

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ECUADOR**

**Facultad de Ingeniería Automotriz**

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ**

**Adaptación de un sistema dual de combustible en un motor de  
cuatro tiempos 125cc a carburador en un banco de pruebas, para  
análisis de funcionamiento en gasolina y etanol.**

**Rubén Alberto Arévalo Paredes**

**Dir. Ing. José Luis del Pozo**

**2010**

**Quito, Ecuador**

## CERTIFICACIÓN

Yo, Rubén Alberto Arévalo Paredes, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los Efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

-----

Rubén Alberto Arévalo Paredes

CI: 1712342177

Yo, Ing. José Luis del Pozo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Rubén Alberto Arévalo Paredes, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

-----

Ing. José Luis del Pozo

Director de Tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Por medio de estas líneas quiero expresar mis más sinceros agradecimientos, a todas y cada una de las personas que con su apoyo, amor y conocimiento, han sido parte importante en la elaboración de este proyecto.

Principalmente, quiero agradecer a Dios, por cada cosa que ha puesto en mi vida, al permitirme estudiar y salir adelante en la elaboración de este proyecto; también al concederme por gracia, todos los recursos necesarios para culminar este proyecto. Al mismo tiempo estoy agradecido, por los padres que me ha dado, ya que han sido un pilar fundamental en este proceso académico; gracias por su amor, apoyo, paciencia y sobre todo por inculcar en mí valores cristianos, los cuales son y serán en mi vida, la senda que guíe mi camino.

De igual forma, quiero agradecer a Carolina Rivadeneyra por su gran apoyo en los momentos más difíciles, por su colaboración desinteresada y apoyo cuando más lo necesite. A la Universidad Internacional del Ecuador, por abrir mis horizontes hacia las nuevas tecnologías, a través de sus maestros. De igual manera, a mi director de tesis el Ing. José Luis del Pozo, por su apoyo y asesoramiento en la presente tesis.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera han sido un respaldo tanto moral, intelectual y económico; a ellos va dirigido mi más profundo agradecimiento.

## **DEDICATORIA**

En este punto de mi vida, termina una etapa y comienza otra. La vida es una sin fin de comienzos, los cuales solo concluirán al finalizar nuestros días.

Quiero dedicar esta tesis, a quienes son parte de cada comienzo, los cuales, día a día, con su amor, cariño, respeto y consideración son un pilar fundamental en mi desarrollo personal.

A mis padres y hermanos que son parte de mi vida, con quienes he compartido gran parte de ella, gracias por sus risas, lágrimas, amor y comprensión, por dar sin recibir nada a cambio, y ser parte esencial de quien ahora soy, por eso y mucho más, esto es dedicado a ustedes.

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO DE TESIS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**ESCUELA DE “MECÁNICA AUTOMOTRIZ”**

**TÍTULO:** Adaptación de un sistema dual de combustible en un motor de cuatro tiempos 125cc a carburador en un banco de pruebas, para análisis de funcionamiento en gasolina y etanol.

**AUTOR:** Sr. Rubén Arévalo P.

**DIRECTOR:** Ing. José Luis del Pozo

**ENTIDAD QUE AUSPICIO LA TESIS:** Ninguna

**FINANCIAMIENTO:** No

**PREGRADO:** Si

**FECHA DE ENTREGA DE LA TESIS:** 26 de Agosto de 2010

**GRADO ACADEMICO OBTENIDO:** Ingeniero en Mecánica Automotriz

**No. Págs.:** 157

**No. Ref. Bibliográficas:** 13 Libros, 9 páginas de internet.

**No Anexos:** 4

**No Planos:** 2

## **SINTESIS**

La presente tesis, se encuentra constituida de cuatro capítulos, en cada uno de ellos, se detalla claramente el tema general, proporcionando: una síntesis, ejemplos, cuadros y pruebas realizadas en el transcurso de la misma.

En el capítulo primero, se analiza la historia del etanol, donde se realiza una síntesis histórica del mismo. También se toca puntos importantes del ámbito mundial petrolero, con respecto a su influencia sobre el etanol como combustible para vehículos. En un segundo plano, se analiza la extracción del etanol a partir de materias orgánicas. Brevemente, recopilaremos la composición química del etanol y sus beneficios energéticos, frente a la gasolina.

El capítulo segundo, se refiere al motor de 4 tiempos 125cc a gasolina, en donde se hace un estudio detallado del motor en si, tal como viene de la fábrica que lo produce; se analizan brevemente sus componentes, partes y funcionamiento. Al cerrar este capítulo, se hace hincapié en la cantidad de emisiones contaminantes que el mismo está emitiendo hacia la atmosfera.

Hablando del capítulo tercero, nos vamos a centrar en el proceso de flexibilización del motor 125cc gasolina etanol, nos referiremos al principio básico de funcionamiento de un motor con etanol y principalmente se hablará de la construcción en si del banco de pruebas de etanol, explicaremos detalladamente su construcción, tipos de materiales usados, cantidades y su forma de uso.

Finalmente, el capítulo cuarto, está dirigido, a un análisis comparativo del motor a gasolina vs el motor flexibilizado, en donde se realizarán varias pruebas físicas en el motor, de esta manera, comprobando los beneficios y defectos de un

combustible y otro. Para culminar la presente tesis, se hace un análisis de futuras aplicaciones industriales del proyecto, la forma de cómo, implementar una planta procesadora de desechos orgánicos, para luego convertirlos en bioetanol.

Este proyecto, aporta a la profesión de Ingeniería Automotriz, ya que es un inicio en el nuevo mundo de los biocombustibles, el cual, se encuentra en auge. La contaminación global está deteriorando el aire que respiramos, es por eso que reducir las emisiones de los vehículos, usando biocombustibles, de una manera natural, es el futuro de la Ingeniería Automotriz.

Hablando del aporte a la sociedad, el impacto es grande. Se sabe que los vehículos de combustión interna, son los principales responsables del calentamiento global y el cambio climático.

Todos estos parámetros, afectan directamente a la sociedad, ya que existen desastres naturales, escases de fuentes de agua, un aire de pésima calidad, y los más importante, una falta de alimentos; es por eso que el uso de un combustible más limpio, que genere menos emisiones perjudiciales al aire, contribuye directamente como una solución a la sociedad, en todos los aspectos antes mencionados.

Como sugerencia para futuras investigaciones, sería conveniente, seguir desarrollando este proyecto, pero enfocado al uso ya de vehículos comerciales, con un universo mayor; otra sugerencia, será, investigar la obtención de etanol por medio de celulosis, esta tecnología, se encuentra en desarrollo recientemente, pero muestra ser en un futuro muy cercano, la mejor opción para obtener bioetanol.

**PALABRAS CLAVES:**

- Etanol
- Biocombustible
- Bioetanol
- Gasolina
- Destilación
- Motor 125cc
- Calentamiento global
- Emisiones de gases
- CO
- HC

**FIRMAS:**

---

Ing. José Luis del Pozo

DIRECTOR TESIS

---

Sr. Rubén Arévalo P.

GRADUADO



**INTERNATIONAL UNIVERSITY OF ECUADOR**

**THESIS BIBLIOGRAPHY REGISTRATION FORM**

**DEPARTMENT OF AUTOMOTIVE POWER MECHANICS**

**TITLE:** Adaptation of a dual fuel system in a four stroke 125cc carburetor engine on a test workbench for the functional analysis on gasoline and ethanol.

**AUTHOR:** Mr. Ruben Arévalo P.

**DIRECTOR:** Engineer José Luis del Pozo

**DATE OF THESIS PRESENTATION:** August 26<sup>th</sup> 2010

**No. Pgs:** 157

**No. of Bibliographical References:** 13 books, 9 web pages.

**No. Appendix:** 4

**No. Plans:** 2

## **ABSTRACT:**

This thesis is composed of four chapters, each of them clearly outlining the overall theme as well as providing a synthesis, examples, tables and test.

In the first chapter, we examine the history of ethanol from its beginnings as a fuel used for lighting homes to its implementation in the automotive industry. The chapter also touches on important topics in the global oil markets with respect to its influence on ethanol as a fuel for vehicles.

In the second part of the chapter, we discuss the extraction of ethanol from organic materials, in which we study step by step the distillation extraction processes for subsequent use in internal combustion engines. We collect the chemical composition of ethanol and compare its energy benefits to gasoline. The chapter concludes with discussing the types of ethanol blends possible to use within a motor.

We begin the second chapter with the 4 stroke 125cc gasoline engine, where we make a detailed study of the engine itself as it comes from the factory where it is produced. We then briefly discuss the components, parts and operation. The chapter concludes with an emphasis on the amount of emissions that are being released into the atmosphere so we will then be able to determine the amount of pollution that is released with no modification. These measures are quantified and tabulated for future comparison later.

In the third chapter, we focus on the process of **relaxation** of a 125cc ethanol gasoline motor and discuss the basic principle of operation of an engine with ethanol. We also talk about the construction of the ethanol test and explain in

detail the construction, types of materials and quantities used and the way the test can be used.

The chapter concludes with the ending of the test and the engine installed and running with the ethanol as well as explaining the adjustments and changes required in achieving this.

Finally, the fourth chapter is aimed at a comparative analysis of a gas engine vs. a flexible engine, where we perform several physical tests on the engine and prove the benefits and drawbacks of each type of fuel, and focus specifically on the amount of pollutant emissions from each ethanol gasoline blend. We also determine the fuel consumption of the motor for each type of fuel. In conclusion of this thesis, we analyze the future industrial applications of the project such as how to implement an organic waste processing plant in order to turn the byproduct into bioethanol. We could then process this fuel, which is derived from garbage, to supply power in differing concentrations in the city and thus actually improve the air quality in the city of Quito.

This project will greatly benefit the automotive engineering industry since it is advancement in the new world of biofuels, which, as we all know, is booming today. Global pollution is harming the air we breathe and that is why if we can reduce emissions from vehicles that we use every day by using biofuel naturally, in a way that can be regenerated, we can make a great contribution to the industry. The contribution of this project to society and the impact is large as we know that internal combustion vehicles are the main causes of global warming and climate change. This global warming is directly affecting society itself. In the past, our change of seasons were very well defined. Now, the weather is becoming more

extreme with strong winters, high rainfall and high summer temperatures never before seen. All these things directly affect society as there are more natural disasters, scarcer water sources, worse air quality, and most importantly, a shortage of food.

That's why using a **ms** clean fuel that generates less harmful air emissions can be a solution to all of the negative effects previously mentioned.

A suggestion for future research in order to further develop this project would be to focus on the use of commercial vehicles with a larger test population and a wider range of vehicle types such as work vehicles, passenger vehicles and vehicles used for long trips. It would be necessary to verify the level of pollutant emissions in the different engines and under different conditions.

Another suggestion is to investigate obtaining ethanol by cellulosis. This technology has recently begun to be developed but proves to be available in the very near future and could be the best option for bioethanol that is derived from many of the same elements that today are the cause of pollution.

**KEY WORDS:**

- Ethanol
- Biofuel
- Bioethanol
- Gasoline
- Distillation
- 125cc Engine

- Global Warming
- Gas Emissions
- CO
- HC

SIGNATURES:

---

Engineer José Luis del Pozo

THESIS DIRECTOR

---

Mr. Rubén Arévalo P.

GRADUATE

## **INDICE GENERAL**

|                                                                                              | <b>Pag</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPITULO 1.....</b>                                                                       | <b>1</b>   |
| <b>GENERALIDADES .....</b>                                                                   | <b>1</b>   |
| 1.1. HISTORIA DEL ETANOL .....                                                               | 1          |
| 1.1.1 <i>Análisis preliminar</i> .....                                                       | 1          |
| 1.1.2 <i>Estado actual petrolero</i> .....                                                   | 2          |
| 1.1.3 <i>Síntesis Histórica</i> .....                                                        | 4          |
| 1.2 EXTRACCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA TIPOS Y<br>BENEFICIOS ENERGETICOS..... | 8          |
| 1.2.1 <i>Qué es el Etanol?</i> .....                                                         | 8          |
| 1.2.2 <i>En qué se utiliza el Etanol.</i> .....                                              | 10         |
| 1.2.3 <i>Grupo de materias primas orgánicas para extraer etanol.</i> .....                   | 12         |
| 1.2.3.1 <i>Producción y Obtención del Bioetanol.</i> .....                                   | 12         |
| 1.3. INDUSTRIALIZACIÓN DEL ETANOL PARA USO AUTOMOTRIZ. ....                                  | 17         |
| 1.3.1 <i>El etanol usado como combustible.</i> .....                                         | 17         |
| 1.3.2 <i>Tipos de mezclas etanol gasolina.</i> .....                                         | 19         |
| 1.3.3 <i>El etanol usado como aditivo para combustibles.</i> .....                           | 20         |
| 1.3.4 <i>Análisis comparativo gasolina etanol.</i> .....                                     | 22         |
| <b>CAPITULO 2.....</b>                                                                       | <b>27</b>  |
| <b>MOTOR 125CC DE CUATRO TIEMPOS A GASOLINA .....</b>                                        | <b>27</b>  |
| 2.1. MECANISMOS DEL MOTOR .....                                                              | 27         |
| 2.1.1 <i>Generalidades del motor 125cc.</i> .....                                            | 27         |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR.....                                                | 28        |
| 2.2.1 <i>El motor</i> .....                                                       | 28        |
| 2.2.1.1 Motor de combustión Interna.....                                          | 28        |
| 2.2.2 <i>Sistema de alimentación de combustible</i> .....                         | 33        |
| 2.2.3 <i>Sistema eléctrico y electrónico</i> .....                                | 41        |
| 2.2.3.1 Sistema eléctrico .....                                                   | 41        |
| 2.2.3.2 Sistema de carga y arranque.....                                          | 42        |
| 2.2.3.3 Sistema de encendido .....                                                | 44        |
| 2.3. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y EMISIÓN DE GASES. ....                        | 45        |
| 2.3.1 <i>Prueba 1 análisis de emisiones de gases con gasolina extra</i> .....     | 46        |
| 2.3.2 <i>Prueba 2 análisis de emisiones de gases con gasolina súper</i> .....     | 56        |
| <b>CAPITULO 3.....</b>                                                            | <b>57</b> |
| <b>PROCESO DE FLEXIBILIZACION DEL MOTOR 125CC GASOLINA -</b>                      |           |
| <b>ETANOL .....</b>                                                               | <b>57</b> |
| 3.1. INFORMACIÓN BÁSICA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON                        |           |
| ETANOL.....                                                                       | 57        |
| 3.2. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO PARA EL MOTOR Y ADAPTACIÓN DE                         |           |
| SISTEMAS.....                                                                     | 60        |
| 3.2.1 <i>Construcción del banco metálico</i> .....                                | 60        |
| 3.2.2 <i>Colocación del Motor 125cc 4 tiempos en el banco metálico</i> .....      | 68        |
| 3.3. EQUIPAMIENTO A UTILIZAR PARA LA FLEXIBILIZACIÓN DEL MOTOR                    | 71        |
| 3.3.1 <i>Materiales e implementos necesarios para flexibilizar el motor</i> ..... | 74        |
| 3.4. TRASFORMACIÓN DETALLADA DEL MOTOR PARA SU FLEXIBILIDAD                       |           |
| GASOLINA – ETANOL.....                                                            | 78        |

|                                                                                  |                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.1                                                                            | Trasformación del sistema de combustible .....                                     | 78         |
| 3.4.2                                                                            | Cálculos físico-químicos del motor y análisis de funcionamiento interno.....       | 84         |
| 3.4.2.1                                                                          | Balance químico de gasolina y etanol.....                                          | 84         |
| <b>CAPITULO 4</b>                                                                | .....                                                                              | <b>100</b> |
| <b>ANALISIS COMPARATIVO DEL MOTOR A GASOLINA VS EL MOTOR FLEXIBILIZADO .....</b> |                                                                                    |            |
|                                                                                  |                                                                                    | <b>101</b> |
| 4.1.                                                                             | COMPARACIONES GENERALES DE MOTOR GASOLINA VS MOTOR DUAL DE COMBUSTIBLE .....       | 101        |
| 4.2.                                                                             | ANÁLISIS DE EMISIONES DE GASES DE LOS DOS SISTEMAS.....                            | 103        |
| 4.3.                                                                             | MEDIR EFICIENCIAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS MOTORES.....                    | 115        |
| 4.4.                                                                             | COMPORTAMIENTO DEL MOTOR A ETANOL EN BAJAS TEMPERATURAS FRENTE AL DE GASOLINA..... | 119        |
| 4.4.1                                                                            | <i>Aplicaciones futuras del proyecto</i> .....                                     | 121        |
|                                                                                  | CONCLUSIONES.....                                                                  | 126        |
|                                                                                  | RECOMENDACIONES.....                                                               | 128        |
|                                                                                  | GLOSARIO.....                                                                      | 129        |
|                                                                                  | BIBLIOGRAFIA.....                                                                  | 132        |
|                                                                                  | ANEXOS.....                                                                        | 134        |



## **INDICE DE GRAFICOS**

|                                                                             | <b>Pág.</b>   |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>CAPITULO 1</b> .....                                                     | <b>1</b>      |
| Gráfico No.- 1.1 Reservas Mundiales de Petróleo.....                        | <b>2</b>      |
| Gráfico No.- 1.2 Emisiones per cápita (toneladas de C/año).....             | <b>3</b>      |
| Gráfico No.- 1.3 Modelo T 1908 a etanol.....                                | <b>5</b>      |
| Gráfico No.- 1.4 Fórmula estructural del Etanol.....                        | <b>9</b>      |
| Gráfico No.- 1.5 Estación de gasolina con MTBE.....                         | <b>11</b>     |
| Gráfico No.- 1.6 proceso de obtención.....                                  | <b>13</b>     |
| Gráfico No.- 1.7 Formas de obtención del etanol.....                        | <b>15</b>     |
| Gráfico No.- 1.8 Desarrollo de la producción mundial.....                   | <b>18</b>     |
| Gráfico No.- 1.9 Estación de servicio con 85% de Etanol en la Gasolina..... | <b>20</b>     |
| <br><b>CAPITULO 2</b> .....                                                 | <br><b>27</b> |
| Gráfico No.- 2.1 Motor 4 tiempos 125cc.....                                 | <b>29</b>     |
| Gráfico No.- 2.2 Refrigeración por aire electro ventilador.....             | <b>31</b>     |
| Gráfico No.- 2.3 Tanque combustible 6 litros de capacidad.....              | <b>34</b>     |
| Gráfico No.- 2.4 Cañerías de combustible.....                               | <b>36</b>     |
| Gráfico No.- 2.5 Carburador de tiro directo.....                            | <b>37</b>     |
| Gráfico No.- 2.6 Aleta de aceleración totalmente abierta.....               | <b>38</b>     |
| Gráfico No 2.7 Flotador del carburador y aguja de regulación.....           | <b>39</b>     |
| Gráfico No.- 2.8 Despiece del carburador.....                               | <b>40</b>     |
| Gráfico No.- 2.9 Batería de 12v.....                                        | <b>42</b>     |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico No.- 2.10 Motor de arranque.....                                | 43 |
| Gráfico No.- 2.11 Componente electrónico CDI.....                       | 44 |
| Gráfico No.- 2.12 Bobina de inducción.....                              | 45 |
| Gráfico 2.13 Tabla de valores de emisiones contaminantes Corpaire ..... | 47 |

### **CAPITULO 3.....57**

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico No 3.1 Nomenclatura de tubo metálico hueco cuadrado.....     | 60 |
| Gráfico 3.2 Puntos de apoyo del motor al banco.....                  | 62 |
| Gráfico 3.3 Peso en cada uno de las llantas.....                     | 64 |
| Gráfico No.- 3.4 Estructura banco del motor.....                     | 66 |
| Gráfico No.- 3.5 Sellado de posibles filtrado.....                   | 67 |
| Gráfico No.- 3.6 Suelda de Bases U para los tanques.....             | 68 |
| Gráfico No.- 3.7 Suelda de ruedas de apoyo a la base.....            | 68 |
| Gráfico No.- 3.8 Acople del motor en el Banco.....                   | 69 |
| Gráfico No.- 3.9 Soporte para la batería del sistema.....            | 70 |
| Gráfico No.- 3.10 Tanque de Etanol.....                              | 74 |
| Gráfico No.- 3.11 Válvula dosificadora de bronce.....                | 76 |
| Gráfico No.- 3.12 Tacómetro.....                                     | 77 |
| Gráfico No.- 3.13 Medidor de temperatura.....                        | 77 |
| Gráfico No.- 3.14 Pulsador de arranque.....                          | 77 |
| Gráfico No.- 3.15 Contacto.....                                      | 77 |
| Gráfico No.- 3.16 Tanque de Etanol sellado orificio del medidor..... | 78 |
| Gráfico No.- 3.17 Tanques con válvulas de dosificación.....          | 79 |
| Gráfico No.- 3.18 Medidor de temperatura del aceite.....             | 82 |
| Gráfico No.- 3.19 Interruptor del electro ventilador.....            | 83 |

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico No.- 3.20 Diagrama presión volumen motor 125cc..... | 89 |
|-------------------------------------------------------------|----|

|                        |            |
|------------------------|------------|
| <b>CAPITULO 4.....</b> | <b>101</b> |
|------------------------|------------|

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Grafico 4.1 Datos de emisiones contaminantes CORPAIRE..... | 105 |
|------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico No.- 4.2 Tabla contaminación del aire de Quito 1995-2003..... | 112 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico No.- 4.3 Nivel de contaminación por horas en Quito..... | 123 |
|-----------------------------------------------------------------|-----|

## **INDICE DE TABLAS**

|                        |          |
|------------------------|----------|
| <b>CAPITULO 1.....</b> | <b>1</b> |
|------------------------|----------|

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Tabla No.- 1.1 Análisis comparativo gasolina-etanol..... | 23 |
|----------------------------------------------------------|----|

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>CAPITULO 2 .....</b> | <b>27</b> |
|-------------------------|-----------|

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla No.- 2.1 Tabla de datos técnicos del motor 125cc 4 tiempos del fabricante..... | 33 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Tabla No 2.2 Emisiones de gases 1 gasolina extra..... | 53 |
|-------------------------------------------------------|----|

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Tabla No.- 2.3 Emisiones de gases 2 gasolina súper..... | 56 |
|---------------------------------------------------------|----|

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>CAPITULO 3.....</b> | <b>57</b> |
|------------------------|-----------|

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla No.- 3.1 Análisis resistencia de materiales parte superior..... | 63 |
|-----------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla No.- 3.2 Análisis resistencia de materiales y carga en las llantas del banco..... | 65 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla No.- 3.3 Tabla comparativa del analisis termodinamico de gasolina y E70..... | 98 |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CAPITULO 4</b> .....                                                      | 101 |
| Tabla No.- 4.1 Tabla comparativa motor gasolina vs motor flex de etanol..... | 102 |
| Tabla No.- 4.2 Emisiones de gases 100% gasolina extra.....                   | 106 |
| Tabla No.- 4.3 Emisiones de gases 100% gasolina súper.....                   | 107 |
| Tabla No.- 4.4 Emisiones de gases E10.....                                   | 108 |
| Tabla No.- 4.5 Emisiones de gases E25.....                                   | 109 |
| Tabla No.- 4.6 Emisiones de gases E30.....                                   | 110 |
| Tabla No.- 4.7 Emisiones de gases E50.....                                   | 111 |
| Tabla No.- 4.8 Emisiones de gases E70.....                                   | 112 |
| Tabla No.- 4.9 Emisiones de gases E85.....                                   | 113 |
| Tabla No.- 4.10 Emisiones de gases E100.....                                 | 114 |
| Tabla No.- 4.11 Tabla de consumo de combustible.....                         | 118 |

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. HISTORIA DEL ETANOL**

#### **1.1.1 Análisis preliminar**

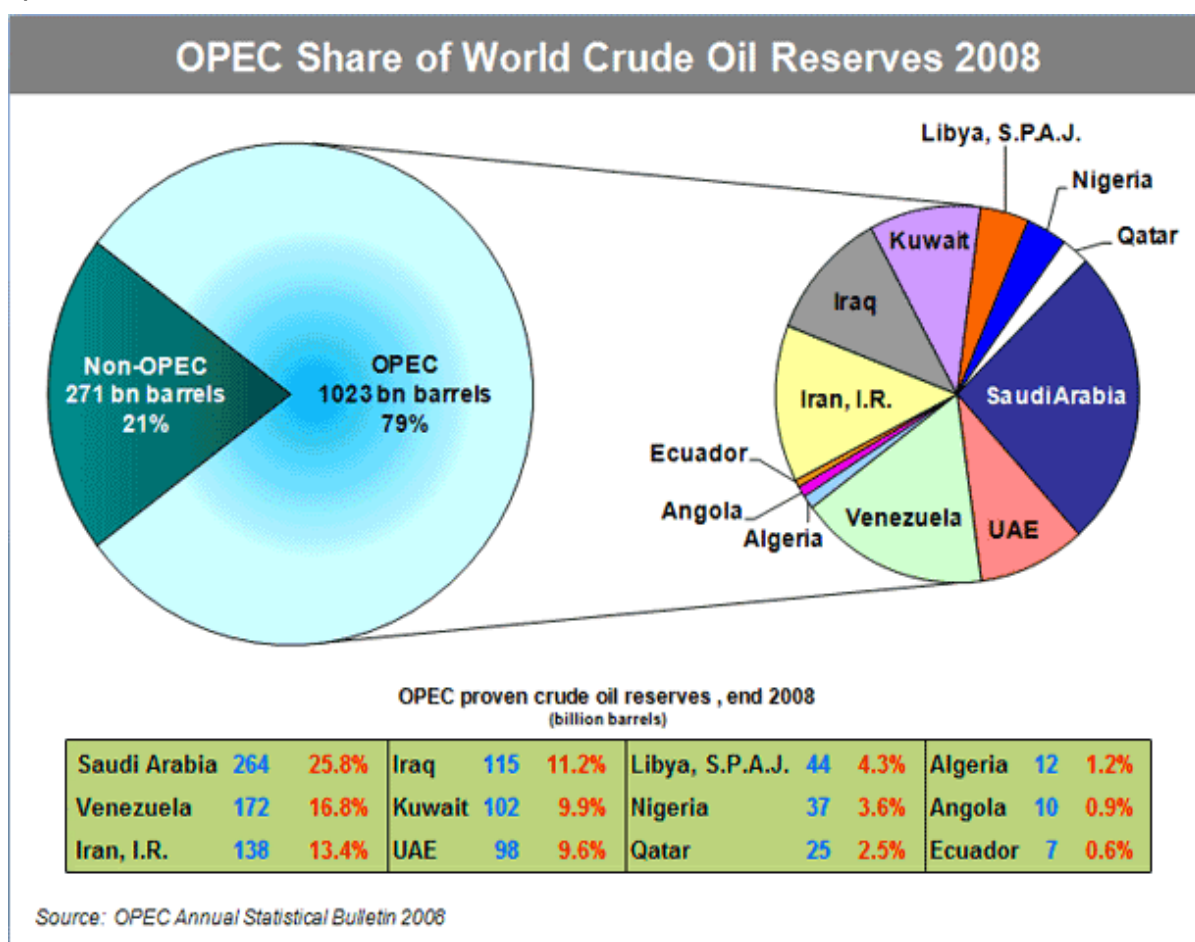
Debido a los altos precios de los derivados del petróleo y al inminente calentamiento global, se hace indispensable la utilización de combustibles alternos en los vehículos de hoy, es por eso que el etanol es una de las opciones más favorables y viables hoy en día para ayudar a contrarrestar la dependencia de combustibles fósiles, aprovechando, que al ser un biocombustible, puede regenerarse y de esta manera evitar depender de las reservas petroleras existentes.

