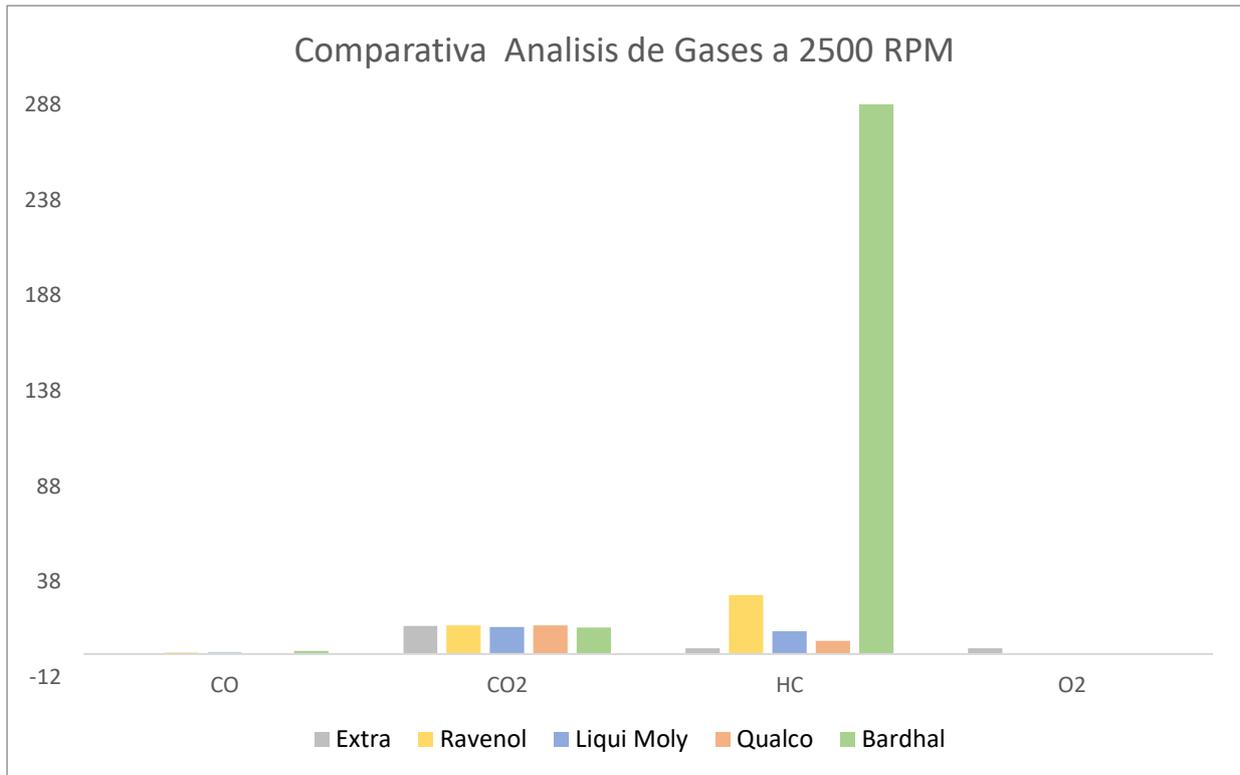
$C \times H \gamma + 84,72 N_2 + 22,53 O_2 = 0 CO + 15 CO_2 + 0,28 O_2 + a H_2O$	Carbones (x): 15	Composicion Quimica <b>C</b> 15 <b>H</b> 29,01
	Hidrogeno (y) 29,01	
	Oxigeno(a)= 14,50	



### Anexo 20: Gráfica general

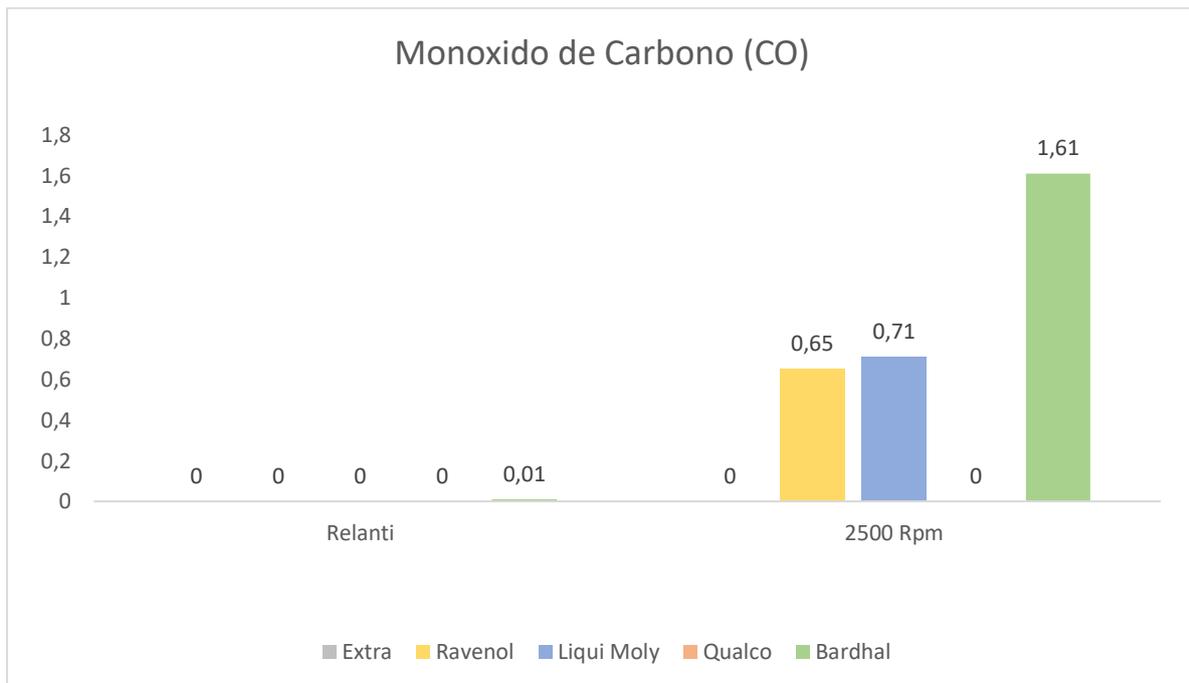
Gráfica de todos los resultados obtenidos con el analizador de gases, prueba en ralentí y a 2500 rpm.