Las altas emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera y las grandes cantidades de otros gases provenientes de los motores de combustión interna, han traído como consecuencia un calentamiento global inminente, el cual no solo está afectando a nuestro ecosistema, sino a todas las formas vivientes de nuestro planeta.

Los biocombustibles o combustibles renovables tienen su historia desde los 70 y un mayor desenvolvimiento en los 90. Este desenvolvimiento a fines del siglo se da por el calentamiento global y el efecto invernadero, recién en esta época se empieza a tomar conciencia de la importancia de reducir los gases que producen dicho efecto.

### 1.1.2 Estado actual petrolero

El petróleo en el siglo XX ha significado una pieza fundamental para el desarrollo mundial, en el famoso oro negro se ha basado gran parte de la economía mundial, hoy en día las economías más fuertes del mundo se apoyan en la producción petrolera<sup>1</sup>. Gran parte de las principales reservas mundiales están en zonas de alto riesgo o zonas muy conflictivas, generalmente guerras o problemas políticos.



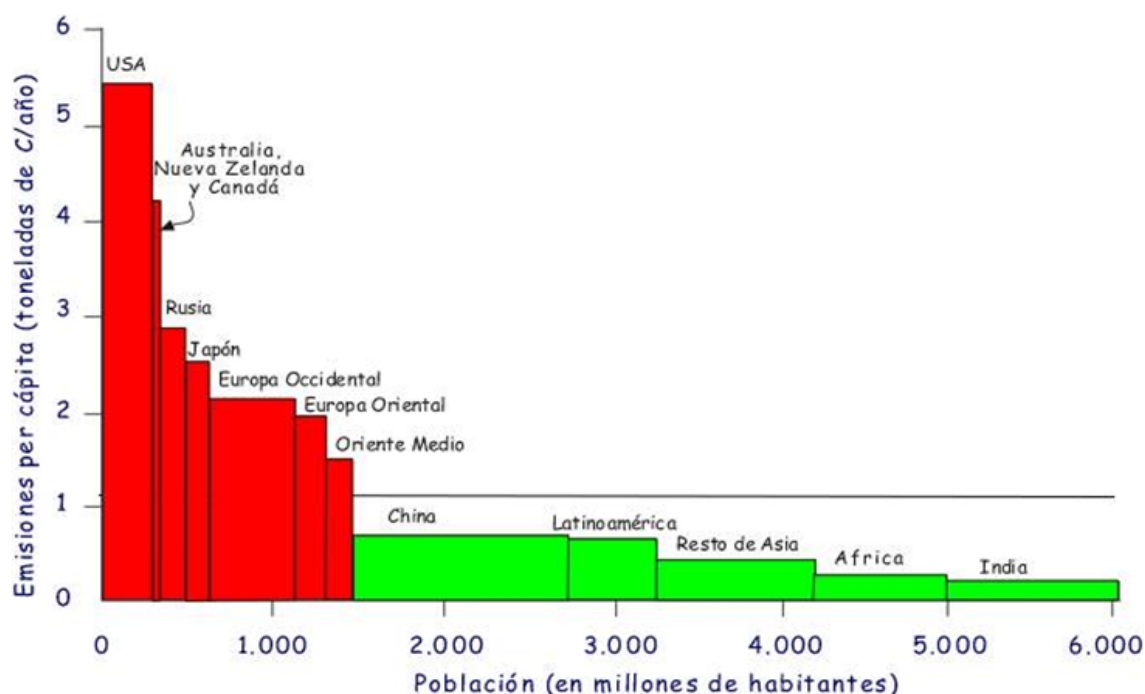
**Grafico No.- 1.1 Reservas Mundiales de Petróleo<sup>2</sup>**

Otros factores fundamentales que se encuentran influyendo en el aspecto petrolero son las normas medioambientales que se están implementando con el

<sup>1</sup> OPEC Share of Word Crude Oil Reserves(2007)

<sup>2</sup> <http://www.opec.org/home/PowerPoint/Reserves/OPECshareWorldcrude.htm>

transcurso de los años en diferentes países, un ejemplo claro es Europa, el cual está limitando las emisiones contaminantes a la atmósfera con el fin de tratar de controlar y reducir en algo el efecto invernadero. Gráfico



**Gráfico No.- 1.2 Emisiones per cápita (toneladas de CO<sub>2</sub>/año)<sup>3</sup>**

Muestra de esto, es el protocolo de Kioto, que pretende reducir las emisiones de una serie de gases de efecto invernadero en un 8% durante el periodo comprendido entre el 2008 al 2012, todo esto comparado con las emisiones de 1990.

Como se ve en la imagen anterior, que muestra la cantidad de toneladas de carbón emitidas a la atmósfera por cada país o región, podemos ver claramente cuales son los países en rojo que emiten grandes cantidades de carbón a la atmósfera; el gráfico muestra la cantidad versus el número de personas que viven en dichas zonas, el tratado de Kioto como se menciona anteriormente trata de reducir la mayor cantidad de estas emisiones.

<sup>3</sup> <http://homepage.mac.com/uriarte/protocolo.html>

Esto trae como consecuencia una búsqueda de energías más limpias y amigables con el medio ambiente, las cuales se puedan volver a obtener sin causar un daño mayor a la naturaleza; básicamente obtenidas de origen vegetal biocombustibles biodiesel y etanol.

### **1.1.3 Síntesis Histórica**

La historia del etanol se remonta a los tiempos del motor de combustión interna, se menciona que ya se utilizaban lámparas las cuales funcionaban con etanol en el año de 1860, en donde ya se producía más de 95 millones de litros por año en los EEUU para alumbrar las viviendas de los habitantes de aquellas épocas.

“La palabra alcohol proviene del árabe «al» (el) y «kohol» que significa «sutil».

Los árabes conocieron el alcohol extraído del vino por destilación. Sin embargo su descubrimiento se hace remontar a principios del siglo XIV, atribuyéndose al médico Arnau de Villanova, sabio alquimista y profesor de medicina en Montpellier. La quinta esencia de Raimundo Lulio no era otra cosa que el alcohol rectificado a una más suave temperatura. Lavoisier fue quien dio a conocer el origen y la manera de producirse el alcohol por medio de la fermentación vínica, demostrando que bajo la influencia de la levadura de cerveza el azúcar de uva se transforma en ácido carbónico y alcohol. Fue además estudiado por Scheele, Gehle, Thénard, Duma y Boullay y en 1854 Berthelot lo obtuvo por síntesis.”<sup>4</sup>

Basándonos en la historia, sabemos que Rudolf Diesel, ya diseñó su motor con un combustible de origen vegetal (aceite de cacahuete), es decir un aceite que le permitía funcionar a su motor de combustión interna.

---

<sup>4</sup> Diccionario enciclopédico popular ilustrado Salvat (1906-1914)



Este auge del etanol, como combustible para lámparas disminuyó notablemente en los tiempos de la guerra civil, ya que el gobierno de este país, impuso un impuesto con el cual se exterminó casi por completo la producción. De igual forma que en los tiempos de Diesel, a causa del auge petrolero, se empezó a comercializar un producto llamado (Gasóleo), el cual también tuvo un paro dramático, ya que, éste era de fácil acceso, reducido costo y un alto poder energético.

Con el transcurso del tiempo, en 1906 el impuesto que se había gravado al etanol durante la guerra, se eliminó, con lo cual se hacía más accesible el uso de este combustible; viendo esto Henry Ford, diseñó, su primer modelo T en 1908 para que pudiese trabajar con etanol.



**Gráfico No.- 1.3 Modelo T 1908 a etanol<sup>5</sup>**

Años más tarde, en 1920 –1924, la Standard Oil Company, empezó a comercializar sus gasolinas con una mezcla de etanol al 25%, la cual denominó gasohol que significaba mezcla de gasolina con alcohol; en este tiempo, se

---

<sup>5</sup> <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/fotos3.htm>

obtenía el etanol del maíz, pero debido a sus elevados costos de producción, procesamiento y una escasez del mismo, a la larga, hicieron que dicho combustible dejara de ser producido por esta compañía. Otro factor que influyó, fue el complicado almacenamiento y distribución por todos estos motivos, el gasohol dejó de ser producido.

Más tarde a fines de los años 20 y comienzo de los años 30, se volvió a retomar el tema, tratando de darle un impulso mayor e intentando demostrar sus beneficios con respecto a los derivados del petróleo; fue aquí, donde Henry Ford, junto con un grupo de expertos en el área, crearon una planta de fermentación en Atchinson Kansas en donde se destilaba el alcohol proveniente del maíz. En esta destiladora, se podían producir cerca de 38 mil litros de etanol al día, los cuales eran usados para mover motores de combustión interna.

En el transcurso de esta década, se construyeron alrededor de 2000 estaciones de servicio, las cuales ofrecían este producto denominado gasohol, el mismo que era una mezcla de gasolina regular, con etanol en porcentajes de hasta un 25%.

Lamentablemente, el intento no tuvo una respuesta favorable y nuevamente fracasó, este fracaso se debió básicamente, a la caída de los precios del petróleo luego de la segunda guerra mundial y por este motivo los intentos de producción y destilación fueron derrumbados, al no tener un margen competitivo contra el petróleo.

Con el transcurso de las décadas, llegamos a los años 70, en donde a causa de los elevados costos del barril de petróleo, las diferentes disputas por obtener el control sobre las reservas del mismo, provocan que se vuelvan los ojos a los

combustibles renovables, específicamente al etanol. En esta época se comienzan los estudios para utilizar este combustible, como una mezcla o aditivo a las gasolinas o su posterior utilización como un combustible puro, ya que la EPA en 1984, emite un comunicado, indicando nuevos estándares para la reducción de plomo en las gasolinas.

Es así, como se muestra un horizonte más prominente para el etanol, ya que podía ser utilizado como un mejorador de la gasolina, funcionando como un elevador de octanaje. Seis años más tarde, con la enmienda Al Acta De Aire Limpio y dos años más tarde, con el Acta de Política Energética, se promociona la utilización de automotores que reduzcan las emisiones a la atmósfera.

Otro de los países que a hecho historia con el etanol, es Brasil, el cual debido a los altísimos costos del petróleo en la década del setenta, fomentó un proyecto llamado PROALCOOL, el cual, buscó producir etanol a partir de la caña de azucar; de esta forma, empezó su siembra en el sector centro norte del país, impulsando nuevas fuentes de trabajo y contratando a varios miles de personas que trabajaban tanto en la siembra, cosecha, transporte, destilación y comercialización. Este círculo, fomentó, un desenvolvimiento enorme en la economía del país, ya que se dejó la dependencia total del petróleo, a una dependencia parcial, dando pie a desarrollar nuevas tecnologías, tanto de extracción como de uso para la industria automotriz. Brasil completo esta cadena, produciendo sus vehículos para que funcionen con este combustible, no solo con mezclas en ciertos porcentajes, sino que hoy en día, ya se producen vehículos 100% etanol sin inconvenientes y con una incidencia muy importante en las importaciones petrolíferas del país.

## **1.2 EXTRACCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA TIPOS Y BENEFICIOS ENERGETICOS**

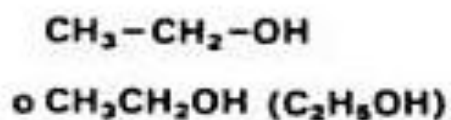
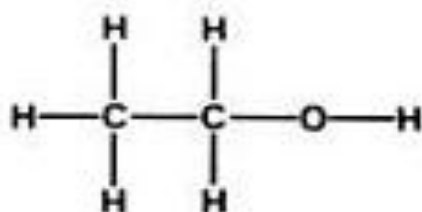
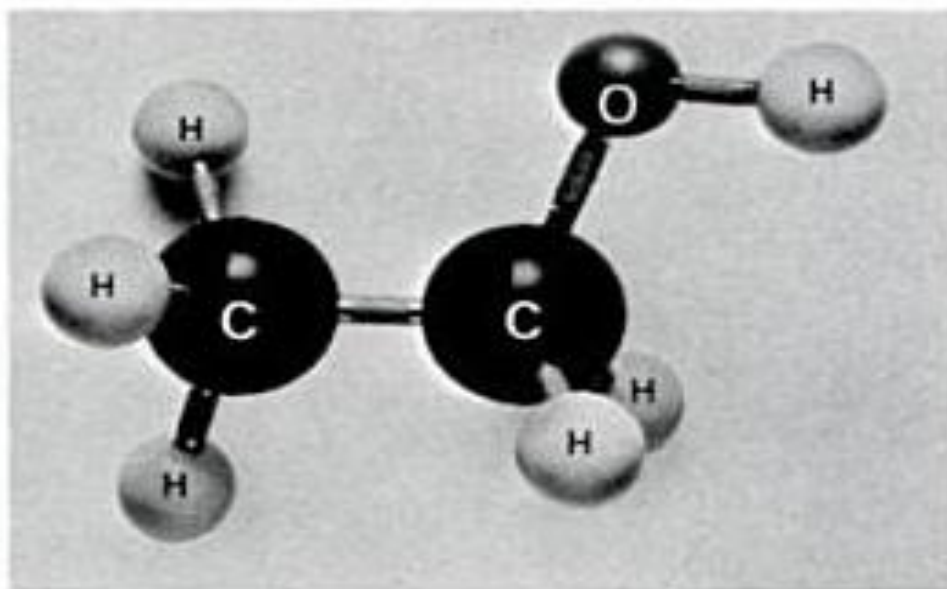
### **1.2.1 Qué es el Etanol?**

En la síntesis anterior hemos, podido ver, como el etanol en el transcurso del tiempo ha sido usado como un recurso renovable de energía, principalmente como un combustible tanto para uso doméstico como para uso industrial en el campo automotriz; con el paso de los años, perdió popularidad frente a la industria petrolera, pero en estos días, con los altos precios del barril de petróleo y con la creciente contaminación mundial, el etanol está tomando fuerza y es por eso que su uso se está volviendo cada vez más común.

El etanol, en si, es un alcohol proveniente de la fermentación de azúcares por medio de levaduras, las misma que descomponen los azúcares transformándolos en alcohol; estos azúcares se encuentran en varios de los productos de origen vegetal, los mismos que, encontramos en la naturaleza, como por ejemplo: cereales, biomasa, entre ellos el producto más usado en la actualidad para obtener etanol es la caña de azúcar y el maíz. En algunos países, se está utilizando la remolacha y residuos de la madera para transformarlos en energía a partir de sus azúcares.

Este alcohol llamado etanol, es un líquido muy volátil y de alto octanaje, una de sus propiedades es un olor relativamente suave y su apariencia un tanto descolorida. El etanol es: “alcohol etílico, nombre estructural  $C_2H_6O$  con un punto de fusión de  $-114,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un punto de ebullición de  $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , su solubilidad g/100 ml

H<sub>2</sub>O es miscible”<sup>6</sup>. Otra de las propiedades del etanol, es su anticorrosión, al combustionarse, se aprecia una llama de un tono azulado, algo fundamental de este producto, es que al ser quemado, no presenta presencia alguna de residuos.



**Gráfico No.- 1.4 Fórmula estructural del Etanol<sup>7</sup>**

Aproximadamente tiene un peso de 0.815 Kg por litro de etanol. Otra forma de escritura más sencilla de su formula molecular es CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH, donde se nota, su

<sup>6</sup> **Química un proyecto de la ACS** Escrito por American Chemical Society, Roberto Martínez Álvarez, Jerry Bell, Ma Josefa Rodríguez Pag 283

<sup>7</sup> QUIMICA AVANZADA NUFFIELD, Etanol y otros alcoholes, editorial reverté, s.a.

gran cantidad de oxígeno presente, esto lo hace amigable con el medio ambiente al momento de ser combustionado. Al ser una de sus propiedades el ser miscible, puede ser mezclado con agua y tiene muy baja toxicidad. Hablando de su procedencia vegetal, la materia orgánica de todas las plantas se encuentra compuesta básicamente de moléculas orgánicas, como azúcares, celulosa e hidratos de carbono fundamentalmente; estos compuestos forman estructuralmente a la planta, que mediante la fotosíntesis en interacción con el sol, el aire y el alimento que obtienen del suelo, sintetizan todos estos productos en su interior; al momento que se procesa esta materia orgánica, se extraen los azúcares de la planta, de los cuales se va a obtener la energía para producir el combustible.

### **1.2.2 En qué se utiliza el Etanol.**

El etanol desde sus inicios, fue descubierto al fermentar el azúcar contenida en la plantas. Un ejemplo claro, fue la cerveza y el vino, que por medio de fermentación, usando levaduras, se obtenía un alcohol el cual era apto para el consumo humano. Con el paso de los tiempos, las técnicas de fermentación, fueron mejorando e industrializándose, así llegando a lo que hoy en día conocemos como las destiladoras de alcohol, las cuales, separan el alcohol del proceso de fermentación y los industrializan en diferentes cantidades para consumo de varias bebidas.

También, es usado como combustible o solvente, se lo aplica también en algunos procedimientos de la industria, en perfumería, en pinturas de todos los tipos, en compuestos para aplicación y preparación de las pinturas, e incluso en la industria armamentista en algunos compuestos de material bélico.

En el caso fundamental de este estudio, nos vamos a centrar en el etanol como combustible para vehículos de combustión interna.

En el transcurso de la historia, se lo ha venido usando como elevador de octanaje o aditivo para las gasolinas; se lo comenzó usando como MTBE ( Metil-Tri-Butil-Eter) el cual, elevaba la cantidad de oxígeno en las gasolinas.



**Gráfico No.- 1.5 Estación de gasolina con MTBE<sup>8</sup>**

Con el transcurso del tiempo y las estrictas normas medioambientales, se promulgó una ley que prohibía el uso de plomo en las gasolinas, esto produjo una evolución de este aditivo, que con el tiempo paso de MTBE al llamado ETBE (Etil-TRi-Butil-Eter) que contiene un 47% de etanol y un 53% de isobuteno<sup>9</sup>.

La ventaja del ETBE radica, en que al ser un producto orgánico, proveniente del etanol, ya no tiene efectos cancerígenos producidos por el plomo; a demás tiene una gran solubilidad en la gasolina y una gran cantidad de oxígeno, lo que mejora notablemente la calidad del aire y de esta forma mejora la condición de vida de los seres humanos.

<sup>8</sup> [www.threatlab.com/.../gas\\_pump\\_mtbe.jpg](http://www.threatlab.com/.../gas_pump_mtbe.jpg)

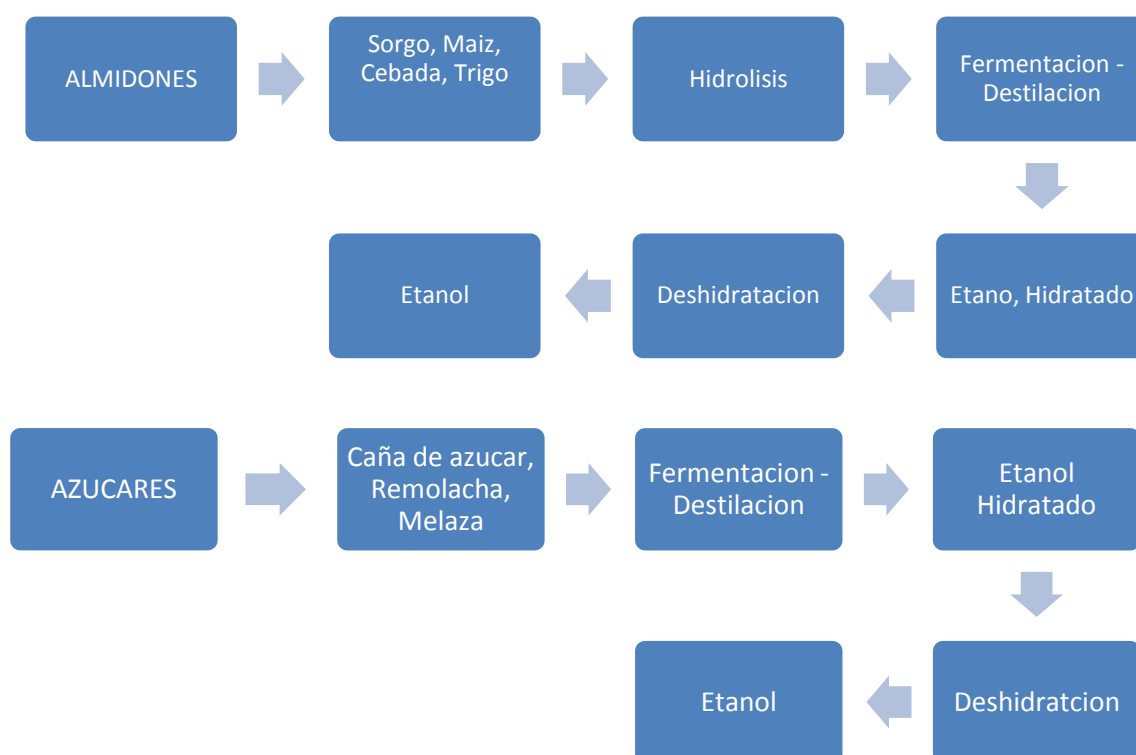
<sup>9</sup> Technical Product Bulletin ETBE (Cas Number 637-92-3)

El etanol se encuentra hoy en día en diferentes proporciones en las gasolinas, sean estas desde un 10% hasta un 85% de disolución. En los últimos tiempos, esta disolución es mucho más común y frecuente en varios países a nivel mundial. También se lo usa como combustible puro, haciendo ciertas variaciones dentro de los motores como se hablará en los siguientes capítulos.

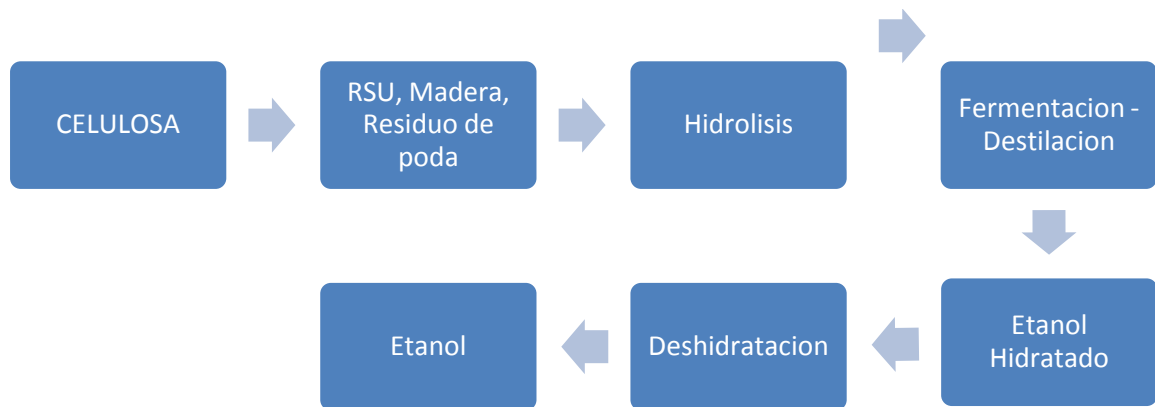
### **1.2.3 Grupo de materias primas orgánicas para extraer etanol.**

#### ***1.2.3.1 Producción y Obtención del Bioetanol.***

Como se ha venido explicando, el bioetanol se obtiene a partir de materia orgánica, especialmente de plantas; de ahí, proviene su denominación de bioetanol, al originarse de materia viva o biológica, el bioetanol puede obtenerse de algunas fuentes como se detalla en el siguiente cuadro:





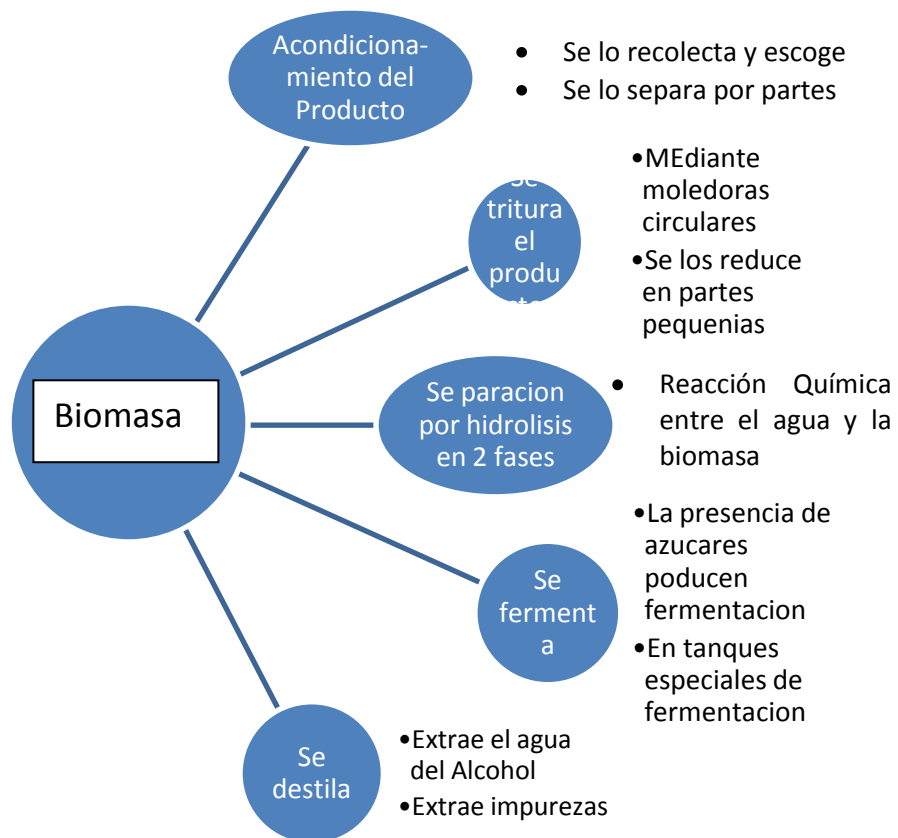


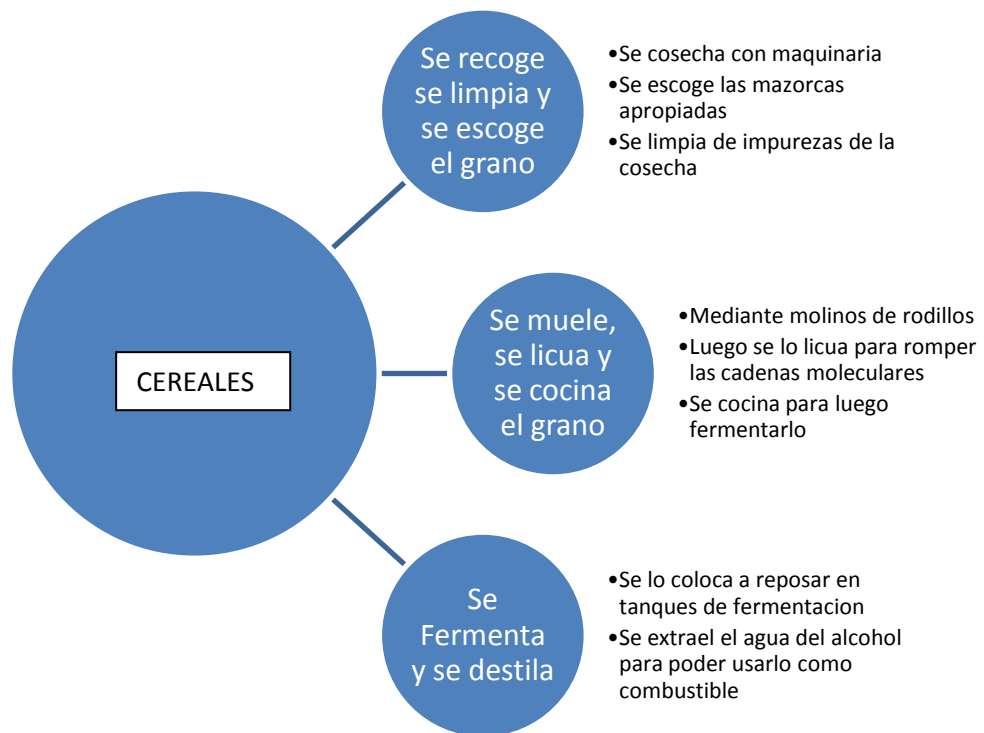
**Gráfico No.- 1.6 proceso de obtención (Gráfico: Rubén Arévalo)**

Básicamente, el bioetanol proviene de algunos grupos como se ven el cuadro: el grupo de los almidones, como la cebada, Sorgo, Maíz, trigo; el grupo de azúcares, como la caña de azúcar, remolacha y melaza y el grupo de la celulosa, en donde encontramos la madera, Residuos de poda y RSU (Residuos Sólidos Urbanos).

Todos estos grupos, por medio de hidrólisis pasan a la fermentación y destilación, en donde se obtiene un etanol hidratado; luego se lo deshidrata, para obtener un etanol como combustible libre de agua ya que de lo contrario podría dar problemas dentro del motor.

Existen varias maneras de obtener etanol a partir de las materias orgánicas, aquí las más utilizadas:





**Gráfico No.- 1.7 Formas de obtención del etanol (Gráfico: Rubén Arévalo)**

A continuación, se detalla el proceso para obtener etanol a partir de la caña de azúcar, proceso que es el más utilizado en el mundo, el mismo que está siendo aplicado en la presente tesis.

Ya sabemos que la planta sintetiza todos sus componentes gracias a los efectos de la fotosíntesis y los productos que la tierra le entrega. Una vez que la planta está madura y lista para cosecharla, se la corta y transporta hacia la planta de producción, en donde comenzará todo el proceso de elaboración del etanol.

La caña ya cosechada, se la comprime, este proceso no se diferencia en nada con las industrias azucareras, ya que el objetivo es el mismo, obtener azúcar, que luego será convertida en combustible; al comprimir, se desintegra la planta en su totalidad así obteniendo un jugo de caña; en este proceso de molido, se utilizan cuchillas de varios tipos y algunas clases de molinos con el fin de sacarle el

mayor provecho al producto mientras se muele, pequeñas cantidades de agua son agregadas al proceso para ayudar a extraer la mayor cantidad de este jugo; terminado el proceso de la extracción de este jugo, la materia sobrante o residuos de la molienda, son separados y puestos en otro sitio; en ciertas plantas se procesan estos residuos para producir energía tanto para los calderos o las maquinarias además, se lo reprocesa para convertirlo en abono o fertilizante para las plantas.

El jugo de la caña se lo almacena en tanques contenedores. Este jugo es rico en azúcares, el cual es un jugo ácido que al ser almacenado, se va transformando en alcohol etílico y desprende gas carbónico, producto de la descomposición interna; luego se separa en subproductos, los vinos que salen de la fermentación así como el etanol.

En el transcurso de este proceso, también se extrae vinaza, el cual es un líquido residuo del proceso de destilación de los azúcares, con este producto se requiere especial atención ya que es contaminante.

Este jugo que tenemos de caña de azúcar, se lo destila para obtener productos más volátiles, ahí es donde sale el etanol por su volatilidad ya que es menos pesado que los otros sub productos, aquí es donde se obtiene el alcohol que va a ser usado como combustible.

Una vez terminado este proceso, ocurre la deshidratación en la cual se le extrae el agua que existe en el etanol para llegar a unos márgenes entre 97-99% de pureza que es lo máximo que se puede conseguir, luego estos productos son

llevados a plantas de tratamiento, en donde se los estabiliza con gasolina en sus diferentes porcentajes para su posterior distribución.

### **1.3. INDUSTRIALIZACIÓN DEL ETANOL PARA USO AUTOMOTRIZ.**

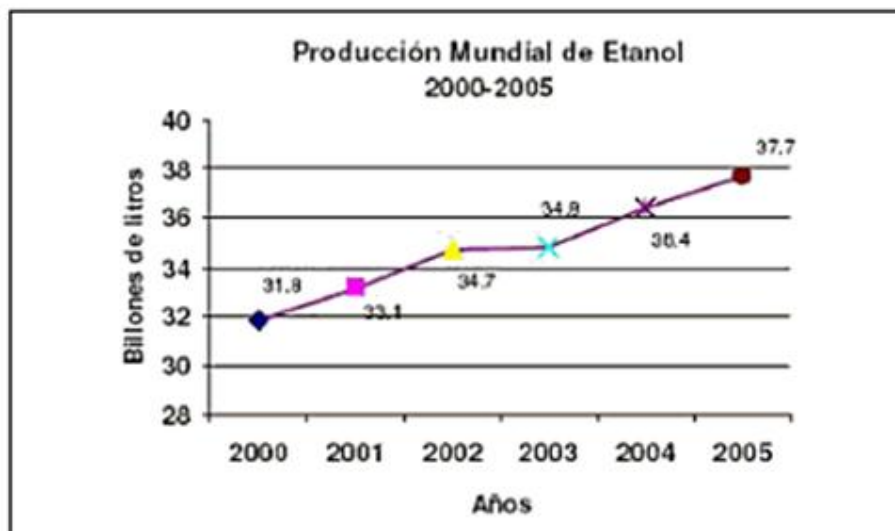
#### **1.3.1 El etanol usado como combustible.**

El etanol dentro del campo automotriz, tuvo sus inicios en las épocas de Henry Ford, como previamente se hizo una recopilación histórica. Con el paso de los años, las necesidades energéticas que se encuentran en auge, los altos costos del petróleo y la gran cantidad de emisiones contaminantes, el etanol se ha empezado a usar en los vehículos de serie en algunos países del mundo.

Técnicamente el etanol trabaja como un combustible, ayudando a la gasolina como elevador de octanaje o como un combustible puro, básicamente el funcionamiento dentro del motor de cuatro tiempos es el mismo, el etanol es inyectado dentro de los cilindros en una mezcla aire-etanol, el cual al ser comprimido en la misma y gracias a la chispa producida por las bujías, se produce una combustión y eso a la vez produce un trabajo.

El enfoque del etanol aquí, no es solo en su funcionamiento sino en la cantidad de residuos que tenemos después de la combustión dentro del motor y que cantidad de emisiones contaminantes estamos dejando salir a la atmósfera.

El etanol al ser un alcohol con una gran cantidad de oxígeno, ayuda notablemente a la combustión en el motor, disminuyendo en una cantidad considerable las emisiones nocivas al medio ambiente.



**Grafico No.- 1.8 Desarrollo de la producción mundial<sup>10</sup>**

Como combustible regular, se lo expende con normalidad en países como USA y Brasil, en este último es mayor el interés y el desarrollo de los gobiernos por un combustible renovable, menos contaminante y que genere mejores réditos al estado al evitar las enormes cantidades de dinero desembolsadas para importar o refinar el petróleo para obtener gasolinas.

En los últimos años, ha sido tal el desarrollo de los motores con tecnología a etanol, que no solo son capaces de funcionar con mezclas etanol-gasolina sino que pueden ser autónomos con etanol solamente; gracias a varias mejoras dentro del sistema de admisión de combustible, es posible hacer que el motor trabaje sin problemas con etanol 100%. En capítulos posteriores, se detallarán las modificaciones necesarias a realizarse, para que el motor pueda trabajar con este tipo de combustible.

<sup>10</sup> ETANOL, Cadena Agroindustrial, Nicaragua 2004

### **1.3.2 Tipos de mezclas etanol gasolina.**

Como se ha venido tratando en el transcurso de este capítulo, sabemos que el etanol es un combustible que puede ser usado en los motores de combustión interna, al tener propiedades que permiten mezclarse fácilmente con otros productos, se genera la idea de mezclarlo con gasolina a diferentes proporciones para obtener el mejor beneficio de los dos combustibles.

Un motor de combustión interna puede trabajar con una mezcla de gasolina etanol de alrededor de 20 a 25% sin que en este se necesite alguna modificación en sus sistemas y componentes. En los motores de generaciones más antiguas, quizás esta relación pueda disminuir un poco, en general, en la mayoría de los motores de hoy en día se puede usar una mezcla de hasta un 24–26 % de etanol sin inconvenientes.

En capítulos posteriores hablaremos de los pro y contra que tiene el etanol con relación a la gasolina, pero a breves rasgos, al usar mezclas de etanol-gasolina en un motor sin realizar ninguna modificación o ajuste al mismo, se genera cierta pérdida de potencia y algunas veces perdidas de torque; sin embargo realizando ciertos ajustes en el encendido como en la carburación y logrando mejorar la mezcla estequiométrica, se consigue una mejora sustancial así compensando estas pérdidas.



**Gráfico No.- 1.9 Estación de servicio con 85% de Etanol en la Gasolina<sup>11</sup>**

En el aspecto medioambiental, mientras mayor sea la concentración de etanol en la gasolina, menores vendrán a ser las emisiones de CO y HC, influenciadas directamente por la cantidad de oxígeno que brinda el etanol a la combustión.

En ciertos países, se están implementando las mezclas de etanol en las gasolinas que el estado vende a la gente, sin que estas produzcan alguna desmejora en el rendimiento del vehículo; no obstante, en otros países las normas permiten cantidades mayores al 5% dejando así una alta gama de posibilidades de mezcla de combustible logrando de esta manera una riqueza de oxígeno en las gasolinas.

### **1.3.3 El etanol usado como aditivo para combustibles.**

El etanol no solamente puede ser utilizado como un reemplazo de la gasolina sino como se ha visto anteriormente, puede ser usado como un aditivo o mejorador de las gasolinas. Desde las reformas de combustibles y la eliminación del plomo en las gasolinas, el octanaje de las misma se vio afectado en cierta forma, disminuyendo así su efectividad. Con las normas de emisiones de estos días, aparecieron los catalizadores de gases, los cuales no podían funcionar si las

<sup>11</sup> <http://images.thetruthaboutcars.com/2008/06/e85.jpg>



gasolinas tenían plomo, es por eso que en su reemplazo se empezaron a utilizar aditivos o mejoradores para subir el octanaje de las mismas.

Entre los elevadores de octanaje más usados tenemos:

- TBA (tercbutil alcohol)
- ETBE (Etil-Tri-Butil-Eter)
- MTBE (Metil-Tri-Butil-Eter)
- Metanol
- Etanol

Estos compuestos, se los utiliza para elevar el octanaje de las gasolinas, algunos de ellos, son de alguna manera contaminantes y poco amigables con el medio ambiente. En estos días se está usando con mayor frecuencia el ETBE (Etil-Tri-Butil-Eter), ya que las emisiones que este desprende, son menos tóxicas y dañinas que sus adversarios.

El ETBE (Etil-Tri-Butil-Eter) está siendo usado mayormente gracias a su procedencia renovable, esto causa gran interés ya que las reservas de petróleo se agotan. Una de las virtudes del ETBE, radica en que su solubilidad con el agua es menor, de esta manera podemos evitar contaminaciones de los recursos hídricos del planeta, todo esto comparado con el MTBE que por el contrario contamina el agua.

En ciertos países de Europa el etanol es transformado en ETBE ya que esta transformación ayuda a los motores de combustión interna.

Hablando del diesel como combustible, también existen mezclas de etanol con diesel, el cual se lo ha denominado el E-Diesel por su mezcla etanol-diesel. Se encuentra en proporciones de alrededor de un 15%, esta mezcla se la está utilizando recientemente y como ventaja tenemos al usarla se mejora los arranques en climas de bajas temperaturas, así como también mismo existe una disminución notable de gases contaminantes y partículas que se encuentran en la combustión de un motor diesel. Este diesel con etanol, se encuentra en fases de prueba y mejoramiento ya que existen algunos problemas al realizar estas mezclas al momento de poner en funcionamiento el vehículo; el etanol al ser un alcohol volátil, tiende a evaporarse al contrario del diesel, de igual forma como sabemos, el diesel se enciende por compresión y el etanol requiere una chispa, esto quiere decir que en el tiempo de compresión al inicio de la carrera del pistón, el etanol ya se habrá consumido, todas estas barreras de carácter técnico e inclusive otras de carácter legal como patentes y permisos hacen del etanol con diesel una alternativa al momento lejanamente viable.

#### **1.3.4 Análisis comparativo gasolina etanol.**

Es importante, determinar las propiedades de cada uno de los combustibles usados en la presente tesis, para poder así saber, con qué tipo de combustibles estamos trabajando, de esta manera se podrá sacar referencias de los datos que más adelante obtendremos.

**Tabla No.- 1.1 Análisis comparativo gasolina-etanol (Tabla: Rubén Arévalo)**

|                                                  | <b>GASOLINA</b> | <b>ETANOL</b>  |
|--------------------------------------------------|-----------------|----------------|
| <b>Nomenclatura Química</b>                      | $C_8-H_{18}$    | $CH_3-CH_2-OH$ |
| <b>Densidad del Líquido (g/cm<sup>3</sup>)</b>   | 0.72            | 0.789          |
| <b>Octanaje RON</b>                              | 98              | 106            |
| <b>Octanaje MON</b>                              | 85              | 89             |
| <b>PCI (Kcal/kg)</b>                             | 10600           | 6421           |
| <b>Temperatura de Destilación (C)</b>            | 30 – 225        | 78.3           |
| <b>Valor PM (g/mol)</b>                          | 100 - 150       | 46.1           |
| <b>Calor latente de Vaporización (Kcal / Kg)</b> | 100             | 201            |

)

Es importante, analizar los diferentes datos de la tabla, para poder entender los beneficios de un combustible frente al otro, de igual manera las desventajas que cada uno presente.

#### **Análisis de la tabla:**

**Nomenclatura química.-** Se puede determinar claramente, que la gasolina es un hidrocarburo compuesto por carbono e hidrógeno, el cual al entrar en contacto con el aire, produce residuos contaminantes. En el caso del etanol, su composición se diferencia, en la elevada presencia de oxígeno, lo cual contribuye notablemente, a que la combustión sea más limpia, bajando las cantidades de contaminantes a la atmósfera en este caso el etanol actúa como un oxigenante para las gasolinas.

**Densidad del Líquido.-** Como sabemos, la densidad es la cantidad de masa que existe en un determinado volumen, en el cuadro podemos ver, que el etanol

posee una densidad relativamente mayor que la gasolina, proporcionándonos mayor masa de etanol en un litro.

**Octanaje RON.-** Es la abreviatura en ingles de (Research Octane Number), este número se lo obtiene en pruebas de laboratorio, en donde se compara el golpeteo del motor usando gasolina con una mezcla de isooctano, trimetilpentano y n-heptano, esta comparación nos proporciona el grado RON de la gasolina que se está usando.

Otro dato importante que debemos tomar en cuenta, es que mientras mayor es el octanaje de la gasolina, se requiere un motor de mayor compresión, dicho en otras palabras, si un motor de alta compresión utiliza un combustible con grado RON bajo, inmediatamente, producirá un golpeteo o cascabeleo debido a su bajo grado octano, es por eso que a mayor compresión es necesario el uso de mayor octanaje.

Como se demuestra en la tabla de datos, el etanol, posee un grado RON de 106 versus al 98 de la gasolina; en pocas palabras, el etanol posee un grado octano mucho mayor al de la gasolina, mejorando notablemente las condiciones de marcha del motor, aquí cabe resaltar, como se explico previamente, un motor para poder utilizar un combustible con un grado RON más elevado, necesita mayor compresión; de esta manera se explica, el porqué se ha subido la compresión de este motor, ya que sin una compresión elevada, el motor falla por exceso de grado RON en el combustible.

**Octanaje MON.-** (Motor Octane Number), es el octanaje probado en un motor estático, esta prueba, se la realiza con el motor en un banco de pruebas,

exponiéndolo a mayores cargas, puntos de ignición diferentes y posición de válvulas variadas; generalmente este número MON deberá estar en unos 9 a 10 puntos bajo del RON, basándose en las normas de combustibles.

De igual manera el grado MON en nuestra tabla comparativa, se encuentra en niveles más elevados que los de la gasolina.

**PCI.-** El PCI es el poder calorífico inferior o calor realmente aprovechable. Técnicamente el PCI es cuanto calor se desprende durante la combustión total de 1kg de combustible. Volviendo a nuestra tabla comparativa, la gasolina tiene un PCI=10600 Kcal/kg frente a un PCI=6421 Kcal/kg del etanol, esto quiere decir, que por cada kilogramo de etanol que combustionemos, tendremos una menor energía en la combustión. Es por esto, que se requiere una mayor cantidad de etanol, para poder simular las condiciones de trabajo con gasolina. Pero el factor RON y MON también compensan en cierta forma dicha desventaja, otro punto a considerar es el valor por galón del etanol, con lo cual se compensa dicha desventaja de un combustible frente al otro.

**PM.-** El PM o materia particulada, quiere decir la cantidad de material particulado que se encuentra en un aerosol, más claramente son las partículas sólidas o también líquidas que se pueden encontrar contenidas en un gas, en el caso del etanol se puede ver que tiene un PM=46.1 frente al de la gasolina que se encuentra entre 100 a 150; de esta forma se confirma, que existe menor cantidad de materia particulada, contribuyendo así con el medio ambiente y las emisiones contaminantes.

**Calor latente de Vaporización.-** Es la energía que se requiere para que un gramo de combustible pueda llegar a su fase gaseosa, para posteriormente ser combustionado en las cámaras; en el caso del etanol, el calor latente de vaporización es de 201 Kcal/Kg frente a las 100 Kcal/kg de la gasolina. Esto beneficia al motor ya que operará en un rango de temperatura menor, ya que como se sabe el calor latente de vaporización se encuentra directamente relacionado con el cambio de temperatura, es decir, si es alto requerirá absorber gran cantidad de energía, en este caso, calor para poder romper su cadena química para pasar de la fase líquida a la gaseosa.

## **CAPITULO 2**

### **MOTOR 125CC DE CUATRO TIEMPOS A GASOLINA**

#### **2.1. MECANISMOS DEL MOTOR**

##### **2.1.1 Generalidades del motor 125cc**

El motor que se está utilizando en este proyecto, es un mono cilíndrico de 125cc enfriado por aire, normalmente este tipo de motores, son utilizados por motocicletas y cuadrones gracias a su versatilidad y sus diversas gamas de torque y potencia que nos pueden brindar. Por otra parte, el consumo del 125cc es uno de los más bajos frente a sus similares como el 110cc y el 150cc, ya que el rendimiento que este motor nos brinda es importante.

Hablando en forma general, este motor trabaja como cualquier motor de cuatro tiempos accionado por un carburador que ingresa la mezcla aire combustible a la cámara; consta de dos válvulas, una de admisión y otra de escape en la cabeza del pistón, un cigüeñal activa la caja de cambios que se encuentra ligada al motor, ninguna de las dos piezas pueden trabajar por si solas, es por eso, que este motor tiene acoplada su caja en la parte inferior del mismo.

El sistema de aspiración de aire, es atmosférico, el carburador, se alimenta por gravedad desde el tanque de combustible; el carburador de este sistema trabaja de una manera similar que en los antiguos vehículos que traían sistemas de alimentación de combustible de carburador. El vacío que produce el motor,, aspira el combustible y se realiza la mezcla con el aire, esta mezcla

estequiométrica se pulveriza hacia el cilindro para su posterior transformación en trabajo.

Al ser refrigerado por aire, estos motores precisan tener un flujo de aire constante hacia el motor, para poder mantener un régimen de marcha en condiciones estables de temperatura; de todas formas, la carcasa posee deflectores de calor, los cuales disipan la temperatura hacia afuera del motor. Su construcción en aluminio ayuda en gran manera a disipar el calor y no concentrarlo en el motor.

La lubricación interna, se produce por aceite, el cual recorre la cámara lubricando y en parte enfriando el trabajo que los rines hacen frente a la cámara o cilindro. El sistema de chispa se lo realiza por medio de una bujía la cual da el salto en el punto muerto superior, para combustionar la mezcla que se encuentra en la cámara similar a la de un vehículo comercial.

## **2.2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR**

Como hemos dicho este motor trabaja de manera similar que los vehículos de serie, sin embargo, el presente capítulo detalla todos los aspectos relacionados con el motor, sean estos internos y externos así como los sistemas de alimentación de combustible, dispositivos de almacenamientos etc.

### **2.2.1 El motor**

#### ***2.2.1.1 Motor de combustión Interna***

El motor de combustión interna, es una máquina térmica, la cual genera energía mecánica producida por una reacción química dentro de él, ésta reacción química, generalmente es obtenida de algún tipo de combustible, que es ingresado al motor por medio de diferentes sistemas gracias a una mezcla de



combustible aire. Esta mezcla química, se introduce en los cilindros del motor, luego una chispa eléctrica es entregada a esta mezcla y se produce la combustión de la misma; así produciendo el trabajo mecánico necesario para mover los diferentes componentes que tenga a la salida. De la misma forma, esta combustión dentro de las cámaras del motor, producen desechos o residuos de la combustión, que por lo general son desechados a la atmósfera por el múltiple de escape.



**Gráfico No.- 2.1 Motor 4 tiempos 125cc (Foto: Rubén Arévalo)**

Mientras mejor regulada sea la mezcla de aire combustible, el trabajo entregado al final de la combustión será más efectivo, de igual forma, si el combustible y la mezcla introducida para la combustión son de mejor calidad, la combustión será mucho mejor y los residuos entregados en la combustión serán más limpios, conteniendo cantidades mucho menores de agentes contaminantes para el medio ambiente.

En el caso específico de este proyecto, el motor usado, es un motor de cuatro tiempos de combustión interna tipo OTTO (nombre que proviene del inventor de dicho motor Nikolaus August Otto).

**Motor Otto.-** Generalmente son motores que trabajan con gasolina sin ser este combustible el único posible a usar. La mezcla de aire combustible antes de ingresar a los cilindros, se realiza comúnmente fuera de la cámara de combustión; finalmente esta mezcla, ingresa por succión o vacío del motor en los cilindros y mediante un agente externo en este caso, una chispa eléctrica, esta mezcla se enciende y produce el trabajo.