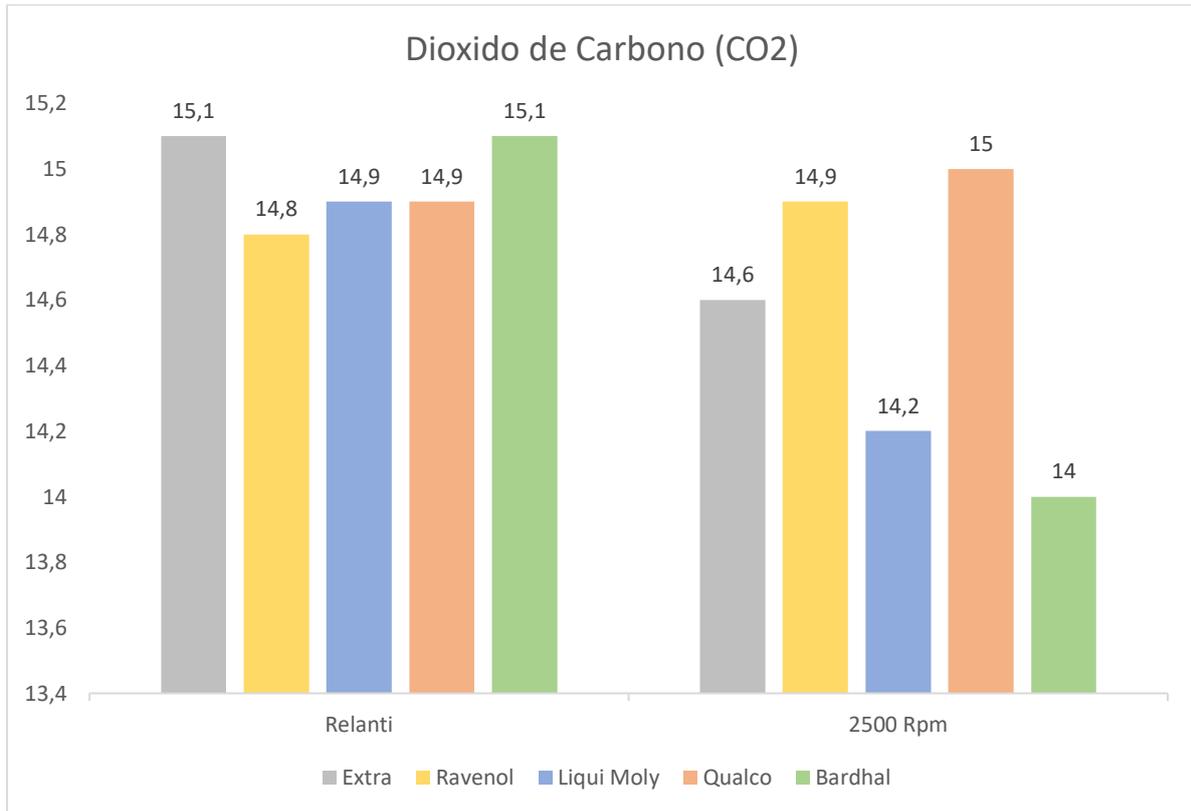
**Anexo 21: Gráfica de CO**

Gráfica de emisiones de Monóxido de Carbono (CO) con cada mezcla realizada.



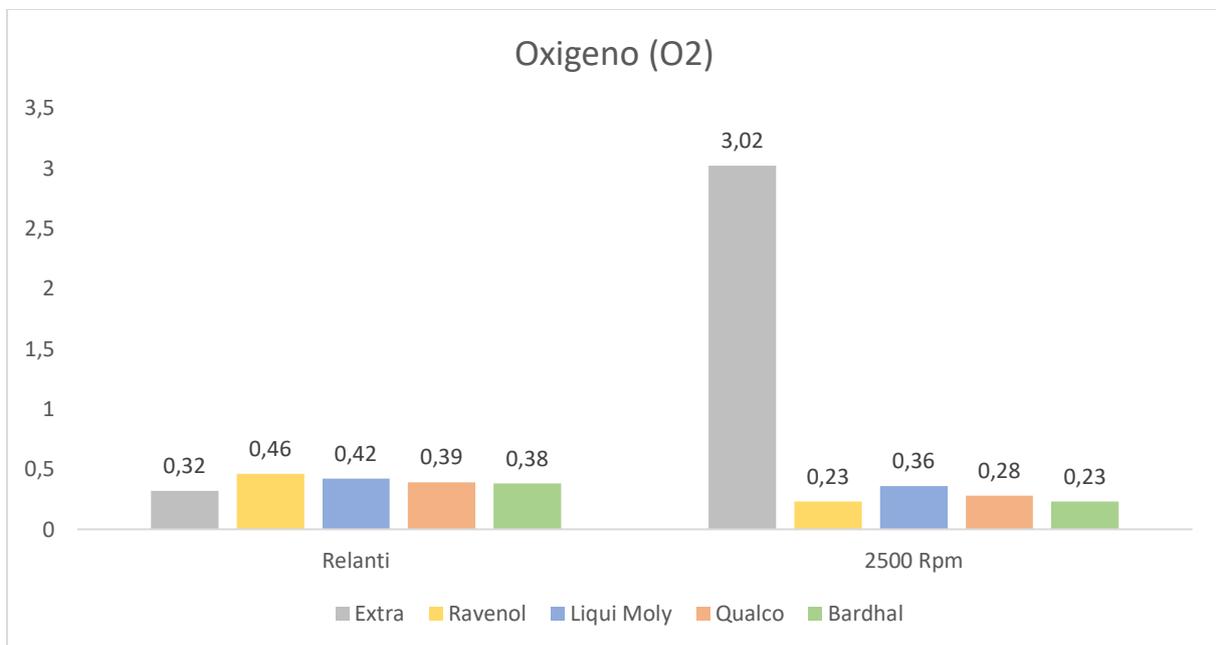
**Anexo 22: Gráfica de CO2**

Gráfica de emisiones de Dióxido de Carbono (CO2) con cada mezcla realizada.