### **Clasificación de los motores Otto por la forma de trabajo:**

#### **Por los tiempos de trabajo:**

En esta división el motor Otto tiene dos opciones:

- Motor de cuatro tiempos, el cual usa 4 carreras del pistón y de dos vueltas del cigüeñal, para poder realizar su ciclo completo de trabajo, de ahí proviene su nombre de 4 tiempos.
- Motor de dos tiempos, este realiza el trabajo en 2 carreras del pistón y en una sola vuelta del cigüeñal, generalmente usado en motocicletas, pese que hoy en día este tipo de motores está prohibido, ya que para su funcionamiento necesitan una mezcla de combustible con aceite para poder lubricarse.

#### **Por la manera en la que se refrigeran:**

De igual manera existen dos opciones de refrigeración:

- Motores refrigerados por líquido, este tipo, es el más comúnmente usado en motores de turismo; el líquido refrigerante, circula alrededor de los cilindros enfriando uniformemente el motor, este líquido a su vez, se enfría

por medio de un radiador, el cual usa un ventilador el mismo que empuja el aire hacia el radiador, para así enfriar el líquido del circuito.

- Motores refrigerados por aire, este sistema es más usado en motores pequeños y que por su uso y ubicación precisan de reducido espacio para funcionar, así por ejemplo, las motocicletas, en este caso este sistema enfría el motor por el flujo de aire que recibe el motor al caminar; el motor está construido con aletas externas que disipan el calor hacia el exterior, así la parte externa recibe el flujo de aire y enfría el mismo.



**Gráfico No.- 2.2 Refrigeración por aire electro ventilador (Foto: Rubén Arévalo)**

#### **Por el movimiento del pistón:**

- Motores Otto con pistón oscilante, la mayoría de sistemas trabajan con este tipo de funcionamiento, el pistón oscila verticalmente, la mayoría de veces, sujeto a un cigüeñal el cual le da el movimiento oscilatorio; la oscilación puede ser horizontal también.

- Motores con pistón rotativo, este sistema usa el movimiento circular, aquí no depende de un cigüeñal sino que el propio pistón está dotado de un movimiento circular al realizar el trabajo.

### **Clasificación por disposición cilíndrica**

- Disposición de cilindros en línea
- Disposición de cilindros opuestos
- Disposición de cilindros en V

En nuestro caso, el motor que estamos usando para este proyecto tiene las siguientes características:

- Motor Otto de cuatro tiempos
- Refrigerado por aire
- Pistón oscilante
- Disposición del cilindro en línea (Mono cilíndrico)

Evitaremos adentrarnos demasiado en el despiece y explicación de cada parte y mecanismo específico de este motor, ya que el proyecto se enfoca más al uso y funcionamiento del motor con etanol como combustible alternativo. Se explica detalladamente los sistemas generales y sus funcionamientos, las partes que son modificadas en el proyecto para su posterior funcionamiento con etanol, serán detalladas y especificadas, de lo contrario se sobreentiende que la parte mecánica y el funcionamiento de un motor Otto de cuatro tiempos es de conocimiento general en la ingeniería automotriz, por lo cual, no se encuentra pertinente entrar en detalles ya conocidos.

## Tabla de datos técnicos del motor 125cc 4 tiempos del fabricante

*Tabla No.- 2.1 Tabla de datos técnicos del motor 125cc 4 tiempos del fabricante (Tabla: Rubén Arévalo)*

| CILINDRADA             | 125c cm <sup>3</sup>                   |
|------------------------|----------------------------------------|
| Vh                     | 124.106 cm <sup>3</sup>                |
| Vc                     | 124,106 cm <sup>3</sup>                |
| DIAMETRO Y CARRERA     | 56,5 X 49,5 mm                         |
| RELACION DE COMPRESION | 9.7:1                                  |
| POTENCIA               | 10 HP A 8000 RPM                       |
| PAR MOTOR              | 10NM A 5500 RPM                        |
| MOTOR                  | MONOCILINDRICO HORIZONTAL DE 4 TIEMPOS |
| ENCENDIDO              | ELECTRONICO POR CDI                    |
| ARRANQUE               | ELECTRICO PULSADOR                     |
| LUBRICACION            | CARTER HUMEDO                          |
| DISTRIBUCION           | VALVULAS SOHC                          |
| REFRIGERACION          | AIRE                                   |

### **2.2.2 Sistema de alimentación de combustible**

Este motor 125cc mono cilíndrico, trabaja originalmente con gasolina sin plomo, el sistema trabaja por gravedad, esto quiere decir, que no necesita de una bomba de combustible que force la entrada del mismo al carburador; por ese motivo el depósito de combustible, esta siempre ubicado en una posición elevada para que por diferencial de alturas se produzca el ingreso al motor.

## **Elementos que conforman el sistema de alimentación de combustible**

- **Tanque de combustible**
- **Filtro de combustible**
- **Cañerías de combustible**
- **Carburador**
- **Múltiple de admisión**

### **El tanque de combustible**



**Gráfico No.- 2.3 Tanque combustible 6 litros de capacidad (Foto: Rubén Arévalo)**

El tanque es una pieza indispensable en el sistema de combustible, en el caso de este motor 125cc la capacidad es de 5 litros, no al rebalse si no la capacidad de seguridad, en la cual no se regará o causará problemas en la estanqueidad del mismo; en su composición interna, se encuentra equipado con aletas las cuales cortan las olas que se producen al mover el mismo, evitando que se agite demasiado y esto produzca que se evapore o que aumenten los gases del combustible; de igual manera, originalmente viene equipado el medidor de combustible. En el capítulo siguiente se podrá, ver las modificaciones que fueron realizadas al mismo, suprimiendo el medidor de combustible, ya que para el uso

didáctico no es indispensable, la tapa del depósito es hermética para evitar la salida de los gases del combustible que al estar en movimiento se producen. Se encuentra el interior protegido contra la corrosión y el óxido, ya que desprendimientos del mismo, residuos de material o de pintura serían muy perjudiciales para los sistemas subsiguientes al mismo.

El tanque de combustible como se mencionó anteriormente, viene en una posición elevada, originalmente, su disposición se encuentra en la parte superior del motor, ya que el mismo no precisa de ingreso forzado de combustible; la gravedad realiza esta función, por su baja capacidad volumétrica en el tanque de combustible, no hace falta válvulas de control de vapores de gasolina, en modelos más grandes son indispensables para evitar la sobrepresión en el tanque que puede causar daños a las cañerías y elementos adjuntos.

### **Filtro de Combustible**

Uno de los elementos vitales de cualquier motor es el filtro, sea este de aire o combustible ya que el mismo retiene, todas las impurezas que se puedan encontrar, tanto en el combustible como en el aire; su uso es obligatorio, ya que nos ayuda a mantener todos los componentes del motor en perfecto estado, de igual forma la vida del motor, en si depende del filtro.

En el caso particular del filtro de gasolina, este motor trae equipado un filtro de plástico, en su interior está hecho de papel con alma metálica, el fabricante indica que el filtro usado tiene una capacidad de filtrado de alrededor de 10 micras, valor suficiente para el combustible, al ser un sistema de combustible despresurizado,

no hace falta que los acoples sean roscados o de alta presión; el filtro de combustible se acopla con abrazaderas metálicas que proporcionan una buena estanqueidad, se estima el cambio de filtro se lo realice a los 10000 km de uso. Generalmente el manual del usuario, recomienda este mantenimiento, pero las condiciones de trabajo en nuestro país Ecuador, son totalmente diferentes ya que dichas condiciones varían notablemente; la calidad de nuestros combustibles es muy baja y con gran cantidad de impurezas, es por eso, que lo recomendable será sustituirlo cada 6000km.

### **Cañerías de combustible**

El sistema de combustible necesita básicamente de un sistema de transportación del mismo, en este caso, utiliza cañerías de combustible de caucho resistentes a gasolina, las cuales son acopladas por medio de abrazaderas como se mencionaba anteriormente; estas cañerías, se encuentran alejadas de fuentes de calor como son el escape y partes calientes del motor para evitar posibles daños.



**Gráfico No.- 2.4 Cañerías de combustible (Foto: Rubén Arévalo)**



## **El Carburador**

Todos los componentes antes mencionados, cumplen una función específica, la cual se conjuga en entregar el combustible en óptimas condiciones para que ingrese al carburador, haya sido por medios forzados o de gravedad, en nuestro caso, el ingreso de combustible hacia el carburador se da por medio de gravedad del tanque de gasolina elevado.



**Gráfico No.- 2.5 Carburador de tiro directo (Foto: Rubén Arévalo)**

Como sabemos, el motor Otto de cuatro tiempos para su funcionamiento, precisa de una mezcla de aire combustible, la cual es vaporizada en los cilindros y por medio de la chispa proporcionada por la bujías, realiza el trabajo; pues bien, esta mezcla del combustible líquido proveniente del tanque de combustible, con el aire que se encuentra en la atmósfera, lo realiza el carburador, en nuestro caso es un carburador de tiro directo, vertical, ascendente con una campana que realiza un movimiento vertical con la cuba de combustible en la parte inferior. La diferencia de este carburador con la gran mayoría de carburadores radica en que no dispone

de una aleta de aceleración conectada al cable del acelerador, sino que usa un cilindro vertical el cual está en la parte superior del mismo, conectado directamente por su parte más elevada con el cable del acelerador; una aguja central es la encargada de limitar el paso de combustible, por un lado, este cilindro tiene conexión con la atmósfera y por el otro, el paso directo al colector de admisión; sin embargo, en su parte física viéndolo de frente, por donde ingresa el aire, posee una aleta de estrangulación muy similar a la aleta de aceleración de los carburadores normales. La pequeña diferencia radica en que esta aleta controla el ahogador del motor para los arranques en frío o arranques dificultosos.

Esta aleta es controlada manualmente y consta de tres posiciones:

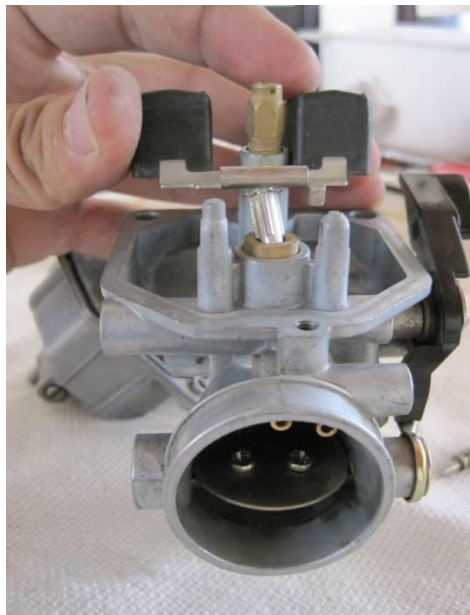
- Totalmente abierta
- Parcialmente Abierta
- Parcialmente cerrada



**Gráfico No.- 2.6 Aleta de aceleración totalmente abierta (Foto: Rubén Arévalo)**

La mezcla de aire combustible, es regulada por agujas roscadas con resorte, las cuales limitan tanto el paso del aire, como el paso del combustible desde la cuba, hacia el interior del motor.

Este carburador, está hecho en su totalidad de aluminio, ayudando así a evitar la corrosión y el óxido , de igual forma reduce el peso que lleva el motor; en la cuba se encuentra una válvula de rebalse, la cual funciona como desfogue auxiliar de combustible al momento de un posible taponamiento de algún ducto; las entradas de aire, las tiene junto a la boca del carburador en la parte externa inferior, su alimentación es directa del tanque de combustible por medio de una cañería, no posee mangueras de retorno, los excesos o posibles sobre presiones son reguladas únicamente por el flotador y su aguja interna.



**Gráfico No 2.7 Flotador del carburador y aguja de regulación (Foto: Rubén Arévalo)**

Estos carburadores, al ser diseñados para funcionar en motocicletas no encuentran problema alguno en la inclinación o posibles vibraciones, ya que su diseño está pensado en estos factores de uso y trabajo.

El Carburador por su parte externa hacia la atmósfera, posee un filtro de aire, el cual purifica cualquier impureza que podamos encontrar en el mismo; es de vital importancia la calidad del filtro para que la mezcla no se vea contaminada, así pudiendo ocasionar taponamiento del carburador tanto en sus ductos de aire o en el caso del filtro de gasolina en los ductos de combustible.

Por el otro lado, el carburador se encuentra conectado hacia el motor, mediante pernos de fijación al colector de admisión, el cual está fabricado de igual manera de aluminio; su distancia es relativamente corta favoreciendo así la llegada de la mezcla mucho más rápido hacia el cilindro.

En cuanto tiene que ver con la relación de mezcla, en general los carburadores trabajan con una relación de mezcla de 14,7: 1, esto quiere decir, que para poder combustionar un Kg de combustible es necesario 14,7 kg de aire.



**Gráfico No.- 2.8 Despiece del carburador (Foto: Rubén Arévalo)**

Esta es la mezcla estequiométrica basándonos en la composición química del combustible, realmente, no es posible ajustar esta mezcla con exactitud, en todo tipo de parámetros de funcionamiento del motor, todo dependerá, del régimen de giro del motor, de la temperatura a la que se encuentre funcionando el mismo y la

carga que se le ponga. Si existe una mayor cantidad de combustible en la mezcla, por ejemplo una mezcla de 12:1 hablamos de una mezcla rica; generalmente mezclas de este tipo encontramos en los arranques en frío, hasta que el motor pueda alcanzar el régimen de funcionamiento termodinámico óptimo, en el caso contrario, en una mezcla de 17:1, hablaremos de una mezcla pobre; tomando en cuenta que ninguno de los dos extremos es beneficioso para el motor, ya que mezclas ricas o pobres no contribuyen a un desempeño correcto del mismo, el cual no nos brindara ni el torque ni la potencia necesaria, de igual manera el consumo se verá directamente afectado, y lo más importante es la cantidad de emisiones contaminantes que se despiden hacia la atmosfera; cuando la mezcla es estequiométrica, los parámetros de emisiones contaminantes se encuentran en los estándares aceptados, pero al variar esta mezcla, variarán directamente las emisiones del motor.

### **2.2.3 Sistema eléctrico y electrónico**

Este motor 125cc se encuentra equipado con varios sistemas eléctricos y electrónicos, los cuales facilitan su puesta en marcha, dependiendo los modelos y fabricantes, varían los componentes, pero en el caso específico de este proyecto, este sistema utiliza los siguientes componentes que a continuación se detallan:

#### ***2.2.3.1 Sistema eléctrico***

Todo motor necesita de un sistema eléctrico para poder funcionar; en el caso puntual del 125cc, el sistema eléctrico es relativamente sencillo, consta de una batería de 12v y el amperaje varía según los accesorios que se requieran y van de entre 3 a 9 amperios, el cableado que conecta a los diferentes componentes

es un cableado del tipo automotriz resistente al calor, ya que el amperaje no es tan elevado como el de un motor de vehículo, no es necesario un grosor muy elevado, pero tampoco son cables tan finos por seguridad.



**Gráfico No.- 2.9 Batería de 12v (Foto: Rubén Arévalo)**

El sistema maneja positivos y negativos, pero en general todo se controla con negativo para evitar cortos y cargas excesivas a los contactos. Este proyecto puntualmente no requiere mayor parte eléctrica, como luces, pito y accesorios por eso que la parte eléctrica es muy simple; el motor de arranque se conecta a la batería y a tierra y por medio de un pulsadores cierra el circuito y arranca; lo demás está encargado al sistema de encendido el cual también funciona con electricidad proveniente de la batería, pero se lo detalla más adelante.

#### ***2.2.3.2 Sistema de carga y arranque***

Todo motor, necesita de un sistema de carga y arranque para poder funcionar, como su nombre lo indica, el sistema de carga está dispuesto en el motor, para poder cargar la batería, que como ya se vio es un componente del sistema eléctrico, ésta nos permite tener la energía eléctrica necesaria para el arranque y para poder alimentar los sistemas del encendido. El sistema de carga, alimenta



con corriente la batería para así poder volver a funcionar cuando se lo requiera; el arranque de este sistema es similar al de un vehículo comercial, consta de un motor de arranque eléctrico el cual se alimenta positivamente de la batería y mediante un pulsador se cierra el circuito y se induce al motor a girar.

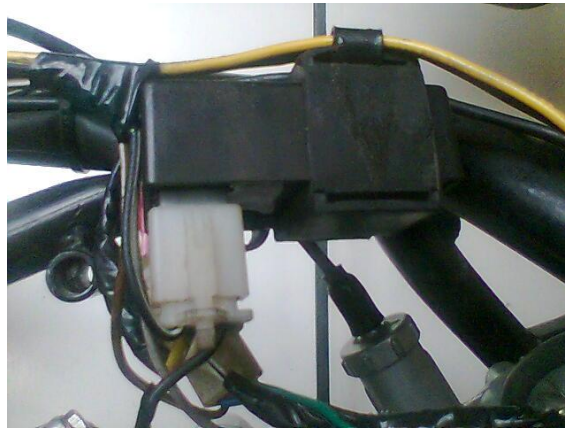


**Gráfico No.- 2.10 Motor de arranque (Foto: Rubén Arévalo)**

Continuando con el tema, este está conectado por medio de un piñón al volante del motor, el cual hace girar el mismo y se produce el giro del motor; en el caso del sistema de carga, se utiliza un volante magnético el cual se encarga de proveer de carga a la batería, en el caso de motores más grandes se utiliza un alternador entero, el cual encuentra conectado al motor por medio de bandas, en este caso se encuentra directamente acoplado al mismo, el cual con su giro produce la electricidad necesaria para cargar el sistema, sabiendo que la electricidad que nos genera, tiene muchos picos, los cuales no podrían ser usados para cargar la batería y tampoco para el funcionamiento de los sistemas adjuntos; es por eso que tiene un rectificador de diodos los cuales cortan los picos y estabilizan el flujo de corriente, así facilitan su uso posterior como una corriente más limpia.

### **2.2.3.3 Sistema de encendido**

El en caso del encendido de este sistema, consta de una magneto que censa el punto muerto superior, se encuentra en el volante y genera una corriente muy pequeña; esta corriente es transportada al CDI (Ignición por descarga de condensador). Este se encarga de generar unos 12 mil voltios, produciendo la chispa en el momento oportuno, a este sistema, se lo puede catalogar como autónomo ya que a mayores o menores revoluciones el mismo varia el salto de chispa unos grados antes o grados después.



**Gráfico No.- 2.11 Componente electrónico CDI (Foto: Rubén Arévalo)**

El CDI es un componente electrónico o circuito electrónico físicamente cuadrado y de color negro, muy parecido a una caja de fusibles, el cual es el encargado de dar una señal para, que la o las bobinas induzcan la chispa eléctrica en la bujía y así pueda realizarse el trabajo del motor. El CDI posee cuatro cables distribuidos por separado, el primer cable, va conectado al sensor o magneto que se encuentra en el volante del motor, el cual censa el punto muerto superior para saber donde se encuentra el mismo; el segundo, va a masa, el tercero usa corriente proveniente de la batería, que como ya se explico antes, es de 12v, generalmente en algunos casos, varia de 8 a 12v y el cable que sobra ingresa a la bobina entregando corriente interrumpida, la cual esta inducida con alto voltaje.



En el caso de la bobina, se encuentra conectada al CDI, recibiendo una señal interrumpida que genera chispas o saltos de corriente, generalmente gruesas con un ancho de banda y amplitud. En los motores que utilizan CDI la chispa es relativamente corta o como en los vehículos comerciales, en los cuales es una chispa grande y larga, esta chispa se transmite de la bobina de inducción hacia el motor, a través del cable de la bujía y llega a la bujía en donde se proporciona la chispa eléctrica hacia el motor, y así se produce el trabajo.



**Gráfico No.- 2.12 Bobina de inducción (Foto: Rubén Arévalo)**

No entraremos en mayores detalles de funcionamiento y componentes electrónicos y eléctricos, ya que el motivo del presente proyecto es puntualizarse en el uso de etanol, no en la mecánica o electrónica del motor.

### **2.3. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y EMISIÓN DE GASES.**

En esta parte del proyecto, es donde ya se empieza a realizar un análisis más tangible del motor en sí. Hemos visto ya, como el motor viene equipado desde la fabrica, diseñado para su funcionamiento con gasolina, todos los componentes con los cuales el motor viene armado, están orientados a prestar el mejor rendimiento y eficiencias tanto de consumo y de emisiones contaminantes. Es por

eso, que en este punto, vamos a realizar la primera prueba del motor ya en funcionamiento, para así poder determinar los parámetros originales de fábrica en lo que se refiere a emisiones contaminantes.

Las pruebas que se realizarán, como se menciono anteriormente, son pruebas estándares, tal cual el motor viene de fábrica, sin ningún tipo de modificación o variación al motor; estas pruebas, serán realizadas con dos tipos de gasolinas que podemos encontrar en el mercado.

El objetivo de esta primera prueba, es determinar o tener una base con la cual se pueda comparar, las futuras modificaciones que serán realizadas al motor, así pudiendo saber, qué tipo o mezcla de combustibles, son las apropiadas para este motor en sí, sabiendo que podrán ser aplicadas a cualquier motor en general usando las variaciones necesarias en cada caso.

### **2.3.1 Prueba 1 análisis de emisiones de gases con gasolina extra**

Esta prueba se realiza con el motor ya instalado en el banco de pruebas, su diseño y funcionamiento será detallado en el capítulo siguiente; todas las pruebas que serán realizadas en el motor, se encontrarán detalladas en la tabla de emisión de gases 1, el análisis de la misma e interpretación se encontrara al pie de tabla. Los parámetros medidos en el motor, se basan a los determinados por la Corpaire (Corporación de aire para Quito), la cual determina valores por modelo de vehículo y año de producción, teniendo un valor máximo de contaminación.

En el caso de nuestro motor, el valor máximo de emisiones permitido por la Corpaire es el siguiente, tomando en cuenta valores menores a la norma máxima de emisiones para encontrarse en rangos aceptables:

CO = 5.9

tanto en bajas como en altas

HC = 4000 partes

tanto en bajas como en altas

### Tabla de Emisiones contaminantes CORPAIRE

|                                                                                                                        |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Equipamiento                                                                                                           | Periodo de revisión                   |
| Costo de la revisión 2010                                                                                              | Equipamiento                          |
| Centros de Revisión                                                                                                    | Costos de la Revisión                 |
| Pruebas Técnicas                                                                                                       | Centros de Revisión                   |
| Valores Máx. Emisiones RTV 2009                                                                                        | Pruebas Técnicas                      |
| Empresas de Revisión                                                                                                   | Valores máximos de emisiones RTV 2009 |
| Guía de trámites RTV »                                                                                                 |                                       |
| <u>Acerca de los Requisitos:</u>                                                                                       |                                       |
| Para vehículos particulares                                                                                            |                                       |
| Para Vehículos públicos                                                                                                |                                       |
| Para vehículos nuevos                                                                                                  |                                       |
| <u>Acerca del Certificado:</u>                                                                                         |                                       |
| Ver Certificado                                                                                                        |                                       |
| Resultado                                                                                                              |                                       |
| Defectos                                                                                                               |                                       |
| Ubicación Defectos                                                                                                     |                                       |
| Calificación                                                                                                           |                                       |
| <u>Acerca de la Base Legal:</u>                                                                                        |                                       |
|  Instructivo RTV 2010 (438 Kb)      |                                       |
|  ver Ordenanza No. 213 (590 Kb)     |                                       |
|  Ley Transporte Terrestre (344 Kb)  |                                       |
|  Reglamento General Ley de Tránsito |                                       |

| Valores Máximos (Umbral tipo III) de emisiones de Vehículos a Gasolina (RTV 2009) |                                 |                           |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Prueba en vacío en altas y bajas revoluciones:                                    |                                 |                           |                                 |
| Año Modelo                                                                        | CO (% V)<br>Monóxido de carbono | HC (ppm)<br>Hidrocarburos | O <sub>2</sub> (% V)<br>Oxígeno |
| 2000 y posteriores                                                                | 1                               | 200                       | 5                               |
| 1990 - 1999                                                                       | 4.5                             | 750                       | 5                               |
| Menor a 1989                                                                      | 7                               | 1300                      | 5                               |

| VALORES MAXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE EMISIONES DE MOTOCICLETAS DE 2 Y 4 TIEMPOS (RTV2009) |                                 |                           |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Prueba en vacío en bajas revoluciones-ralenti:                                            |                                 |                           |                                 |
| Año Modelo                                                                                | CO (% V)<br>Monóxido de carbono | HC (ppm)<br>Hidrocarburos | O <sub>2</sub> (% V)<br>Oxígeno |
| Todas                                                                                     | 8                               | 6000                      | 5                               |

| VALORES MAXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE EMISIONES DE VEHICULOS A DIESEL (RTV2009) |               |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Prueba en aceleración libre:                                                   |               |
| Año Modelo                                                                     | % de OPACIDAD |
| 2000 y posteriores                                                             | 50            |
| 1999 y anteriores                                                              | 60            |

Grafico 2.13 Tabla de valores de emisiones contaminantes Corpaire<sup>12</sup>

Estos valores, equivalen a una motocicleta de 4 tiempos, de un solo cilindro, a carburador, la Corpaire no hace referencia de años en las motocicletas. Este motor no dispone de un catalizador de gases, es por eso que los valores de emisiones son relativamente altos, comparados con los de un motor convencional provisto de un catalizador y de un sistema de inyección electrónica. A continuación, podremos ver de una manera más clara y exacta, la variación de los valores de emisiones de nuestro sistema dual de combustible, demostrando así,

<sup>12</sup> <http://www.corpaire.org/siteCorpaire/reviTecnica.jsp>

qué tipo de combustible y qué mezcla es la mejor en cuanto a reducción de contaminación se refiere.