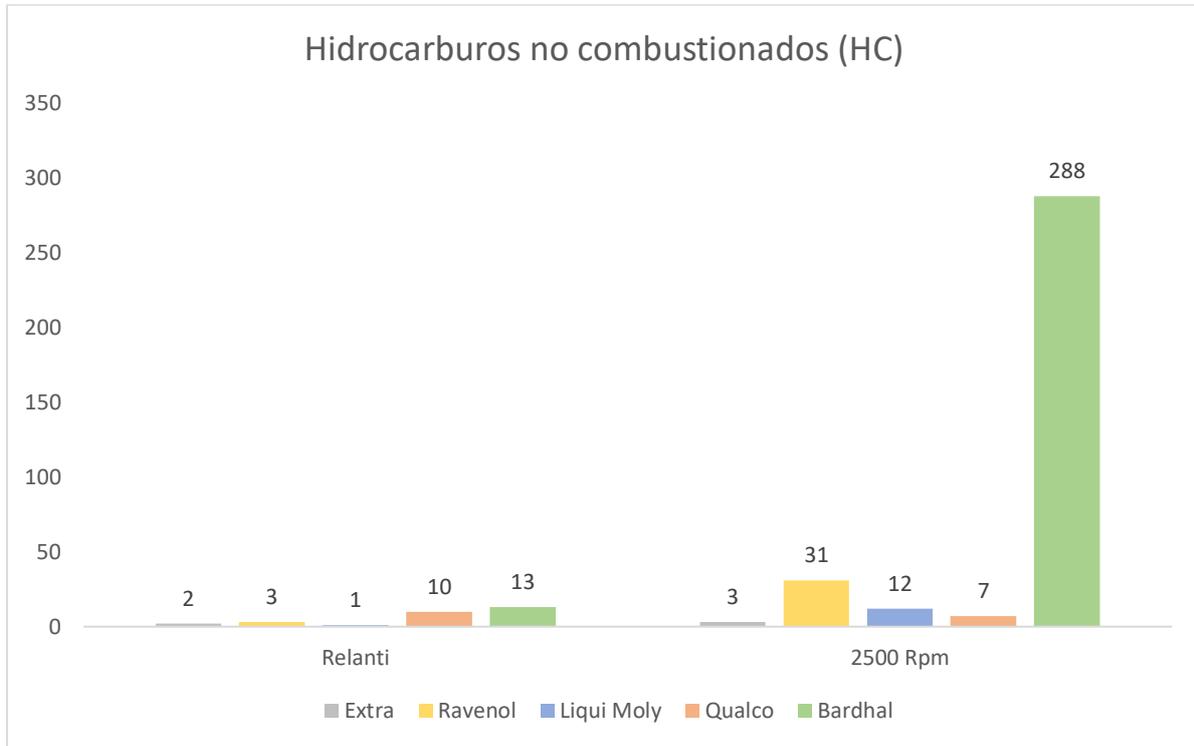
**Anexo 23: Gráfica de O2**

Gráfica de emisiones de Oxígeno (O2) con cada mezcla realizada.



**Anexo 24: Gráfica de HC**

Gráfica de emisiones de Hidrocarburos no Combustionados (HC) con cada mezcla realizada.



**Anexo 25: Resultados de composiciones químicas**

Resultados de la composición química de cada mezcla realizada con la fórmula de Faires Virgil.

Gasolina Extra 87

Composicion Quimica	
C	H
15,1	28,30

Gasolina Extra 87 octanos + Ravenol

Composicion Quimica	
C	H
14,8	29,11

Gasolina Extra 87 octanos + Liqui Moly

Composicion Quimica	
C	H
14,9	28,81

Gasolina Extra 87 octanos + Qualco

Composicion Quimica	
C	H
14,9	28,96

Gasolina Extra 87 octanos + Bardhal

Composicion Quimica	
C	H
15,61	29,39

### ***Anexo 26: Evidencia de cambio de color en las mezclas***

Cambio de color en las mezclas de combustible por la presencia de aditivo.



### ***Anexo 27: Prueba de Octanaje***

Prueba de Octanaje a la gasolina Extra y Liqui Moly

- Una vez se determinó el aditivo que mejor desempeño tuvo en el vehículo respecto a la variación de gases contaminantes, se procedió a realizar una comprobación de Octanaje para evaluar si en realidad el aditivo Octane Booster de Liqui Moly cumplió con su función de elevador, esta práctica se la pudo desarrollar con la ayuda de talleres Marcelo Redín quien dispone del instrumento de medida para la medición de Octanaje en combustibles.



**Anexo 28: Medición de Octanaje gasolina Extra**

Prueba de octanaje gasolina Extra en la cual se evidencia un valor de 89 octanos.



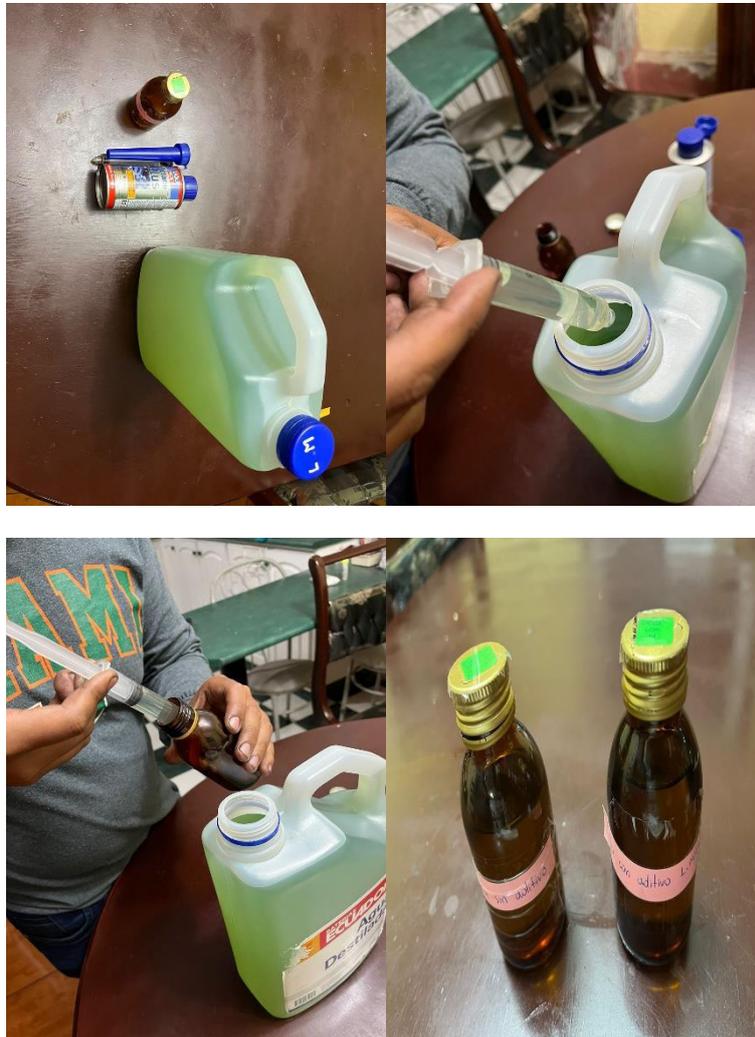
**Anexo 29: Medición de Octanaje gasolina Extra mas aditivo**

Prueba de octanaje gasolina Extra más Liqui Moly en la cual se evidencia un valor de 90 octanos.