#### **2.3.1.1 Guía de Prácticas**

Para realizar las mediciones en el banco de pruebas, es necesario tener una guía de prácticas la cuales permitirá paso a paso, desarrollar la práctica y obtener los valores que se buscan en la misma, en el caso de nuestro banco de pruebas las mediciones que se realizaran son cantidad de emisiones contaminantes con los diferentes tipos de mezcla de combustible, llámese esta gasolina y etanol.

A continuación se detalla la primera guía de practica paso a paso con los datos que se encuentran en la misma, no se detallara en tabla como es el formato real para desarrollar la práctica, para poder desmenuzar paso a paso cada uno de los tópicos que se encuentran en la guía de prácticas.

La guía de prácticas en su formato real se encuentra en la sección de anexos en la parte posterior de esta presente tesis, así cuando se requiera realizar una práctica se debe recurrir a dicha sección para obtener la tabla de prácticas y poder desarrollar la misma.

Se desarrollará solo una tabla como muestra de guía de prácticas ya que las demás tablas son basadas en la misma guía, es por eso que posteriormente solo detallaremos la tabla de datos con su análisis en la parte inferior de la misma.

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**GUIA DE PRÁCTICAS**

**1.- PRESENTACION.**

**Integrante:** Rubén Arévalo P.

**Semestre:** 10mo

**Ing. a cargo:** Ing. José Luis del Pozo

**No de práctica:** 1

**Fecha:** Junio del 2010

**Tema:** Medición de gases contaminantes con gasolina extra, en un motor 125cc a carburador.

**2.- INTRODUCCION.**

El inminente calentamiento global debido a las altas emisiones contaminantes, hace necesario tomar medidas urgentes para tratar de reducir las mismas, es por eso que, realizar diferentes pruebas en un motor de combustión interna, usando combustibles alternativos o concentraciones en diferentes porcentajes, darán una óptica más clara de cómo reducir las mismas y en que parámetros de afinamiento del motor el mismo se desempeña de una manera menos contaminante.

**3.- MARCO TEORICO.**

**3.1 Planteamiento del problema.-** Hoy en día los motores de combustión interna emiten grandes cantidades de CO y HC a la atmosfera, contaminando el aire que respiramos los seres vivos en este planeta, esta contaminación se desarrolla y

causa que el aire del planeta se vaya calentado, este calentamiento hace que la temperatura global se eleve paulatinamente, afectando a todo el ecosistema en sí, derritiendo polos y calentando zonas frías.

Motores mal afinados y uso de combustibles fósiles y no renovables son causantes de este calentamiento generando un problema global.

### **3.2 Objetivos.**

**Objetivo General.-** Determinar la cantidad de emisiones contaminantes del motor 125cc 4 tiempos, usando gasolina extra al 100%

#### **Objetivos Específicos:**

- Obtener datos reales del banco de pruebas, sobre cantidades de HC y CO emitidos por el motor en condiciones normales de trabajo
- Establecer parámetros de medición, para las diferentes pruebas con combustibles alternativos.
- Contribuir con el medio ambiente al analizar la cantidad de emisiones contaminantes, posteriormente afinando el mismo para reducirlas en un porcentaje.

## **4.- PARTE EXPERIMENTAL.**

### **4.1 Materiales y Métodos.**

Los materiales a ser usados son los siguientes:

1. Banco de pruebas gasolina etanol
2. Analizador de gases que mida HC y CO
3. Gasolina extra

4. Destornilladores plano y estrella
5. Probeta graduada en mililitros
6. Parámetros de emisiones contaminantes
7. Calculadora para determinar porcentajes de contaminación

#### **4.2 Procedimiento.**

Primeramente es necesario abastecer el tanque de combustible. Del banco de pruebas gasolina etanol, como esta prueba busca determinar el grado de emisiones contaminantes de la gasolina extra, se suministra, gasolina extra 100% al tanque dispuesto para gasolina.

Posteriormente se abrirá la válvula de paso de combustible hacia la probeta central, en donde se tomara el dato de la cantidad de combustible en mililitros que va a ingresar al carburador verificamos el nivel de aceite en el motor, abrimos el contacto de la batería y el pulsador que conecta la energía eléctrica en el mismo y posteriormente arrancamos el motor. Cabe resaltar que si las condiciones de trabajo son frías, será necesario aplicar el ahogador del carburador para poder encender el motor.

Una vez encendido el motor esperamos alrededor de 4 minutos en ralentí hasta que el motor adquiera su temperatura de trabajo, una vez caliente el motor encendemos el analizador de gases y lo conectamos al tubo de escape, que se encuentra en la parte posterior del banco de pruebas. Sin acelerar el motor medimos la cantidad de gases que están siendo emitidas, anotamos esta medición de CO y HC.

Luego se deja ventilar la sonda del analizador para que se eliminen posibles residuos de la medición anterior, nuevamente conectamos el analizador al escape, pero esta vez lo aceleramos a un régimen de giro de 4500 rpm, mantenemos de 30 a 40 segundos, para que el analizador de gases obtenga la medición exacta.

Finalmente apagamos el motor, de igual manera el analizador de gases y tabulamos las mediciones, cabe resaltar, que las mediciones deben estar dentro de los parámetros establecidos en la tabla de datos proporcionada por la Corpaire que previamente se estudio. Si las mediciones se encuentran fuera de los parámetros, será necesario realizar una afinación al carburador, o verificar el estado del mismo, esto quiere decir limpieza de sus componentes; otro punto importante será definir la calidad del combustible que se está usando.

En pruebas posteriores ya se usaran mezclas de etanol contenidas en la gasolina y ahí se verá una variación con respecto a estos datos obtenidos.

#### **4.3 Resultados y Análisis.**

Se obtuvo en las mediciones realizadas la banco de pruebas con gasolina extra, los siguientes resultados que están tabulados a continuación, en la parte inferior se encuentra el respectivo análisis de resultados.



## TABLA DE EMISIONES DE GASES 1

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** Gasolina Extra

**Porcentaje de Pureza:** 100%

*Tabla No 2.2 Emisiones de gases 1 gasolina extra (Tabla: Rubén Arévalo)*

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC  |
|------|-------------|------|-----|
| 2000 | 89 C        | 4.37 | 347 |
| 4000 | 90 C        | 3.5  | 324 |

### **Análisis de Resultados:**

Estas pruebas preliminares, sin ningún tipo de variación en el motor, nos demuestran que el mismo se encuentra dentro de los parámetros determinados por la Corpaire; esto quiere decir, que el motor no tiene emisiones contaminantes mas allá de los límites permitidos, ya que se encuentran bien regulados, los diferentes pasos de aire combustible para una mezcla poco contaminante.

Más adelante, en las mediciones con el motor adaptado para su funcionamiento con etanol, nos podremos dar cuenta, de la variación de los niveles de emisiones contaminantes, y si es que dicha modificación, con gasolina extra y súper, varió de alguna manera siendo beneficioso o no para la atmósfera.

### **5.- CONCLUSIONES.**

1. Se determino la cantidad de emisiones contaminantes del motor 125cc 4 tiempos, que se encuentra usando gasolina extra en una pureza del 100%.

2. Mediante las mediciones se obtuvieron datos de HC como de CO que estaban siendo emitidos a la atmosfera, todo esto en condiciones normales de trabajo.
3. Se establecieron parámetros de medición para las pruebas posteriores de emisiones de gases, así como la forma con la cual se debe realizar dicha medición siguiendo el proceso mencionado.
4. El motor no se encuentra contaminando actualmente, así se contribuye al medio ambiente ya que se encuentra en parámetros permitidos por la Corpaire.

#### **6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

**Química ambiental**, Colin Baird, Raymond B. Seymour, Charles E. Carraher  
pag268

**Química y reactividad química**, John Kotz, Gabriela C Weaver, Paul M Treichel

**Ciencia Ambiental/ Environmental Science**, G. Tyler Jr Miller, Jr G Tyler Miller

**Atlas de la Agroenergía y los biocombustibles en la Américas**, Mario A

Seixas, Inter-American Ins.

**Perspectivas agrícolas OCDE-FAO 2007-2016**, Organización para la  
Cooperación y el Desarrollo Económicos.

**Cultivos industriales**, por Luis López Bellido

**Tratado sobre automóviles**, Jols Ruiz Font Mezquita, José Font Mezquita, Juan  
F. Dols Ruiz, Universidad Politécnica de Valencia.

[http://www.madrimasd.org/informacionIDI/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4\\_Biocarburantes\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionIDI/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf)

[http://www.efoa.org/docs/ETBE\\_PRODUCT\\_BULLETTIN\\_JUN\\_2006.PDF](http://www.efoa.org/docs/ETBE_PRODUCT_BULLETTIN_JUN_2006.PDF)

<http://www.flacsoandes.org/web/imagesFTP/10088.ContaminacionQuito.pdf>

<http://homepage.mac.com/uriarte/protocolo.htm>

<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/fotos3.htm>

[www.threatlab.com/.../gas\\_pump\\_mtbe.jpg](http://www.threatlab.com/.../gas_pump_mtbe.jpg)

<http://images.thetruthaboutcars.com/2008/06/e85.jpg>

<http://200.10.250.206/bvsaidis/ecuador10/muni.pdf> pag17

### **2.3.2 Prueba 2 análisis de emisiones de gases con gasolina súper**

#### **TABLA DE EMISIONES DE GASES 2**

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** Gasolina Súper

**Porcentaje de Pureza:** 100%

*Tabla No.- 2.3 Emisiones de gases 2 gasolina súper (Tabla: Rubén Arévalo)*

| <b>RPM</b> | <b>TEMPERATURA</b> | <b>CO</b> | <b>HC</b> |
|------------|--------------------|-----------|-----------|
| 2000       | 90 C               | 5.9       | 316       |
| 4000       | 90 C               | 5.7       | 295       |

#### **Análisis de Resultados:**

En este otro caso, en la medición con gasolina súper, pudimos notar un incremento en los niveles de CO, pero una disminución en HC, esto, nos da a notar, que el tipo de combustible dentro de un motor, realmente afecta en su desempeño tanto de rendimientos como de emisiones contaminantes.

Los parámetros de CO, se encuentran al límite de la norma permitida de emisiones contaminantes, mientras que los parámetros de HC, se vieron reducidos en gran manera, incluso superando más de la mitad de contaminación, como se mencionó previamente. El motor, se encuentra afinado de una manera correcta para evitar la contaminación fuera de los límites establecidos.

## **CAPITULO 3**

### **PROCESO DE FLEXIBILIZACION DEL MOTOR 125CC GASOLINA -**

#### **ETANOL**

##### **3.1. INFORMACIÓN BÁSICA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR CON ETANOL.**

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, el tipo de combustible que se utilice en un motor, influenciará notablemente en el desempeño del mismo y evidentemente en las emisiones de gases contaminantes. Un motor a gasolina, trabaja con derivados del petróleo como combustible, es decir, combustibles o recursos fósiles, los cuales son extraídos de la tierra y no son renovables. En el caso del etanol, es un biocombustible ya que viene de productos orgánicos, en especial de plantas, lo cual permite su regeneración, continuo cultivo y extracción del etanol.

El funcionamiento de un motor con etanol como combustible, es similar al de un motor de gasolina, todos sus componentes son similares en gran parte y su funcionamiento es casi idéntico, ya que al ser un motor Otto de cuatro tiempos, se basa en el mismo principio; físicamente los motores son idénticos, el detalle en donde se ve modificado, es en el sistema de admisión de combustible, ya que por ahí, es donde va a circular el nuevo combustible.

Como se vio anteriormente, el etanol es un alcohol con gran cantidad de oxígeno en su estructura, sabemos también, que es muy volátil y tiende rápidamente a evaporarse si se lo deja al aire libre, además posee un grado octano elevado con

relación a la gasolina, pero, ya dentro del motor se comporta diferente que el combustible fósil.

Al poseer gran cantidad de oxígeno, el motor requiere de mayor compresión, para poder combustionar correctamente la mezcla, es por eso que los motores que vienen con sistemas 100% etanol, se encuentran modificados en su relación de compresión, para con esto, mejorar la descompensación con respecto a la gasolina.

A breves rasgos, un motor a etanol posee un sistema de combustible mejorado, desde su bomba combustible, tanque, cañerías, filtros e inyectores, ya que necesitan refuerzo para evitar la corrosión del etanol en el sistema.

Algunos vehículos de serie, vienen equipados de fábrica con un depósito de gasolina para el encendido en frío, ya que el etanol por su calidad de alcohol precisa de no menos de 14 grados centígrados de temperatura, para poder inflamarse correctamente dentro de la cámara de combustión; sabiendo esto, ningún vehículo podría encender en condiciones de temperatura baja, este problema se lo ha corregido con el dispositivo de arranque en frío, que no es más que un depósito de gasolina elevado que ingresa al sistema de alimentación de combustible, al momento del arranque. Una vez que el motor ha alcanzado su temperatura normal de funcionamiento, el sistema suspende la circulación de gasolina y pasa a trabajar con 100% etanol, este sistema fue uno de los primeros y más usados en los vehículos de serie para solucionar el problema del arranque en frío.

NO obstante, el avance de la tecnología y nuevas modificaciones, han hecho muchas mejoras en cuanto a sistema de arranque en frío se refieren; es así, que hoy en día se han suprimido los sistemas de depósito extra de gasolina para cambiarlos por calefactores y resistencias ubicadas estratégicamente dentro del sistema, de esta manera ayudando a calentar el combustible o el aire que ingresa a los cilindros.

A medida que pasa el tiempo y con la mayor utilización de etanol en los vehículos de serie, saldrán nuevas mejoras que ayuden a solucionar dicho problema, para que a la larga sea igual o mejor que tener un sistema de gasolina.

Hablando de parámetros de rendimiento del motor a etanol, sabemos que al tener una mayor compresión en los cilindros y un combustible de mayor octanaje, su desempeño evidentemente será mejor. Cabe resaltar que hoy en día con el calentamiento global, la mayoría de casas automotrices, apuntan a una eficiencia de combustible, con una baja emisión de gases de efecto invernadero, en este campo, el etanol, es uno de los combustibles que lleva la delantera ya que como se ha visto anteriormente, los porcentajes de emisiones contaminantes son menores con etanol que con gasolina. Es importante notar, que mientras más vehículos se encuentren equipados con estos sistemas, sean flex (mezclas de gasolina etanol) o 100% etanol, menor será el impacto de las emisiones contaminantes en la atmósfera.

En el caso específico de este proyecto, se demuestra con datos puntuales las cantidades de emisiones contaminantes que están siendo vertidas a la atmósfera, tanto con gasolina y de igual manera con cada una de las mezclas más comunes etanol. Solo de una manera tangible, a través de datos y tablas, podremos

determinar su calidad, como combustible que no emita tantas emisiones de efecto invernadero.

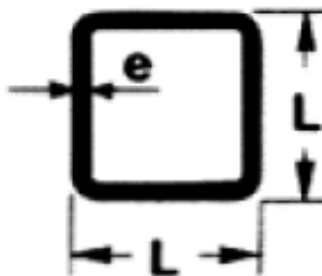
### **3.2. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO PARA EL MOTOR Y ADAPTACIÓN DE SISTEMAS**

En este capítulo, nos basaremos netamente en la construcción física del banco de pruebas de etanol, así como la implementación de todos los sistemas requeridos para su funcionamiento. A continuación, se detalla paso por paso la construcción, elaboración e implementación de los sistemas en el banco de pruebas.

#### **3.2.1 Construcción del banco metálico.**

##### **Parámetros de construcción<sup>13</sup>:**

**Material:** Tubo metálico cuadrado de 1 pulgada x 4mm de espesor.



**Grafico No 3.1 Nomenclatura de tubo metálico hueco cuadrado<sup>14</sup>**

##### **Características técnicas del tubo:**

**Dimensiones (L) mm:** 28

**Espesor (e) mm:** 4

**Peso (Kg/m):** 2,950

---

<sup>13</sup> <http://www.jansa.com/data/files/pdf/cuadrados.pdf>

<sup>14</sup> <http://www.jansa.com/data/files/pdf/cuadrados.pdf>



**Area de la sección (A) cm<sup>2</sup>: 3,763**

**Momento de Inercia de Inercia de torsión (J) cm<sup>4</sup>: 5,844**

**Constante de Torsión (C) cm<sup>3</sup>: 3,509**

**Momento de inercia de flexión (I) cm<sup>4</sup>: 3,545**

**Momento de inercia de flexión (W) cm<sup>3</sup>: 2,532**

**Radio de Giro (i) cm: 0,9707**

**Coeficiente de adaptación plástica: 1,160**

**Modulo de plasticidad de flexión: (Z) cm<sup>3</sup>: 3,337**

**Superficie m<sup>2</sup>/Tn: 35,01**

#### **Tipo de suelda y material de aporte:**

En este caso se utilizo la suelda tipo e-6011, el cual es un electrodo que se usa para acero dulce y acero de baja aleación, este electrodo tiene una resistencia a “la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada (42,2 kg./mm<sup>2</sup>)”<sup>15</sup>. El electrodo posee un revestimiento con alto contenido de materia orgánica (celulosa).

El E- 6011 tiene una gran penetración, la cual proviene de la alta potencia del arco, debido a su alto contenido de celulosa en su recubrimiento, en un porcentaje del 35% de su peso, la celulosa al soldar se descompone en gas carbónico CO y vapor de agua H<sub>2</sub>O.

**Diseño.-** El diseño del banco metálico se lo puede encontrar en la sección de anexos en la última parte de la presente teses, en dicho diagrama se encuentran

---

<sup>15</sup> [http://www.aga.com.ec/international/web/lg/ec/likekgagaec.nsf/DocByAlias/info\\_welding\\_electrone](http://www.aga.com.ec/international/web/lg/ec/likekgagaec.nsf/DocByAlias/info_welding_electrone)

las vistas frontal, lateral, superior y espacial, con sus debidas cotas y rotulación, mas a delante encontraremos fotos del banco en su proceso de construcción.

### Calculo estructural:

El banco metálico en el cual está apoyado el motor 125cc es una estructura metálica de forma rectangular, el motor se apoya en el marco superior de la estructura en la cual existen 3 puntos de apoyo los cuales se encuentra soportando el peso directamente del motor, como se vio en los datos anteriores este tubo posee una gran resistencia, su forma cuadrada aumenta la resistencia del metal notablemente y el material de aporte en las sueldas solidifica y refuerza el mismo.

En la parte superior tenemos las siguientes cargas repartidas, las cuales producen una tabla de datos subsiguiente:

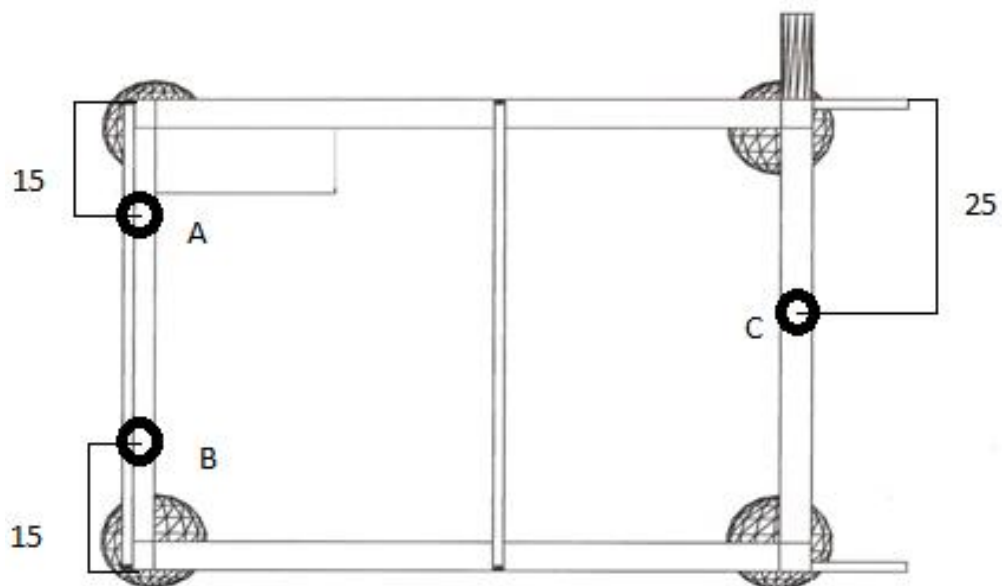


Grafico 3.2 Puntos de apoyo del motor al banco (Gráfico: Rubén Arévalo)

El análisis estructural en los apoyos A B que se muestran en la figura corresponde al cálculo de resistencia de materiales de Vigas simplemente apoyadas en sus

dos extremos (cargas Puntuales), este analisis arroja los siguientes datos obtenidos directamente en el banco. (Programa que realiza calculos estructurales)<sup>16</sup>

**Tabla No.- 3.1 Analisis resistencia de materiales parte superior**

**GRAFICO DE DATOS**

**TOMA DE DATOS.**

(HASTA 2 CARGAS PUNTUALES)

|                 |                                  |                                                  |
|-----------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
|                 | <b>L (m)</b>                     | <input type="text" value="0.5"/>                 |
| <b>P(1)(Kg)</b> | <input type="text" value="9.6"/> | <b>a(1)(m)</b> <input type="text" value="0.15"/> |
| <b>P(2)(Kg)</b> | <input type="text" value="9.6"/> | <b>a(2)(m)</b> <input type="text" value="0.35"/> |

---

**RESULTADOS**

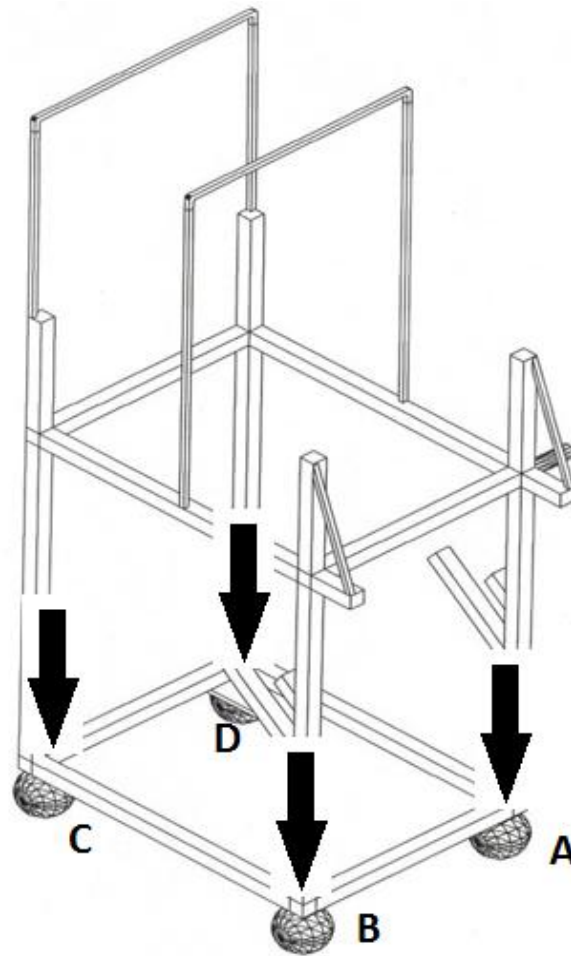
| P              | a    | $R_A$ | $R_B$ |
|----------------|------|-------|-------|
| 9.60           | 0.15 | 6.72  | 2.88  |
| 9.60           | 0.35 | 2.88  | 6.72  |
| <b>TOTALES</b> |      | 9.60  | 9.60  |

**ESFUERZOS CORTANTES Q**

| Q (0 - 0.2) | Q (0.2 - 0.4) | Q (0.4 - 0.5) |
|-------------|---------------|---------------|
| 9.60        | 0.00          | -9.60         |

| X    | MOMENTOS FLECTORES |                  | MOMENTO TOTAL |
|------|--------------------|------------------|---------------|
|      | P=9.60<br>a=0.15   | P=9.60<br>a=0.35 |               |
| 0.00 | 0.00               | 0.00             | 0.00          |
| 0.05 | 0.34               | 0.14             | 0.48          |
| 0.10 | 0.67               | 0.29             | 0.96          |
| 0.15 | 1.01               | 0.43             | 1.44          |
| 0.15 | 1.01               | 0.43             | 1.44          |
| 0.20 | 0.86               | 0.58             | 1.44          |
| 0.25 | 0.72               | 0.72             | 1.44          |
| 0.30 | 0.58               | 0.86             | 1.44          |
| 0.35 | 0.43               | 1.01             | 1.44          |
| 0.35 | 0.43               | 1.01             | 1.44          |
| 0.40 | 0.29               | 0.67             | 0.96          |
| 0.45 | 0.14               | 0.34             | 0.48          |
| 0.50 | 0.00               | 0.00             | 0.00          |

<sup>16</sup> [http://www.miliarium.com/Prontuario/Vigas/vigas\\_apoyadas\\_c\\_puntual.ASP](http://www.miliarium.com/Prontuario/Vigas/vigas_apoyadas_c_puntual.ASP)



**Grafico 3.3 Peso en cada uno de las llantas (Grafico: Rubén Arévalo)**

El peso total que resiste la estructura en si es de 21,81 Kg, esto quiere decir que el peso que soportara cada llanta es de 5,45 kg el valor de resistencia en peso de las llantas proporcionado de el fabricante es de 20 Kg para cada una de ellas eso quiere decir que resistirían 80 Kg de peso sin ningún inconveniente, nuestro peso total es de 21,81 Kg teniendo un gran margen de seguridad evitando fatiga del material y posibles rupturas.