### ***Anexo 30: Etiquetado y envasado de muestras para análisis***

- Nuevamente con el aditivo con mejores prestaciones se procedió a envasar en un frasco color ámbar de vidrio de 120ml para ser enviado a análisis en la Facultad de Ingeniería química de la Universidad Central del Ecuador para poder evidenciar el porcentaje de Hidrógeno y Carbono que componen al combustible Extra en estado natural y al ser expuesto a una mezcla con aditivo.



Anexo 31: Resultados del análisis elemental gasolina Extra



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
 ÁREA DE PETRÓLEOS

Informe N°: 22-186.1  
 Fecha de emisión: 2022-08-31

**Cliente:** GUSTAVO PAUL SALAZAR MORÁN  
**Contacto:** Sr. Gustavo Salazar  
**Dirección:** Guarderas N47-418  
**Teléfono:** 0981092619 / 2457739 **Correo-e:** [paulsm98@gmail.com](mailto:paulsm98@gmail.com)  
**Tipo de muestra:** GASOLINA EXTRA  
**Descripción de la muestra:** Extra sin aditivo  
**Condición de la Muestra:** Muestra en envase de vidrio ámbar, sin refrigeración  
**Fecha de ingreso de muestra:** 2022-08-22  
**Código de la muestra:** 22-186.1  
**Fecha de realización de ensayos:** 2022-08-30  
**Lugar donde se realizaron los ensayos:** Laboratorio DPEC - Área de Investigación

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL*</b>				
Carbono*	% P/p	DUMAS (combustión)	70,263	-
Hidrógeno*			22,416	-
Nitrógeno*			0,068	-
Azufre*			0,139	-

**Nota:** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.  
**Nota:** Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.  
**Nota:** Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

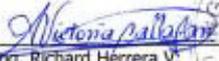
**Condiciones Ambientales.** - Presión: 543,2 a 544,0 mm Hg. Temperatura: 17,7 a 19,6 °C

<sup>a</sup> Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analistas: DRA  
 Elaborado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:

  
 Ing. Richard Herrera V.  
 RESPONSABLE TÉCNICO

  
 Ing. Fernanda Toasa L.  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

**ADVERTENCIA:** EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

*Anexo 32: Resultados del análisis elemental gasolina Extra con aditivo*



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



**INFORME DE RESULTADOS**  
**ÁREA DE PETRÓLEOS**

Informe N°: 22-186.2  
 Fecha de emisión: 2022-08-31

**Cliente:** GUSTAVO PAUL SALAZAR MORÁN  
**Contacto:** Sr. Gustavo Salazar  
**Dirección:** Guarderas N47-418  
**Teléfono:** 0981092619 / 2457739 **Correo-e:** paulsm98@gmail.com  
**Tipo de muestra:** GASOLINA EXTRA CON ADITIVO  
**Descripción de la muestra:** Extra con aditivo  
**Condición de la Muestra:** Muestra en envase de vidrio ámbar, sin refrigeración  
**Fecha de ingreso de muestra:** 2022-08-22  
**Código de la muestra:** 22-186.2  
**Fecha de realización de ensayos:** 2022-08-30  
**Lugar donde se realizaron los ensayos:** Laboratorio DPEC - Área de Investigación

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO / TÉCNICA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)
<b>ANÁLISIS ELEMENTAL*</b>				
Carbono*	% P/p	DUMAS (combustión)	83,240	-
Hidrógeno*			28,615	
Nitrógeno*			0,385	-
Azufre*			0,000	-

**Nota:** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.  
**Nota:** Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.  
**Nota:** Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

**Condiciones Ambientales.** - Presión: 543,2 a 544,0 mm Hg. Temperatura: 17,7 a 19,6 °C

\* Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analista: DRA  
 Elaborado por: VRT

Revisado por:

Aprobado por:

x Ing. Richard Herrera V.  
 RESPONSABLE TÉCNICO



Ing. Fernanda Toasa L.  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

**ADVERTENCIA:** EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO.  
 EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Dirección: Enrique Ríber s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
 QUITO - ECUADOR

E-mail: [fig.seccatada.dpec@uce.edu.ec](mailto:fig.seccatada.dpec@uce.edu.ec)

MC2201-P01-8

Hoja 2 de 2