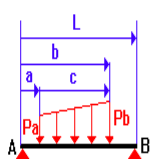
El cálculo del peso en el marco inferior y su cálculo estructural está en la tabla a continuación: (Programa que realiza calculos estructurales)<sup>17</sup>

<sup>17</sup> [http://www.miliarium.com/Prontuario/Vigas/vigas\\_apoyadas\\_c\\_distribuida.ASP](http://www.miliarium.com/Prontuario/Vigas/vigas_apoyadas_c_distribuida.ASP)

## Vigas apoyadas en sus dos extremos cargas distribuidas en los neumáticos del banco

**Tabla No.- 3.2 Analisis resistencia de materiales y carga en las llantas del banco**

**GRAFICO DE DATOS**

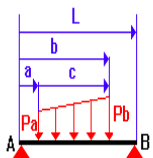


**TOMA DE DATOS.**  
**(UNA CARGA DISTRIBUIDA)**

|               |              |             |     |  |
|---------------|--------------|-------------|-----|--|
|               | <b>L (m)</b> | 0.5         |     |  |
| <b>Pa(Kg)</b> | 10.1         | <b>a(m)</b> | 0   |  |
| <b>Pb(Kg)</b> | 10.1         | <b>b(m)</b> | 0.5 |  |

---

**GRAFICO DE RESULTADOS**



**RESULTADOS**

| a    | Pa    | b    | Pb    | RA   | RB   |
|------|-------|------|-------|------|------|
| 0.00 | 10.10 | 0.50 | 10.10 | 2.53 | 2.53 |

| X    | ESFUERZOS CORTANTES | MOMENTOS FLECTORES |
|------|---------------------|--------------------|
| 0.00 | 2.53                | 0.00               |
| 0.03 | 2.27                | 0.06               |
| 0.05 | 2.02                | 0.11               |
| 0.08 | 1.77                | 0.16               |
| 0.10 | 1.52                | 0.20               |
| 0.13 | 1.26                | 0.24               |
| 0.15 | 1.01                | 0.27               |
| 0.18 | 0.76                | 0.29               |
| 0.20 | 0.51                | 0.30               |
| 0.23 | 0.25                | 0.31               |
| 0.25 | 0.00                | 0.32               |
| 0.28 | -0.25               | 0.31               |
| 0.30 | -0.51               | 0.30               |
| 0.33 | -0.76               | 0.29               |
| 0.35 | -1.01               | 0.27               |
| 0.38 | -1.26               | 0.24               |
| 0.40 | -1.52               | 0.20               |
| 0.43 | -1.77               | 0.16               |
| 0.45 | -2.02               | 0.11               |
| 0.48 | -2.27               | 0.06               |
| 0.50 | -2.53               | 0.00               |

Después de finalizar los análisis preliminares de cálculos estructurales tipos de materiales y soldas, nos dedicaremos a lo que realmente compete, la construcción del banco metálico en sí, explicaremos paso a paso cada uno de los procesos realizados en este trabajo para poder finalmente sujetar el motor y anclarlo en la estructura, para su posterior prueba en funcionamiento y verificación de la resistencia real.

Para comenzar la construcción de este banco metálico, se necesita dos tubos y medio cuadrados de 6 metros por 1 pulgada y 4 milímetros de espesor, el cual podrá ser capaz de sostener sin problemas el peso y la vibración producida por el motor en funcionamiento, así como también, de los accesorios que se necesitan sujetar en la estructura en sí.



**Gráfico No.- 3.4 Estructura banco del motor (Foto: Rubén Arévalo)**

Una vez con todos los materiales, se procede al corte de los tubos con las puntas en V, para facilitar de esta manera acople y soldado con las demás piezas; una vez que tenemos todos los tubos cortados, se empieza a formar la estructura desde la parte inferior, para así poder darle resistencia a la estructura. Finalmente

se remata los puntos de suelda, verificando que no existan huecos por los cuales pueda producirse oxidación de algún tipo; se liman todos los filos y limallas que puedan quedar después del proceso de soldadura, con el fin de prevenir accidentes o cortes en su manipulación.



**Gráfico No.- 3.5 Sellado de posibles filtrado (Foto: Rubén Arévalo)**

Adicional a la estructura metálica, que soportará el motor en sí, se construyen los soportes de los tanques tanto de gasolina como de etanol, los cuales tienen que estar en una posición elevada, ya que el carburador del motor se abastece por medio de gravedad del combustible, para este fin, se utiliza varilla cuadrada en forma de U.

Una vez soldados todos estos implementos, es necesario adaptar ruedas al mismo, para su futuro transporte al momento de realizar las pruebas en el banco; es por eso que se colocan 4 ruedas fijas que van soldadas a la parte inferior de la estructura, las mismas que son capaces de soportar 80 kg de peso.



**Gráfico No.- 3.6 Suelda de Bases U para los tanques (Foto: Rubén Arévalo)**

Esta resistencia que tienen, es suficiente para la carga que se les va a proporcionar, las llantas se encuentran equipadas con un dispositivo de freno, el cual permitirá inmovilizar el banco en el momento que sea preciso, de igual forma se quita el freno y podemos mover el banco a cualquier posición.



**Gráfico No.- 3.7 Suelda de ruedas de apoyo a la base (Foto: Rubén Arévalo)**

### **3.2.2 Colocación del Motor 125cc 4 tiempos en el banco metálico**

Una vez listo el banco metálico con los sistemas rígidos ya colocados y sus llantas bien sujetas y firmes a la estructura, es momento de colocar el motor en su armazón o chasis; cabe resaltar que los motores de este tipo no utilizan ninguna



base de caucho entre el banco metálico y el motor, es por eso, que el acople es firme.

En este caso, se utiliza un chasis de motocicleta cortado y adaptado a nuestra necesidad, como soporte en el cual va sujeto el motor, de una manera muy similar como van dispuestos en una motocicleta; una vez empernado el motor en el chasis de moto modificado, este chasis es soldado a nuestra estructura metálica, en varios puntos de sujeción, todo esto con el fin de darle una completa rigidez y seguridad al mismo. El motor se encuentra en la parte interna baja del banco de pruebas, con una inclinación prudencial, similar a una moto convencional, la importancia del chasis de moto, en el cual está suspendido el motor, radica en su facilidad de montaje y desmontaje al encontrarse sujeto por pernos pasantes, los cuales, facilitarán su extracción futura para posibles reparaciones o adaptaciones que sean necesarias en el mismo.



**Gráfico No.- 3.8 Acople del motor en el Banco (Foto: Rubén Arévalo)**

Una vez sujeto el motor y soldado el chasis en el banco metálico, procedemos a colocar el sistema de escape; el cual, sale del múltiple de escape y es dirigido por un tubo hacia el silenciador, que se encuentra en la parte posterior del mismo. Este se encuentra aislado del calor, con respecto al banco, por medio de una placa de metal, para así, evitar un calentamiento excesivo del mismo. El sistema

de escape, se encuentra suspendido por cauchos, los cuales, evitan la vibración y ruidos innecesarios en el sistema, ya que una excesiva vibración, producirá que todos los pernos y tuercas se aflojen y destruyan el motor; es por eso, que el aislamiento del tubo de escape, es de gran importancia, se lo ha colocado, en la parte inferior del tanque de etanol, para de cierta manera, ayudar a calentar el combustible relativamente por radiación de calor, desde el escape hacia el tanque, evitando un excesivo calor que llevara a una evaporación del combustible.

En la parte inferior del banco metálico, se ha construido una base, la cual es utilizada para colocar la batería del motor, que servirá para el arranque del mismo; es importante, su ubicación ya que se encuentra alejada de los tanques de combustible, que por normas de seguridad industrial, evitaría cualquier incendio que pueda producirse por una chispa eléctrica.



**Gráfico No.- 3.9 Soporte para la batería del sistema (Foto: Rubén Arévalo)**

De igual manera, se ha construido un soporte metálico en la parte baja del motor, sujeta al chasis metálico, en el cual se ubica estratégicamente un electro ventilador de dimensiones considerables. Esta adaptación, se la hace pensando en la gran cantidad de calor que va a resistir el motor ya que no tiene ningún tipo de refrigeración o ventilación original.

En la parte superior del banco, se ha construido un apoyo o base, en la cual se encuentra empernado el panel de instrumentos, este controlará todos los sistemas del motor, así como los manómetros que indicaran el estado del mismo.

En la parte adjunta a este panel, se encuentra un manubrio muy similar al de una motocicleta, con el fin, de ubicar el acelerador y el pulsador de arranque del motor.

Todos los cableados que necesita el motor, como el sistema eléctrico y electrónico del mismo, se encuentran adjuntos al chasis metálico, aislados por medio de tubos flexibles, los cuales aíslan a los cables del calor y la posible corrosión, así mismo, los protegen de posibles cortes o lastimaduras por manipulación del banco.

### **3.3. EQUIPAMIENTO A UTILIZAR PARA LA FLEXIBILIZACIÓN DEL MOTOR**

Como se mencionó en la parte anterior, sobre algunos equipamientos que van a ser usados en el banco de pruebas, conocemos como flexibilización de un motor, a la capacidad o flexibilidad de usar un combustible u otro, claro que también, pueden ser usados los dos, es por esto, que muchos de los sistemas y componentes originales a gasolina van a ser usados. Evidentemente se necesitan algunos implementos más, los cuales, son necesarios para un equipamiento completo.

#### **Calculo de la nueva relación de compresión.**

Como se sabe el motor para poder trabajar con dos combustibles al mismo tiempo, necesita un relación de compresión mucho más elevada que la que originalmente provee el fabricante del motor, es por eso que es necesario elevar

la relación de compresión de nuestro motor, para que pueda tener una marcha estable, un funcionamiento apropiado, y un rendimiento optimo al utilizar mezclas de etanol con gasolina.

La tabla original que nos brinda el fabricante de este motor es la siguiente:

**Tabla No.- 2.1 Tabla de datos técnicos del motor 125cc 4 tiempos del fabricante (Tabla: Rubén Arévalo)**

| CILINDRADA             | 125c cm <sup>3</sup>                   |
|------------------------|----------------------------------------|
| Vh                     | 124.106 cm <sup>3</sup>                |
| Vc                     | 124,106 cm <sup>3</sup>                |
| DIAMETRO Y CARRERA     | 56,5 X 49,5 mm                         |
| RELACION DE COMPRESION | 9.7:1                                  |
| POTENCIA               | 10 HP A 8000 RPM                       |
| PAR MOTOR              | 10NM A 5500 RPM                        |
| MOTOR                  | MONOCILINDRICO HORIZONTAL DE 4 TIEMPOS |
| ENCENDIDO              | ELECTRONICO POR CDI                    |
| ARRANQUE               | ELECTRICO PULSADOR                     |
| LUBRICACION            | CARTER HUMEDO                          |
| DISTRIBUCION           | VALVULAS SOHC                          |
| REFRIGERACION          | AIRE                                   |

Mediante cálculos de relación de compresión podemos determinar los nuevos parámetros que regirán a este motor, esto quiere decir el aumento de la compresión del motor y evidentemente la reducción de Vc.

El objetivo es llegar a una relación de compresión de 13.3:1 la cual es la máxima relación de compresión que este motor puede resistir, ya que el volumen de la

cámara de combustión no puede ser rebajado mas del límite de tolerancia máximo.

A continuación se detalla el cálculo de la disminución de la cámara de combustión, valor con el cual se obtiene una relación de compresión de 13.3 :1.

$$Rel = \frac{Vh + x}{x}$$

$$13.3 = \frac{124.106 + x}{x}$$

$$13.3 x - x = 124.106$$

$$x = \frac{124.106}{12.3}$$

$$x = 10.08 \text{ cm}^3$$

El volumen de la cámara de combustión original es de 14.26 cc y el nuevo volumen de la cámara para esta nueva relación de compresión es de 10.08cc, esto quiere decir que tendremos que rebajar el cabezote 4.17cc, para alcanzar la nueva relación de compresión.

La rebaja de 4.17cc, se la consiguió cepillando el cabezote 3mm, con lo cual se obtiene una mayor relación de compresión la misma que es necesaria para seguir trabajando de aquí en adelante con el motor de una manera flexible.

### **3.3.1 Materiales e implementos necesarios para flexibilizar el motor**

La flexibilización del motor a gasolina, requiere de varios implementos y materiales, así como modificaciones necesarias para su óptimo desempeño, al momento de usar uno u otro combustible. A continuación, se detallan cada uno de ellos y posteriormente su aplicación y funcionamiento en el capítulo, que habla de la transformación detallada.

Como se mencionaba antes, partimos de una base que es el motor de gasolina. Vamos a utilizar muchos de los componentes que vienen de fábrica y mejoraremos e implementaremos otros, que son necesarios para que funcione el proyecto.

En cuanto al sistema de combustible se refiere, el tanque usado es el mismo, ya que, está hecho, de aluminio en su parte interna, eso ayuda mucho a prevenir la corrosión del etanol; existen casos, en los que sería recomendable utilizar un tanque de plástico, el cual evitaría la corrosión en un 100%.



**Gráfico No.- 3.10 Tanque de Etanol (Foto: Rubén Arévalo)**

Siguiendo con el sistema de combustible, las cañerías son una parte muy importante en el circuito, ya que no se pueden usar cañerías metálicas, por el mismo problema que se mencionó antes en cuanto a la corrosión; es por eso, que

este sistema, utiliza cañerías de alta presión de aceite de caucho reforzado. Se hizo esta elección, ya que las cañerías normales de combustible, sufren deformaciones por el etanol, el cual disuelve los componentes del plástico; por eso la recomendación, es utilizar cañerías, altamente resistente al alcohol, para nuestro caso, las de alta presión de aceite reforzadas funcionan de buena manera.

Al llegar al sistema de filtrado, se encontraron varios problemas y como ya sabemos, el alcohol disuelve el plástico. Después de varias pruebas, se eligió un tipo de filtro el cual resiste el alcohol, se recomienda, utilizar filtros metálicos de alta presión, como los que vienen equipados en los vehículos de inyección electrónica; pero de preferencia, los que son plásticos de alta presión así evitaremos la corrosión interna del filtro, en este caso, por ser didáctico, se usan filtros transparentes de plástico. Esto permite, visualizar el combustible en la línea, solo como uso didáctico se utilizaran estos filtros, ya que no tienen un tiempo de vida útil conveniente.

Todas las abrazaderas y acoples tienen, que ser herméticos y sellados de una manera óptima, basándose en las normas de seguridad industrial para prevenir incendios y quemaduras por combustible, ya que el motor, alcanzará temperaturas elevadas, semejante como el sistema de escape. Para evitar problemas de fugas se ha utilizado abrazaderas metálicas de la mejor calidad, las cuales garantizarán un sello hermético óptimo.

Existen varias uniones entre mangueras, tanques y válvulas, las cuales son de bronce, el cual tiene la capacidad de evitar la corrosión y oxidación, resistiendo cualquier tipo de combustible. Siguiendo adelante, en el sistema se han acoplado

válvulas dosificadoras de combustible, que no son más que llaves de paso, las cuales varían la cantidad de combustible que va a pasar al carburador; así podremos dosificar el caudal de combustible que necesitamos, para poder realizar la pruebas con diferentes mezclas de combustibles. Estas válvulas, están acopladas a las mangueras de la línea de combustible, por medio de abrazaderas metálicas, de igual forma, estas válvulas, resisten gran cantidad de presión y de igual manera no se ven afectadas por la corrosión u oxidación.



**Gráfico No.- 3.11 Válvula dosificadora de bronce (Foto: Rubén Arévalo)**

Más adelante y antes de ingresar al carburados, nos encontramos con una Y la cual cumple la función de unir los combustibles provenientes de los diferentes tanques. Aquí se unen las cañerías e ingresan de una manera única hacia el carburador; todo este proceso, antes mencionado, se lo realiza por presión atmosférica, es decir por gravedad, ya que el carburador de este sistema no soporta alta presión.

Por otro lado, se necesitan equipos de medición para poder controlar el motor, evitando recalentamientos y situaciones similares; es por eso, que se ha construido un panel de instrumento, en donde se controla todo lo necesario. En este panel, encontramos dos manómetros: uno de temperatura y un medidor de revoluciones por minuto. Se encuentra también un arrancador para el motor de



arranque, un contacto, el cual abrirá el flujo de corriente al sistema, otro contacto, que cumple la función de apagado, un controlador de electro ventilador manual.

Componentes del tablero de instrumentos:



**Gráfico No.- 3.12 Tacómetro**  
(Foto: Rubén Arévalo)



**Gráfico No.- 3.13 Medidor de temperatura**  
(Foto: Rubén Arévalo)



**Gráfico No.- 3.14 Pulsador de arranque**  
(Foto: Rubén Arévalo)



**Gráfico No.- 3.15 Contacto**  
(Foto: Rubén Arévalo)

### **3.4. TRASFORMACIÓN DETALLADA DEL MOTOR PARA SU FLEXIBILIDAD GASOLINA – ETANOL**

El proceso de transformación, para flexibilizar el motor de gasolina para su uso de cualquier mezcla con etanol, se lo ha venido detallando poco a poco en este capítulo, aquí nos basaremos en detalles más puntuales.

#### **3.4.1 Trasformación del sistema de combustible**

El sistema de combustible del motor estándar a gasolina, es el mismo que vamos a usar en este proyecto, sin duda, se hicieron varias modificaciones importantes para que el sistema pueda trabajar con un combustible alterno.

Los tanques no han sido modificados por su material resistente a la corrosión, la diferencia con los originales de una moto, es que no tienen medidores de combustible, los cuales, no son necesarios para nuestra aplicación didáctica, por lo tanto, se ha sellado la abertura en donde se situaba el medidor de combustible, para evitar fugas o evaporación del mismo, al menos del etanol, que es el que más necesita un tanque hermético.



**Gráfico No.- 3.16 Tanque de Etanol sellado orificio del medidor (Foto: Rubén Arévalo)**

Las cañerías como se menciono en capítulos anteriores, son de un caucho de alta presión para aceite a altas temperaturas, las mismas que resisten corrosión de alcohol; las abrazaderas son reforzadas para evitar fugas, las cuales cumplen las

normas de seguridad industrial. El diámetro de las cañerías, es el mismo que el motor utiliza originalmente de fábrica, con la finalidad, de no variar el caudal al modificar los diámetros de las mismas.

Las válvulas de control y dosificación de combustible, son resistentes al alcohol y gasolina, de la misma forma, no sufren corrosión de algún tipo; como norma de seguridad estas válvulas dosificadoras, resisten altas presiones y cualquier tipo de combustible ya que su composición interna, esta hecha de bronce completamente, sin ningún tipo de sello plástico que pudiera deteriorarse por el efecto del etanol.



**Gráfico No.- 3.17 Tanques con válvulas de dosificación (Foto: Rubén Arévalo)**

Hablando de los filtros, por motivos didácticos, se usan filtros comunes y corrientes de un motor equipado con carburador; para facilitar su mejor visibilidad, se ha dispuesto filtros transparentes y de un diámetro mayor, así será, muy simple poder observar el flujo de combustible, contextura y color del mismo. Se recomienda el uso de filtros de sistemas de inyección a gasolina, de alta presión resistentes a la corrosión.

Es necesario aumentar la compresión del motor, esto se consigue, cepillando el cabezote milésimas de milímetro (2 milésimas), para evitar daños posteriores o autoencendidos que molestaran, en el futuro. Este aumento de compresión es necesario para su marcha estable y sincronizada con etanol, ya que, en las pruebas realizadas sin esta modificación, el motor presentó, problemas de funcionamiento con etanol a más del 70% de concentración y una marcha muy inestable con un difícil encendido.

Todas estas modificaciones deben ser monitoreadas desde un panel de instrumentos, el cual se encuentra ubicado en la parte frontal superior del banco de pruebas; en este hallamos varios elementos, tanto de accionamiento, como de monitoreo.

Tenemos un tacómetro o medidor de RPM del motor, este elemento, es muy importante, ya que nos permitirá saber, en qué régimen de trabajo se encuentra el mismo, para poder de esta manera, realizar las mediciones de gases al mismo nivel de vueltas por minuto.

El medidor de temperatura, es un componente importante, no se encuentra equipado en el motor original ya que el enfriamiento del sistema, se produce por circulación de aire hacia el motor; esta circulación de aire, se realiza cuando la motocicleta se encuentra caminando, así por contacto con las superficies del motor, el aire enfría al mismo. El diseño de la carcasa del motor, posee ranuras u aletas, las cuales disipan el calor de adentro hacia afuera, en el caso particular de nuestro banco de pruebas, no existirá ningún tipo de flujo de aire hacia el motor, causando inevitablemente sobrecalentamiento, llegando a fundirse. Con el fin de evitar esos problemas tan graves, se ha instalado un medidor de temperatura, el

cual, nos mantendrá informados continuamente del estado en el cual se encuentra la temperatura del motor, sabiendo así su régimen de trabajo. El manómetro de temperatura, tiene la peculiaridad que se encuentra provisto de una escala en grados centígrados y otra en grados Fahrenheit, así de cualquier forma, podremos saber la temperatura exacta del motor.

Como complemento del medidor de temperatura, se ha visto urgente y necesario, la adaptación de un ventilador, el cual, produzca el flujo continuo de aire hacia el motor, como se explicó anteriormente, este tipo de motor, es refrigerado por aire, el cual necesita que el vehículo se encuentre en movimiento, para percibir dicho aire. Al ser un banco de pruebas didáctico, no existe flujo de aire ya que es completamente estacionario.

Se ha escogido un electro ventilador y se ha adaptado todo su sistema eléctrico con activación de termo switch, el cual activará el mismo, cuando el motor se encuentre elevado de temperatura, hasta un régimen en el cual no se haya enfriado, si no que haya llegado a su régimen de temperatura de trabajo; ya que sabemos, que si un motor se encuentra muy frio o muy caliente, las curvas de eficiencia de combustible, así como, las de emisiones contaminantes, se verán notablemente afectadas. Es por eso, que es necesario mantenerlo en parámetros que van desde los 85 a 98 grados centígrados, que es el tiempo que lleva al motor enfriarse. Normalmente el funcionamiento del mismo, debe estar en los 90 grados centígrados, pero existe un margen de referencia desde que enciende el ventilador hasta que lo apaga automáticamente.

Estos dos sistemas, tanto el ventilador como el medidor de temperatura, se encuentran acoplados al motor con el fin de tener contacto con el aceite del

mismo, ya que como se sabe, este tipo de motor, no utiliza agua para su refrigeración; en este proyecto, se adaptó los dos componentes en contacto con el aceite, a través de racores conectados entre sí, con el fin, de mantenerlos siempre en contacto con el aceite del motor, el cual es el indicador principal de la temperatura del mismo.



**Gráfico No.- 3.18 Medidor de temperatura del aceite (Foto: Rubén Arévalo)**

Continuando con la explicación del panel de instrumentos, tenemos el pulsador de arranque, el cual, es un contacto que cierra el circuito de arranque, permitiendo al motor de arranque girar y por consecuencia arrancar el motor. Este pulsador, tiene doble función: una es arrancar el motor por medio de un pulsador y la otra es detener la marcha del motor por medio de un switch, el cual hace una conexión a tierra de la bobina de encendido; estos dos componentes, se encuentran en uno solo, dispuestos de la misma forma, en la que vendrían en un sistema original. Aparte de estos sistemas, existen interruptores, uno de ellos usado como contacto, el cual, corta completamente la corriente proveniente de la batería, evitando de esta manera, una perdida continua de electricidad, que siempre existe en los sistemas eléctricos, así se evitará, una descarga completa de la batería a tierra.



Otro interruptor, se encuentra adjunto el cual controla de manera directa el ventilador, como se explicó anteriormente, este ventilador funciona automáticamente, con el calor generado del aceite del motor, por medio de un termo interruptor. Se ha colocado, este interruptor directo, con el fin de poder hacer varias pruebas a diferentes rangos de temperatura, pero también, como un botón de emergencia en el caso que el sistema automático dejara de funcionar.



**Gráfico No.- 3.19 Interruptor del electro ventilador (Foto: Rubén Arévalo)**

Finalmente, el acelerador ha sido modificado, gracias al acople de una acelerador paulatino o en posiciones, esto quiere decir, que podemos elegir un régimen de giro estable, sea de mil en mil o como sea calibrado; esto con el fin, de realizar las mediciones de gases en parámetros fijos y no fluctuantes. Con esto, se consigue que las mediciones sean exactas y de esta forma se evitan posibles errores en los datos que se obtendrán posteriormente; se optó, por ese sistema, ya que el sistema original no permite mantener las revoluciones en un sitio fijo, con el nuevo sistema, no existe inconveniente en hacerlo.

### **3.4.2 Cálculos físico-químicos del motor y análisis de funcionamiento interno.**

Los siguientes cálculos han sido realizados en el motor, para determinar su funcionalidad, tanto con gasolina como con etanol; en estos cálculos se determina químicamente la composición de los combustibles utilizados y físicamente los diferentes parámetros internos del motor en funcionamiento.

Todos estos cálculos están enfocados a reforzar la información dada en capítulos anteriores, demostrando, la factibilidad de utilizar etanol en diferentes concentraciones dentro de un motor, determinado, que el mismo resiste todas las cargas, tanto de presión, temperatura a las que son sometidas con el combustible alterno.

A continuación, se detalla paso a paso los diferentes cálculos que se han realizado, para sustentar analíticamente su funcionalidad y su correcto desempeño.

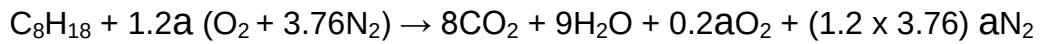
#### **3.4.2.1 Balance químico de gasolina y etanol.**

El balance químico, tiene que ver con la combustión dentro del motor, de cada uno de los combustibles usados en este proyecto; específicamente los cálculos se centran en gasolina al 100% y en etanol en una cantidad de 70% (E70), ya que esta cantidad de etanol, contenida en la gasolina, es la que nos proporciona un mejor funcionamiento dentro de este motor en particular. De igual forma, se toma en cuenta este parámetro, ya que es la mayor cantidad de etanol, la cual, permite un desempeño correcto y un funcionamiento estable.

El balance químico de la gasolina es el siguiente:

Combustión de la gasolina.





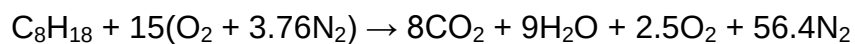
- El combustible es quemado completamente con exceso de aire y por tanto los productos contendrán  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  y algunas cantidades de  $\text{O}_2$
- **a** es el coeficiente estequiometrico para el aire, la cantidad estequiometrica de oxigeno **aO<sub>2</sub>** se utiliza para oxidar el combustible y la cantidad de exceso restante ( $0.2a\text{O}_2$ ) aparecerá en los productos como oxigeno no utilizado.

$$\text{O}_2: 1.2a = 8 + 4.5 + 0.2a$$

$$\rightarrow 1.2a - 0.2a = 8 + 4.5$$

$$a = 12.5$$

Sustituyendo se obtiene:



- Los reactantes y los productos se encuentran a 25°C de temperatura y 1atm de presión, respectivamente. Además,  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$  son elementos estables, por lo que su entalpía de formación es cero.

$$h_c = H_P - H_R$$

$$h_c = \sum N_P h_{fP} - \sum N_R h_{fR}$$

$$h_c = (N h_f) \text{CO}_2 + (N h_f) \text{H}_2\text{O} - (N h_f) \text{C}_8\text{H}_{18}$$

De valores de tablas de CENGEL A.26

$$h_{\square c} = (8_{\text{Kmol}})(-393520_{\text{KJ/Kmol}}) + (9_{\text{Kmol}})(-285830_{\text{KJ/Kmol}}) - (1_{\text{kmol}})(-249950_{\text{KJ/Kmol}})$$

Se considera que el agua se encuentra en fase líquida en los productos:

$$h_{\square c} = -5471000 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol C}_8\text{H}_{18}} \times \frac{1 \text{Kmol C}_8\text{H}_{18}}{114 \text{Kg C}_8\text{H}_{18}}$$

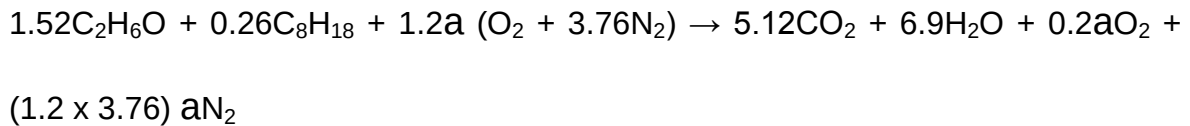
$$h_{\square c} = -47991 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg C}_8\text{H}_{18}}$$

Este valor nos indica que la gasolina en este motor nos está entregando 47991 KJ/KgC<sub>8</sub>H<sub>18</sub> este valor debe ser comparado con la cantidad que nos entrega el e70 que a continuación se demuestra. Una vez realizado el cálculo podemos determinar si el valor entregado por el etanol es mayor o menor, en el caso de ser menor el motor trabajara sin ningún inconveniente ya que al trabajar con menor calor menor presión, evidentemente los esfuerzos a los que será sometido serán menores, esto quiere decir que el motor no sufrirá daños ni tampoco serán necesarios cambios de material de construcción o algún tipo de refuerzo en el mismo.

### Combustión del E70:

$$\text{E70} \left\{ \begin{array}{l} 70\% \text{ CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ 30\% \text{ C}_8\text{H}_{18} \end{array} \right. \quad (\text{C}_2\text{H}_6\text{O})$$

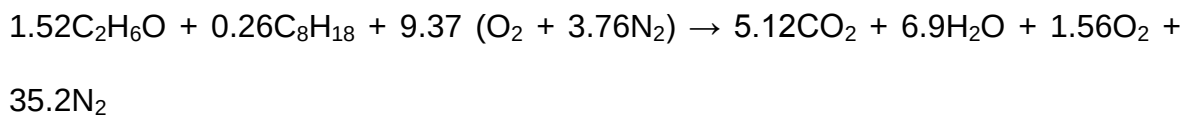
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{70 \text{ lbm C}_2\text{H}_6\text{O}}{100 \text{ lbm comb}} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}}{46 \text{ lbm C}_2\text{H}_6\text{O}} = \frac{1.52 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}}{100 \text{ lbm comb}} \\ \frac{30 \text{ lbm C}_8\text{H}_{18}}{100 \text{ lbm comb}} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{18}}{114 \text{ lbm C}_8\text{H}_{18}} = \frac{0.26 \text{ mol C}_8\text{H}_{18}}{100 \text{ lbm comb}} \end{array} \right.$$



$$\text{O}_2: 0.76 + 1.2a = 5.12 + 3.45 + 0.2a$$

$$12a - 0.2a = 5.12 + 3.45 - 0.76$$

$$a = 7.81$$



$$h_c = H_P - H_R$$

$$h_c = \sum N_P h_{fP} - \sum N_R h_{fR}$$

$$h_c = (N_{\text{CO}_2} h_{f\text{CO}_2}) + (N_{\text{H}_2\text{O}} h_{f\text{H}_2\text{O}}) - (N_{\text{C}_8\text{H}_{18}} h_{f\text{C}_8\text{H}_{18}}) - (N_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} h_{f\text{C}_2\text{H}_6\text{O}})$$

$$h_c = (5.12_{\text{Kmol}})(-393520_{\text{KJ/Kmol}}) + (6.9_{\text{Kmol}})(-285830_{\text{KJ/Kmol}}) - (0.26_{\text{Kmol}})(-249950_{\text{KJ/Kmol}}) - (1.52_{\text{Kmol}})(-277690_{\text{KJ/Kmol}})$$

$$h_c = -3499974 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol E70}} \times \frac{1 \text{Kmol E70}}{114 \text{Kg E70}}$$

$$h_c = -34516.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg E70}}$$

Podemos ver, que el E70 nos está entregando 34516.5 KJ/Kg E70, este valor es menor a los  $47991 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg C}_8\text{H}_{18}}$  que nos proporciona la gasolina. Como se comento previamente si el valor es menor, quiere decir que el motor podrá trabajar tranquilamente, sin sufrir ningún tipo de esfuerzo tanto de calor o de presión; con

este valor sabemos, que le motor químicamente funciona sin problemas con gasolina o con mezclas de etanol.

### **Análisis termodinámico del motor 125cc usando gasolina al 100%**

Con el análisis termodinámico del motor podemos determinar el funcionamiento interno del mismo, calculando volúmenes, presiones temperaturas las cuales nos darán una perspectiva real de cómo es el desempeño físico químico, de esta manera podemos determinar analíticamente como se realiza la combustión dentro del motor.

Comenzaremos diciendo que este motor 125cc está alimentado con gasolina como combustible para funcionar, este combustible se encuentra al 100%, cabe resaltar que el motor ya a sufrido las modificaciones necesarias para poder trabajar de una manera flexible, esto quiere decir usando gasolina o concentraciones de etanol en diferentes proporciones, el análisis puntual en este caso es con gasolina al 100%, sabiendo ya que la relación de compresión del motor se a elevado a 13.3 con la cual podemos tener una combustión optima usando concentraciones elevadas de etanol.

Con este preámbulo el cálculo termodinámico utilizando gasolina al 100% es el siguiente:

El ciclo tiene una relación de compresión de 13.3:1. Se supone nuevamente que las condiciones iniciales del proceso son de 101.33Kpa y 25 °C de temperatura. Se toma en cuenta el calor transferido de aire de los cálculos anteriores. Este calor se lo adiciona a volumen constante.

- Temperatura y presión al final del proceso de compresión isoentrópico, tomando en cuenta la tabla A.17 de la termodinámica de (CENGEL).

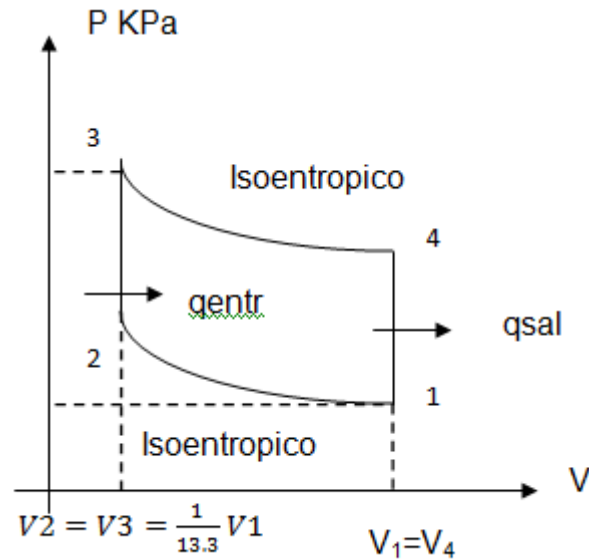


Gráfico No.- 3.20 Diagrama presión volumen motor 125cc (Gráfico: Rubén Arévalo)

$$T_1 = 298\text{K} \rightarrow \mu_1 = 212.64 \text{ KJ/Kg aire}$$

$$Vr_1 = 631.88$$

$$\frac{Vr_2}{Vr_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{r}$$

$$Vr_2 = \frac{Vr_1}{r} = \frac{631.88}{13.3}$$

De tablas A.17 (CENGEL) y con  $Vr_2$  de 47.51 se obtiene:

$$T_2 = 803.52 \text{ K}$$

$$\mu_2 = 595.17 \text{ KJ/Kg aire}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$P2 = P1 \left( \frac{T2}{T1} \right) \left( \frac{V1}{V2} \right)$$

$$P2 = 101.33 \text{ Kpa} \left( \frac{803.52}{298} \right) (13.3)$$

$$P2 = 3633.88 \text{ KPa}$$

- Proceso 2 – 3 (adición de calor)

$$q_{entr} = \mu_3 - \mu_2$$

- Para obtener el  $Q_{entr}$  (calor de entrada) es necesario saber la cantidad de combustible que ingresa al cilindro en cada ciclo.

$$(A/C)_{real} = 15 \frac{\cancel{\text{moles O}_2}}{\cancel{\text{mol de comb}}} \times \frac{1 \cancel{\text{mol aire}}}{0.21 \cancel{\text{moles O}_2}} \times \frac{28.96 \text{ lbm aire}}{1 \cancel{\text{mol aire}}} \times \frac{1 \cancel{\text{mol comb}}}{144 \text{ lbm comb}}$$

$$(A/C)_{real} = 18.15 \frac{\text{lbm aire}}{\text{lbm comb}} \left[ \frac{\text{Kg aire}}{\text{Kg comb}} \right]$$

- La cantidad de combustible que ingresa al cilindro en cada ciclo se la obtiene de la siguiente forma:

$$q_{entr} = \frac{\bar{h}_c}{(A/C)_{real}} = \frac{47991 \text{ KJ} / \cancel{\text{Kg C}_8\text{H}_{18}}}{18.15 \text{ Kg} \cancel{\text{aire}} / \cancel{\text{Kg C}_8\text{H}_{18}}}$$

$$q_{entr} = 2644.13 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

- Retomando la ecuación anterior:

$$q_{entr} = \mu_3 - \mu_2$$

$$2644.13 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}} = \mu_3 - 595.17 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$\mu_3 = 3239.3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

- Mediante tablas se obtiene el valor correspondiente a la temperatura en el punto 3.

$$T_3 = 3588.9 \text{ K}$$

- La salida de trabajo neta para el ciclo se determina al encontrar la transferencia de calor neta.
- Proceso 3 – 4 (expansión isoentrópica de un gas ideal)
- La temperatura T4 alcanzada por el gas al final de esta transformación se calcula con la siguiente expresión, ya que por medio de tablas es imposible.

$$\left\{ T_4 = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} \right\}^{18}$$

$$T_4 = T_3 \frac{1}{(r)^{\gamma-1}} = 3588.9 \text{ K} \times \frac{1}{(13.3)^{0.33}} = 1527.88 \text{ K}$$

- $\gamma$  es un exponente que tiene un valor de 1.33 para mezcla aire – combustible.
- El proceso 4 -1 (rechazo de calor a volumen constante)
- $\mu_1$  de tablas es 1253.7 KJ/Kg

$$-q_{\text{sal}} = \mu_1 - \mu_4$$

$$q_{\text{sal}} = \mu_4 - \mu_1$$

---

<sup>18</sup> Técnicas del automóvil, J.M Alonso 10ma Edición.

$$q_{sal} = 1253.7 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}} - 212.64 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$q_{sal} = 1041.04 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

Por tanto:

$$W_{neto} = q_{neto} = q_{entr} - q_{sal} = 2644.13 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}} - 1041.04 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$W_{neto} = 1603.1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

- La eficiencia térmica del ciclo se encuentra de la siguiente manera:

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{q_{entr}} = \frac{1603.1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}}{2644.13 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}}$$

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{q_{entr}} = 0.6062 \text{ es decir } 60.62\%$$

- El alto valor de la  $\eta_t$  se debe a que se consideran valores teóricos y debido a la alta relación de compresión del motor.
- La máxima presión que se genera en el interior del cilindro se encuentra en el estado 3 del ciclo, así:

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_3 = P_2 \left( \frac{T_3}{T_2} \right) \left( \frac{V_2}{V_3} \right)$$

$$P_3 = 3633.88 \text{ KPa} \left( \frac{3588.9 \text{ K}}{803.52 \text{ K}} \right) (1)$$

$$\mathbf{P_3 = 16.23 MPa}$$



Este cálculo termodinámico del motor utilizando gasolina al 100% de pureza, nos proporciona una base importante para determinar analíticamente como trabaja el motor internamente, tanto en volúmenes, temperaturas y presiones, de igual forma es una referencia la cual nos permitirá compararlo cuando se utilice etanol, de donde sabremos si el motor es capaz de resistir los factores que un nuevo combustible dentro de la cámara de combustión producen.

Si el cálculo termodinámico del motor usando etanol expulsan valores elevados frente a los valores obtenidos con el motor a gasolina, podemos pensar que el sistema no resistirá este combustible nueva y podría causar daños internos tanto en las piezas móviles como posibles fisuras rupturas y llegar a que el motor se funda.

A continuación se realiza el cálculo termodinámico utilizando etanol, seguido a este cálculo determinaremos con valores reales como funciona el motor con gasolina o con etanol, de esta forma determinaremos si es factible el uso de etanol en este sistema.

### **Análisis termodinámico del motor 125cc usando E70**

En este análisis termodinámico utilizaremos una concentración de 70% de etanol con gasolina, ya que es la concentración más alta en la cual el motor se desempeña correctamente sin tener problemas, igualmente como se demostrara en las tablas del siguiente capítulo es donde el nivel de emisiones contaminantes el menor.

Con estos cálculos determinaremos analíticamente cómo funciona el motor con esta concentración de etanol con gasolina, de igual manera podremos comparar

los resultados del motor con gasolina y con E70 donde obtendremos conclusiones vitales para sustentar que un motor con concentraciones de etanol es viable y funcional en todo sentido.

El cálculo termodinámico del motor usando E70 es el siguiente:

Nuevamente los datos son:  $r=13.3:1$ . Se suponen otra vez, condiciones de aire estándar.  $P=101.33$  KPa y  $25^{\circ}\text{C}$  de temperatura.

- Temperatura y presión al inicio del proceso de compresión isoentrópico, tomando en cuenta la tabla A.17 (CENGEL).

$$T_1 = 298\text{K} \rightarrow \mu_1 = 212.64 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$V_{r1} = 613.88$$

$$\frac{V_{r2}}{V_{r1}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{r}$$

$$V_{r2} = \frac{V_{r1}}{r} = \frac{613.88}{13.3} = 47.51$$

- De tablas A.17 (CENGEL) y con  $V_{r2}$  de 47.51 se obtiene:

$$T_2 = 803.52\text{ K}$$

$$\mu_2 = 595.17 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

$$P_2 = 101.33 \text{ KPa} \left( \frac{803.52 \text{ K}}{298 \text{ K}} \right) (13.3)$$

$$P_2 = 3633.88 \text{ KPa}$$

- Proceso 2-3 (Adición de calor a volumen constante)

$$q_{entr} = \mu_3 - \mu_2$$

- Para obtener en  $q_{entr}$  es necesario saber la cantidad de combustible que ingresa al cilindro en cada ciclo.

$$(A/C)_{real} = \frac{10.13 \cancel{\text{ moles O}_2}}{100 \cancel{\text{ lbm comb}}} \times \frac{1 \text{ mol aire}}{0.21 \cancel{\text{ mol O}_2}} \times \frac{28.96 \text{ lbm aire}}{1 \text{ mol aire}}$$

$$(A/C)_{real} = 13.97 \frac{\text{lbm aire}}{\text{lbm comb}} \left[ \frac{\text{Kg aire}}{\text{Kg comb}} \right]$$

- La cantidad de combustible que entra al cilindro en cada ciclo se la obtiene así:

$$q_{entr} = \frac{\bar{h}_c}{(A/C)_{real}} = \frac{34516.5 \cancel{\text{ KJ/Kg E70}}}{13.97 \text{ Kg} \frac{\cancel{\text{aire}}}{\text{Kg E70}}}$$

$$q_{entr} = 2470.76 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

- Retomando la ecuación anterior

$$q_{entr} = \mu_3 - \mu_2$$

$$2470.76 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}} = \mu_3 - 595.17 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$\mu_3 = 1875.59 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

- Mediante tablas se obtiene el valor correspondiente a la temperatura en el punto 3.

$$T_3 = 2203.3 \text{ K}$$

- La salida de trabajo neta para el ciclo se determina al encontrar la transferencia de calor neta.
- Proceso 3 – 4 (expansión isoentrópica de un gas ideal)
- La temperatura T4 alcanzada por el gas al final de esta transformación se calcula con la siguiente expresión, ya que por medio de tablas es imposible.

$$\left\{ T_4 = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} \right\}$$

$$T_4 = T_3 \frac{1}{(r)^{\gamma-1}} = 2203.3 \text{ K} \times \frac{1}{(13.3)^{0.33}} = 937.9 \text{ K}$$

- El proceso 4 -1 (rechazo de calor a volumen constante)
- $\mu_4$  de tablas es 706.3 KJ/Kg

$$q_{\text{sal}} = \mu_4 - \mu_1$$

$$q_{\text{sal}} = 706.3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}} - 212.64 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$q_{\text{sal}} = 494.68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

Por tanto:

$$W_{\text{neto}} = q_{\text{neto}} = q_{\text{entr}} - q_{\text{sal}} = 2470.76 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}} - 493.68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$W_{\text{neto}} = 1977.08 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

- La eficiencia térmica del ciclo se encuentra de la siguiente manera:

$$\eta_t = \frac{W_{\text{neto}}}{q_{\text{entr}}} = \frac{1977.08 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}}{2470.76 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}}$$

$$\eta_t = \frac{W_{\text{neto}}}{q_{\text{entr}}} = 0.80 \text{ es decir } 80\%$$

- El alto valor de la  $\eta_t$  se debe a que se consideran valores teóricos y debido a la alta relación de compresión del motor.
- La máxima presión que se genera en el interior del cilindro se encuentra en el estado 3 del ciclo, así:

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_3 = P_2 \left( \frac{T_3}{T_2} \right) \left( \frac{V_2}{V_3} \right)$$

$$P_3 = 3633.88 \text{ KPa} \left( \frac{2203.3 \text{ K}}{803.52 \text{ K}} \right) (1)$$

$$\mathbf{P_3 = 9.96 MPa}$$

A continuación tabularemos los datos obtenidos en el primer cálculo termodinámico del motor con gasolina y en el segundo cálculo con E70, aquí vamos a realizar una comparación del uno vs el otro, así podemos determinar

numéricamente como se encuentra trabajando uno y otro sistema con valores reales.

**Tabla No.- 3.3 Tabla comparativa del analisis termodinamico de gasolina y E70**

| <b>Unidad</b>               | <b>GASOLINA</b>                                   | <b>E70</b>                                        |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>h<sub>c</sub></b>        | $47991 \frac{KJ}{Kg \text{ C8H18}}$               | $34516.5 \frac{KJ}{Kg \text{ E70}}$               |
| <b>(A/C)<sub>real</sub></b> | $18.15 \frac{lbm \text{ aire}}{lbm \text{ comb}}$ | $13.97 \frac{lbm \text{ aire}}{lbm \text{ comb}}$ |
| <b>q<sub>entr</sub></b>     | $2644.13 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$              | $2470.76 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$              |
| <b>μ<sub>3</sub></b>        | $3239.3 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$               | $1875.59 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$              |
| <b>T<sub>3</sub></b>        | 3588.9 K                                          | 2203.3 K                                          |
| <b>T<sub>4</sub></b>        | 1527.88 K                                         | 937.9 K                                           |
| <b>q<sub>sal</sub></b>      | $1041.04 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$              | $494.68 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$               |
| <b>W<sub>neto</sub></b>     | $1603.1 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$               | $1977.08 \frac{KJ}{Kg \text{ aire}}$              |
| <b>η<sub>t</sub></b>        | 0.6062                                            | 0.80                                              |
| <b>P<sub>3</sub></b>        | 16.23 MPa                                         | 9.96 MPa                                          |

### **Cálculo de transferencia de calor**

Debido a la alta conductividad del Al existe una diferencia ínfima entre la temperatura interior y exterior. Toma en cuenta el enfriamiento del motor mediante aletas y refrigerante para que éste se mantenga a 75°C, en su cara externa. Diles que mediste la temperatura exterior del motor usando ambos combustibles y que no hubo diferencia en la temperatura o que hubieron 1 o 2 grados menos. Nada

importante, ya que el calor suministrado por los dos combustibles solamente varía en 200 kJ/kg.

Estos cálculos son más completos de lo que te había presentado antes. Se considera la convección y radiación de calor también. Estos cálculos te sirven para ambos combustibles, por lo anteriormente dicho.

- Los alrededores (ambiente) están a 25 °C mediante una pared de aluminio de 0.082 m de espesor. El aluminio tiene una conductividad térmica de 231 W/mK y una emisividad superficial de 0.76. Se mide una superficie externa de 75 °C en condiciones de estado estable. La transferencia de calor por convección libre al aire contiguo a la superficie se caracteriza por un coeficiente de convección de  $h=20 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

$$\dot{E}_{entr} = \dot{E}_{sal}$$

$$q''_{cond} = q''_{conv} + q''_{rad}$$

$$K \frac{(T_1 - T_2)}{L} = h(T_2 - T_{\infty}) + \varepsilon \sigma (T_2^4 - T_{alr}^4)$$

$$231 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \frac{(T_1 - 348 \text{ K})}{0.082 \text{ m}} =$$

$$20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} (348 \text{ K} - 298 \text{ K}) + 0.76 (5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \text{K}^4) (348^4 - 298^4) \text{ K}^4$$

$$(T_1 - 348 \text{ K}) \times 2817.1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 292.16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_1 = \frac{1292.16 \frac{W}{m^2}}{2817.1 \frac{W}{m^2 K}} + 348 K$$

$$T_1 = 348.5 K$$

- Esta es la temperatura en la pared interior, la ínfima diferencia de ½ grado centígrado se debe a la alta conductividad del aluminio. La medición se hizo a 75 °C y con el motor en ralentí.



## **CAPITULO 4**

### **ANALISIS COMPARATIVO DEL MOTOR A GASOLINA VS EL MOTOR FLEXIBILIZADO**

Como se ha venido hablando en los capítulos anteriores, todo este proyecto se enfoca principalmente a los resultados que se obtendrán en este capítulo. Es por eso, que todas las modificaciones, adaptaciones y demás, no tendrían sentido, si no se las puede medir y tabular, con el fin de poder sacar resultados tangibles, los cuales, nos podrán dar un resultado real, de cómo trabaja un motor con gasolina normal y como se desempeña con etanol.

A continuación, se detallarán cada una de las mediciones y procedimientos, con los cuales se pretende obtener la mayor cantidad de información, sobre los residuos de la combustión de este motor.

#### **4.1. COMPARACIONES GENERALES DE MOTOR GASOLINA VS MOTOR DUAL DE COMBUSTIBLE**

Hablando de las comparaciones generales, del motor a gasolina estándar vs el motor dual de combustible o bi combustible, podemos determinar, que su estructura básica, es similar en muchos aspectos como hemos venido estudiando previamente; sin embargo, en muchos otros aspectos, el motor dual de combustible, difiere de su modelo original en partes vitales, que tienen que ver en gran manera con la admisión de combustible, que es, en lo que se ha trabajado principalmente.

Como una comparación entre los dos motores, podemos sacar que los dos pueden usar gasolina como un combustible para su funcionamiento. El

funcionamiento de los mismos es idéntico, basado en el motor Otto de 4 tiempos; fueron necesarias, varias modificaciones del motor, como del sistema de admisión de combustible y sus accesorios, para que el mismo, pueda desempeñarse con etanol, solo de esta manera, se podía trabajar con un combustible diferente al que fue diseñado.

A continuación, tenemos una tabla comparativa, de un motor versus el otro; en esta tabla, podemos ver de una manera general, las diferencias existentes en el motor mejorado en comparación con el motor original de fábrica.

#### **TABLA COMPARATIVA MOTOR GASOLINA VS MOTOR FLEX DE ETANOL**

*Tabla No.- 4.1 Tabla comparativa motor gasolina vs motor flex de etanol (Tabla: Rubén Arévalo)*

| <b>MOTOR GASOLINA ESTANDAR</b>   | <b>MOTOR FLEX DE ETANOL</b>                   |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|
| Motor Otto 4 tiempos             | Motor Otto 4 tiempos                          |
| Combustible Gasolina             | Combustible Etanol o flex                     |
| Sistema de Admisión estándar     | Sistema admisión modificado                   |
| Un solo tanque de combustible    | Dos tanques de combustible                    |
| Motor estándar                   | Motor elevado la compresión                   |
| Sistema de enfriamiento por aire | Sistema de enfriamiento electro ventilador    |
| Ingreso de combustible directo   | Ingreso combustible por válvulas de variación |

En la tabla anterior, se pueden ver las modificaciones vitales del proyecto, las mismas que fueron explicadas en detalle en los capítulos previos a este. En general, las comparaciones entre un motor original versus el motor dual de combustible, son varias y variadas, las cuales permiten al mismo, poder funcionar con etanol. Cabe resaltar, que sin estas modificaciones en el motor, no podrá funcionar en un grado mayor de mezcla de gasolina etanol equivalente del 15 al 18 %, ya que presentará, problemas con los sistemas de combustible, llámense estos, cañerías, acoples, filtros y demás componentes que llevan el combustible

hacia el carburador o inyectores si fuese el caso. De igual manera, el motor en si no trabaja correctamente, si no se realiza ningún tipo de modificación en el mismo, es necesario, una elevación de compresión para que el etanol pueda funcionar correctamente, como se advierte antes un motor normal puede trabajar sin ningún tipo de modificación hasta un 20% de etanol diluido en la gasolina. Existen ciertos vehículos, de elevada compresión, que pueden tolerar cierto grado más de mezcla; no se recomienda esta práctica, ya que el vehículo no se encuentra diseñado para este propósito, sin embargo, realizando ciertas modificaciones, el vehículo puede funcionar sin problemas con este combustible. En el caso de un vehículo a inyección, será necesario, la reprogramación de la computadora para definir nuevos parámetros de apertura y cierre de los inyectores.

#### **4.2. ANÁLISIS DE EMISIONES DE GASES DE LOS DOS SISTEMAS**

Como sabemos la contaminación global hoy en día, está en aumento debido al incremento de los motores de combustión interna, sea en automóviles, buses camiones, trenes, barcos y aviones, los cuales trabajan con combustibles fósiles, desprendiendo CO<sub>2</sub> que es el principal responsable del efecto invernadero en nuestra atmosfera. Con el tratado de Kioto, se ha buscado reducir en gran manera estas emisiones contaminantes, gran parte de la Unión Europea, se ha acogido a dicho, tratado fomentando la reducción de las mismas, en relación a la década pasada. En esta década, se han reducido notablemente dichas emisiones, ya que como se mencionó en los inicios del capítulo uno, este tratado implanta una norma sobre emisiones contaminantes, las cuales son mucho más estrictas y

Que la combustión sea mucho más limpia; esto muchas veces, se lo ha conseguido con convertidores catalíticos e implementos de carbón activo, reteniendo los residuos de la contaminación de una manera más efectiva.

Incluimos previamente la tabla general de datos, proporcionada por la Corpaire, la cual nos permite apreciar los valores máximos permitidos de emisiones contaminantes para este tipo de motor; como previamente se mostro en el capítulo anterior, existe un nivel máximo de emisión de CO y HC el cual, se determinara en las tablas de datos posteriores, cabe resaltar que usamos un parámetro medio ya que la tabla siguiente demuestra los parámetros máximos de contaminación, es por eso que se usa un término medio de contaminación.

HC = 4000 partes                      tanto en bajas como en altas

|                                                                                                                        |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Equipamiento                                                                                                           | Periodo de revisión                   |
| Costo de la revisión 2010                                                                                              | Equipamiento                          |
| Centros de Revisión                                                                                                    | Costos de la Revisión                 |
| Pruebas Técnicas                                                                                                       | Centros de Revisión                   |
| Valores Máx. Emisiones RTV 2009                                                                                        | Pruebas Técnicas                      |
| Empresas de Revisión                                                                                                   | Valores máximos de emisiones RTV 2009 |
| Guía de trámites RTV »                                                                                                 |                                       |
| <u>Acerca de los Requisitos:</u>                                                                                       |                                       |
| Para vehículos particulares                                                                                            |                                       |
| Para Vehículos públicos                                                                                                |                                       |
| Para vehículos nuevos                                                                                                  |                                       |
| <u>Acerca del Certificado:</u>                                                                                         |                                       |
| Ver Certificado                                                                                                        |                                       |
| Resultado                                                                                                              |                                       |
| Defectos                                                                                                               |                                       |
| Ubicación Defectos                                                                                                     |                                       |
| Calificación                                                                                                           |                                       |
| <u>Acerca de la Base Legal:</u>                                                                                        |                                       |
|  Instructivo RTV 2010 (438 Kb)      |                                       |
|  ver Ordenanza No. 213 (590 Kb)     |                                       |
|  Ley Transporte Terrestre (344 Kb)  |                                       |
|  Reglamento General Ley de Tránsito |                                       |

| Valores Máximos (Umbral tipo III) de emisiones de Vehículos a Gasolina (RTV 2009) |                                 |                           |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Prueba en vacío en altas y bajas revoluciones:                                    |                                 |                           |                                 |
| Año Modelo                                                                        | CO (% V)<br>Monóxido de carbono | HC (ppm)<br>Hidrocarburos | O <sub>2</sub> (% V)<br>Oxígeno |
| 2000 y posteriores                                                                | 1                               | 200                       | 5                               |
| 1990 - 1999                                                                       | 4.5                             | 750                       | 5                               |
| Menor a 1989                                                                      | 7                               | 1300                      | 5                               |

| VALORES MAXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE EMISIONES DE MOTOCICLETAS DE 2 Y 4 TIEMPOS (RTV2009) |                                 |                           |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Prueba en vacío en bajas revoluciones-ralenti:                                            |                                 |                           |                                 |
| Año Modelo                                                                                | CO (% V)<br>Monóxido de carbono | HC (ppm)<br>Hidrocarburos | O <sub>2</sub> (% V)<br>Oxígeno |
| Todas                                                                                     | 8                               | 6000                      | 5                               |

| VALORES MAXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE EMISIONES DE VEHICULOS A DIESEL (RTV2009) |               |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Prueba en aceleración libre:                                                   |               |
| Año Modelo                                                                     | % de OPACIDAD |
| 2000 y posteriores                                                             | 50            |
| 1999 y anteriores                                                              | 60            |

**Grafico 4.1 Datos de emisiones contaminantes CORPAIRE**

A continuación, se muestran las diferentes tablas con sus respectivos valores de emisiones de gases contaminantes, al pide de cada una de ellas, de encontrará, un análisis técnico de la descripción, de cada una de las tablas, con el fin de poder entender mejor los resultados de las mismas.

### TABLA DE EMISIONES DE GASES 3

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** Gasolina Extra

**Porcentaje de Pureza:** 100%

Tabla No.- 4.2 Emisiones de gases 100% gasolina extra (Tabla: Rubén Arévalo)

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC  |
|------|-------------|------|-----|
| 2000 | 89 C        | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C        | 1.5  | 124 |

#### Análisis de Resultados:

Como se puede observar en la tabla anterior, los diferentes valores se han situado por debajo de la norma máxima, establecida para emisiones de gases contaminantes. Tenemos un CO de 3.37, que se encuentra casi por la mitad de lo máximo permitido, de igual manera, en altas tenemos 1.5, en el caso del HC en bajas tenemos una lectura de 247 partes y en altas 124.

Esto nos quiere decir, que la mezcla aire combustible, se encuentra en su punto de 14.7:1, que es la mezcla óptima, para el funcionamiento de un motor; con estas mediciones, el motor aprobaría la norma municipal, sin ningún problema de contaminación excesiva.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** Gasolina Súper

**Porcentaje de Pureza:** 100%

Tabla No.- 4.3 Emisiones de gases 100% gasolina súper (Tabla: Rubén Arévalo)

| RPM  | TEMPERATURA | CO  | HC  |
|------|-------------|-----|-----|
| 2000 | 90 C        | 5.4 | 116 |
| 4000 | 90 C        | 5.5 | 145 |

### Análisis de Resultados:

En el caso de la gasolina súper, se notó un incremento inesperado, en los niveles de CO emitidos por el motor con este combustible. Unas de las causas posibles, radica en la calidad de dicha gasolina, la cual, fomenta la emisión excesiva de CO, pero en el caso de HC, encontramos una disminución en bajas revoluciones, no así en altas revoluciones, que emite cierta cantidad más, que con gasolina extra.

Como se dijo, el problema radica en la calidad de la gasolina súper, con la que se realizó la medición, posiblemente con otro tipo de gasolina súper. Esta medición podría variar, en nuestro caso práctico, no fue así, incluso tendiendo a contaminar con una elevada emisión de CO a la atmósfera.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E10

**Porcentaje de Pureza:** 10%

Tabla No.- 4.4 Emisiones de gases E10

| RPM  | TEMPERATURA | CO  | HC |
|------|-------------|-----|----|
| 2000 | 91 C        | 2.9 | 76 |
| 4000 | 91 C        | 1.1 | 67 |

(Tablas: Rubén Arévalo)

Tabla de Referencia

| RPM  | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

### Análisis de Resultados:

En esta tabla, podemos observar, la presencia de un 10% de etanol diluido con gasolina extra, esto se hizo, ya que como se vio en tablas anteriores, la gasolina súper, era de mala calidad y nos estaba dando mediciones excesivas de CO. Por eso, se optó en realizar las mezclas de combustibles con gasolina extra. Ya centrándonos en los valores que nos proporciona esta mezcla llamada E10 por su concentración de 10% de etanol, podemos observar ya una disminución radical en los índices de emisiones contaminantes dentro del motor, como se puede ver, el CO bajo a un 2.9 en bajas y un 1.1 en altas, ratificando así, lo que se quiere demostrar con este proyecto, que es, reducir las emisiones contaminantes con un motor dual de etanol gasolina. En el caso de HC, la disminución es mayor aun con un valor en bajas de 76 partes y en altas de 67; Como conclusión, con E10 la reducción comienza a notarse de forma amplia.



## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E25

**Porcentaje de Pureza:** 25%

Tabla No.- 4.5 Emisiones de gases E25

| RPM  | TEMPERATURA | CO  | HC |
|------|-------------|-----|----|
| 2000 | 88 C        | 2.7 | 81 |
| 4000 | 90 C        | 0.8 | 60 |

(Tablas: Rubén Arévalo)

Tabla de referencia

| PM   | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

### Análisis de Resultados:

Como se puede ver en la tabla de datos, el valor de CO en bajas, se redujo en pequeñas cantidades, con relación a la tabla anterior de E10, no así, el valor de CO en altas revoluciones, que tuvo una significativa caída de 1.1 a 0.8, bajando notablemente el CO emitido a la atmosfera. En el caso de HC, hubo un aumento relativo, no queriendo decir, que contamine, ya que los parámetros iniciales son muchísimo más elevados que los datos obtenidos en esta tabla, pero haciendo relación con la tabla anterior, el HC aumentó varios puntos, como se dijo sin afectar de gran manera.

Este tipo de mezcla, es una de las más usadas en las gasolinas que se venden en los Estados Unidos, esta concentración de E25, es soportada por la mayor cantidad de vehículos por no decir todos. Como se puede ver, la presencia de 25% de etanol en la gasolina, reduce significativamente las emisiones de gases.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E30

**Porcentaje de Pureza:** 30%

Tabla No.- 4.6 Emisiones de gases E30

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC |
|------|-------------|------|----|
| 2000 | 88 C        | 1.3  | 44 |
| 4000 | 90 C        | 0.54 | 61 |

(Tablas: Rubén Arévalo)

Tabla de Referencia

| RPM  | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

### Análisis de Resultados:

En esta tabla de E30, tenemos datos interesantes, ya que este porcentaje de etanol en la gasolina, es el más comúnmente usado en las gasolinas, sin que exista ningún tipo de alteración en el motor, o sistemas adjuntos de un vehículo. Como podemos ver, los valores de CO se redujeron, casi a la mitad del valor anterior, en bajas revoluciones; en altas, no es tanto el cambio, pero sí existió una disminución. En cuanto al HC en bajas revoluciones, se produjo una caída a la mitad de las emisiones, mientras que en altas, se mantuvo el valor anterior; esto nos muestra, que con este porcentaje de etanol, la gasolina deja de contaminar en un alto grado. Esto nos permite ver, que una concentración de este tipo en las gasolinas del país, disminuiría notablemente, las emisiones contaminantes en general, sin realizar modificaciones al motor. Lamentablemente, no se puede hacer, ya que en el parque automotriz del país, todavía existen unidades obsoletas circulando, y ésta concentración de etanol, traería problemas a un motor de baja compresión.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E50

**Porcentaje de Pureza:** 50%

Tabla No.- 4.7 Emisiones de gases E50

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC |
|------|-------------|------|----|
| 2000 | 88 C        | 0.46 | 51 |
| 4000 | 90 C        | 0.35 | 42 |

(Tablas: Rubén Arévalo)

Tabla de Referencia

| RPM  | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

### Análisis de Resultados:

En el caso del E50, existe una variación sumamente alta, la presencia de etanol en el combustible, al oxigenado la mezcla, de tal forma que las emisiones contaminantes se han reducido drásticamente; es así, que podemos ver, que el CO se encuentra en un 0.46 en bajas revoluciones y 0.35 en altas revoluciones. No así, el HC, que mantiene una tendencia a la baja, no tan radical como el CO, pero tiende a la baja, como se mencionó antes, en esta concentración, la gran cantidad de oxígeno contenida en el etanol, provoca, que la mezcla reduzca las emisiones contaminantes en gran manera. Para poder usar esta mezcla, ya se precisan de varias modificaciones al motor, debido a su gran cantidad de etanol.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E70

**Porcentaje de Pureza:** 70%

Tabla No.- 4.8 Emisiones de gases E70

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC |
|------|-------------|------|----|
| 2000 | 88 C        | 0.29 | 66 |
| 4000 | 90 C        | 0.41 | 65 |

Tabla de Referencia

| RPM  | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

*(Tablas: Rubén Arévalo)*

### Análisis de Resultados:

Con una concentración del 70% de etanol en la mezcla, se han obtenido los valores más bajos en todas las concentraciones, demostrando, que esta mezcla, es la mejor concentración que se puede tener, con las calibraciones, en las que se encuentran en el motor, en este momento; esto quiere decir, en la mezcla 14.7:1, con esta calibración se logra un óptimo funcionamiento, de esta manera, puede funcionar con gasolina y con la mayor cantidad de concentraciones de etanol. Si se varía esta calibración, el motor empieza a contaminar y no se cumple con el objetivo de la presente investigación.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E85

**Porcentaje de Pureza:** 85%

Tabla No.- 4.9 Emisiones de gases E85

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC  |
|------|-------------|------|-----|
| 2000 | 90 C        | 0.36 | 77  |
| 4000 | 91 C        | 0.45 | 104 |

(Tablas: Rubén Arévalo)

Tabla de Referencia

| RPM  | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

### Análisis de Resultados:

Esta concentración, es la más famosa en los Estados Unidos y Brasil, el E85 se vende, en las estaciones de servicio junto con las gasolinas; el cliente puede escoger entre gasolinas y E85, obviamente, si su vehículo es Fuel Flex, solo este tipo de vehículos pueden utilizar este combustible, el cual, cabe resaltar, que es más barato que la gasolina (en USA) y sus emisiones contaminantes, como se vieron en la tabla son mucho menores que con gasolina. Un punto importante es recalcar, que es diferente hacer las pruebas con un motor a carburador, que con un vehículo a inyección, en el caso de los motores Fuel Flex, la computadora tiene un software que modifica los parámetros de inyección, para que el motor pueda funcionar con el E85. En nuestro caso, se incrementó un poco la emisión por ser el motor a carburador.

## TABLA DE EMISIONES DE GASES

**Motor:** 125cc de 4 tiempos

**Combustible:** E100

**Porcentaje de Pureza:** 100%

Tabla No.- 4.10 Emisiones de gases E100

| RPM  | TEMPERATURA | CO   | HC |
|------|-------------|------|----|
| 2000 | 88 C        | 7.6  | 66 |
| 4000 | 90 C        | 0.63 | 70 |

(Tablas: Rubén Arévalo)

Tabla de Referencia

| RPM  | TEMP | CO   | HC  |
|------|------|------|-----|
| 2000 | 89 C | 3.37 | 247 |
| 4000 | 90 C | 1.5  | 124 |

### Análisis de Resultados:

Finalmente llegamos al E100, quiere decir, que usaremos solamente etanol como combustible, para hacer funcionar el motor; lamentablemente la calidad de etanol que se obtiene en el país, es baja, por ende, ocasiona inconvenientes en la marcha del motor; igualmente las calibraciones con las que se midieron, son de una mezcla estequiométrica de 14.7:1, pero el etanol puro, trabaja con menos cantidad de oxígeno, ya que en su composición molecular, posee un elevado porcentaje de oxígeno. Es por eso, que nuestro motor presenta fallas en ralentí y en plena carga, el motor funciona, pero no mantiene una marcha estable, debido a los parámetros antes mencionados, es por eso, que la tabla denuncia elevación en los niveles de contaminación, no fuera de los parámetros de la Corpaire, pero sí, en relación a concentraciones menores.

#### **4.3. MEDIR EFICIENCIAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS MOTORES**

Una vez realizadas todas las pruebas de emisiones de combustible, es importante determinar, si el etanol frente a la gasolina, también influye en el consumo del mismo, esto quiere decir, determinar de una manera más práctica, cuál de los dos combustibles brindará una mayor autonomía de manejo.

En el caso de la gasolina, dependerá de que tipo de gasolina se esté utilizando. Las pruebas de autonomía, serán realizadas con los dos tipos de gasolina existentes en el país, que son súper y extra.

Tomando en cuenta las diferencias de gasolinas, los valores de autonomía serán tomados en una escala de litros por hora, ya que, un motor de estas características, necesita un prolongado uso para poder consumir una cantidad mayor; por motivos didácticos, se trabajará con esta escala, el uso de las horas se debe, a que es un motor estático, lo cual solo puede ser dimensionado en una escala de tiempo,

En el caso del etanol, el tipo de combustible que se puede encontrar en nuestro país, es solo uno, el mismo que tiene un uso más industrial; es por eso, que no tiene las especificaciones exactas que requiere un sistema de etanol convencional, sin embargo, tiene una pureza relativamente aceptable, para poder realizar las diferentes pruebas; cabe recalcar, que al no tener una pureza elevada, no podremos obtener un buen funcionamiento del motor en altas concentraciones de etanol.

Los análisis, se realizan con gasolina y con etanol, ya que en sus diferentes concentraciones, no se ve una mejora evidente o radical, al ir subiendo poco a

poco, es por, eso que la prueba se realiza, con la mejor concentración de etanol, tomando en cuenta los parámetros de emisiones contaminantes anteriores; esto quiere decir, tomar el valor de emisión más bajo, y usar esta concentración para la prueba de autonomía de combustible. Esta prueba, se realiza a un régimen de giro de 2500 rpm, que es el número de vueltas, que un motor estacionario de este tipo, utiliza para su funcionamiento normal de trabajo.

Finalmente, comparamos los datos obtenidos en las dos pruebas, tanto con gasolina, como con la mezcla eficiente de etanol gasolina y numéricamente, podremos darnos cuenta qué tipo de combustible es más eficiente; la teoría nos dice que el etanol al ser un alcohol se evaporará más rápido, probablemente influyendo esto.

#### **4.3.1 Tabla de eficiencia de combustible**

Se realizó la prueba de eficiencia de combustibles, tomando en cuenta dos tipos de combustibles a ser usados. Debido a su alta eficiencia en pruebas de emisiones anteriores, es por eso, que para esta prueba usamos gasolina extra de buena calidad, y etanol en un 70%, es decir E70, ya que como se mencionó previamente, esta cantidad de etanol con gasolina, para este caso específico de banco de pruebas, funciona en óptimas condiciones. Como se habló anteriormente, una concentración mayor de etanol mejoraría muchos parámetros de emisiones y de economía de combustible, pero requiere un etanol de mejor calidad y distintos ajustes, a un motor de mayor compresión y mejor tecnología.

Centrándonos en la prueba de consumo de combustible, se la realizó con el motor a una carga normal de funcionamiento, esto quiere decir, a un régimen de unas 3500 a 4000 rpm siendo este, el número de revoluciones indicado, en el cual,



trabajaría normalmente este motor, en condiciones estacionarias para brindar un trabajo efectivo. Otro punto importante en esta prueba, es la temperatura a la cual el motor trabaja, ya que con temperaturas muy elevadas, el combustible se desperdicia y no combustiona de una manera correcta; sucediendo lo mismo en muy bajas temperaturas, es por eso, que se usa una temperatura de trabajo de 90 grados centígrados, la cual permite una marcha estable y un rendimiento adecuado del combustible.

Una vez listos estos parámetros importantes, se gradúa un recipiente, para poder medir exactamente la cantidad de combustible a ser usado, para luego, medirlo en una escala de tiempo, pudiendo así realizar, exactamente la misma prueba con otro tipo de combustible, minorando al máximo, el rango de error por malas mediciones.

Se comienza la medición con gasolina extra pura, manteniendo el motor al régimen de giro indicado anteriormente. Se lo monitorea constantemente, determinando temperatura y funcionalidad de los sistemas, procurando ruidos o golpeteos posibles; una vez terminada esta prueba, se procede a realizarla con E70, mezcla óptima a funcionar con este motor en particular, se realiza el mismo paso de medición; cabe resaltar, que es conveniente, tomar todas las precauciones del caso, al trabajar con combustibles, ya que al ser materiales altamente inflamables y volátiles, pueden causar accidentes en su manipulación. Tomando en cuenta esta advertencia, se procede a la prueba con el E70, realizando exactamente el mismo procedimiento anterior; como se menciona antes, solo se realizó la prueba con estos dos combustibles, para poder encontrar

una diferencia marcada, ya que al realizar con intervalos de 10% de pureza, no existía una forma exacta de dimensionar el consumo en el tiempo.

A continuación los datos obtenidos de las dos mediciones realizadas al motor con los combustibles alternados:

### **TABLA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

**Tabla No.- 4.11 Tabla de consumo de combustible (Tabla: Rubén Arévalo)**

| <b>COMBUSTIBLE</b>  | <b>VALOR</b> |
|---------------------|--------------|
| Gasolina Extra 100% | 0,5 l/h      |
| E70                 | 0,39 l/h     |

#### **Análisis de Datos:**

Como se puede observar en la tabla anterior, la disminución de consumo de combustible es marcada, en 0.11 l/h (litros por hora). Se usa esta escala de medida, ya que por ser un motor relativamente pequeño, la cantidad de combustible que ingresa a las cámaras es reducida y en cantidades mayores, llevaría mucho más tiempo de definir con claridad.

Al tener una elevada relación de compresión y la relación estequiométrica óptima, se puede aprovechar totalmente esta mezcla de combustible gasolina E70. En la tabla, se puede ver una relación significativa en el consumo, lo cual es lógico, ya que con un mayor grado RON y una compresión elevada, el motor aprovecha de mejor manera el combustible y lo hace eficiente. Teóricamente, el par motor y la potencia, deben ir en aumento por la relación de compresión, pero basándonos en la tabla de consumo de combustible, existe una mejora notable de un 22% con

esta concentración elevada de etanol. Esto quiere decir, que en menores concentraciones, existirá, reducción de combustible proporcional; es importante notar, que este motor se encuentra modificado en su relación de compresión, para así aprovechar el octanaje elevado del etanol; en un motor regular, una concentración de este tipo en el sistema de combustible, recaerá en un consumo alto de combustible frente a la gasolina.

#### **4.4. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR A ETANOL EN BAJAS TEMPERATURAS FRENTE AL DE GASOLINA**

El principio de funcionamiento del motor a etanol como se ha visto en todos estos capítulos, nos dice, que el etanol por ser un alcohol, tiene una gran volatilidad y se evapora con facilidad; pero uno de los problemas más grandes que tiene este combustible, es su dificultad de encenderse en bajas temperaturas.

Los vehículos normales que trabajan con gasolina, no tienen inconvenientes de arrancar a bajas temperaturas, o el conocido arranque en frío, ya que, la gasolina tiene propiedades diferentes que el etanol, no así, el diesel que también tiene problemas de arrancar en frío, el mismo usa un sistema de calefactores o bujías de pre calentamiento, para poder arrancar, al calentar la mezcla de combustible con el aire que ingresa a los cilindros. En el caso específico del etanol, este combustible, tiene mucha dificultad de encender a menos de 14 grados centígrados, por lo cual, se requieren de aditamentos especiales para compensar este inconveniente, ya que cuando el motor entra en funcionamiento, rápidamente supera esta temperatura y trabaja sin problemas.

En países como Brasil, los vehículos que trabajan con etanol, vienen equipados con un kit de arranque en frío, el cual, no es más, que un depósito externo de

gasolina, la cual es introducida al motor, en el arranque en frío; con esta pequeña cantidad de gasolina, el motor se puede poner en marcha en temperaturas menores a los 14 grados centígrados, una vez que el motor alcanza una temperatura razonable, aproximadamente unos 40 a 50 grados, el etanol ingresa a la cámara normalmente y el motor trabaja sin inconvenientes. Otro sistema aplicable, que recientemente se están implementando en los vehículos de etanol para su arranque en frío, es el sistema de pre-calentadores del combustible del ducto de admisión, en el cual, por convección, se calienta el combustible que pasa a los cilindros; de esta, manera el motor puede trabajar a bajas temperaturas sin inconvenientes, como se mencionó antes, éste sistema esta recientemente aplicado.

Como sabemos el motor a gasolina, es mucho más sencillo de encender en bajas temperaturas, frente al de etanol por los motivos que se han mencionado. Por esto, podemos afirmar, que el motor a gasolina, es mucho más eficiente a bajas temperaturas, ya que no requiere de ningún aditamento o combustible extra para encender.

Cabe aclarar, que el problema de arranque del etanol, se encuentra en elevados grados de pureza, pasado el 65% de etanol en la mezcla de gasolina, ya que en porcentajes menores, la gasolina contenida en la mezcla gasolina-etanol, es mayor que la necesaria para poder arrancar en frío. Aquí podemos sacar otra conclusión: un motor que funciona con mezcla de etanol gasolina, no tendrá inconvenientes en ningún tipo de temperatura, mientras que uno que trabaja con altas concentraciones de etanol, presentará muchos inconvenientes al arranque.

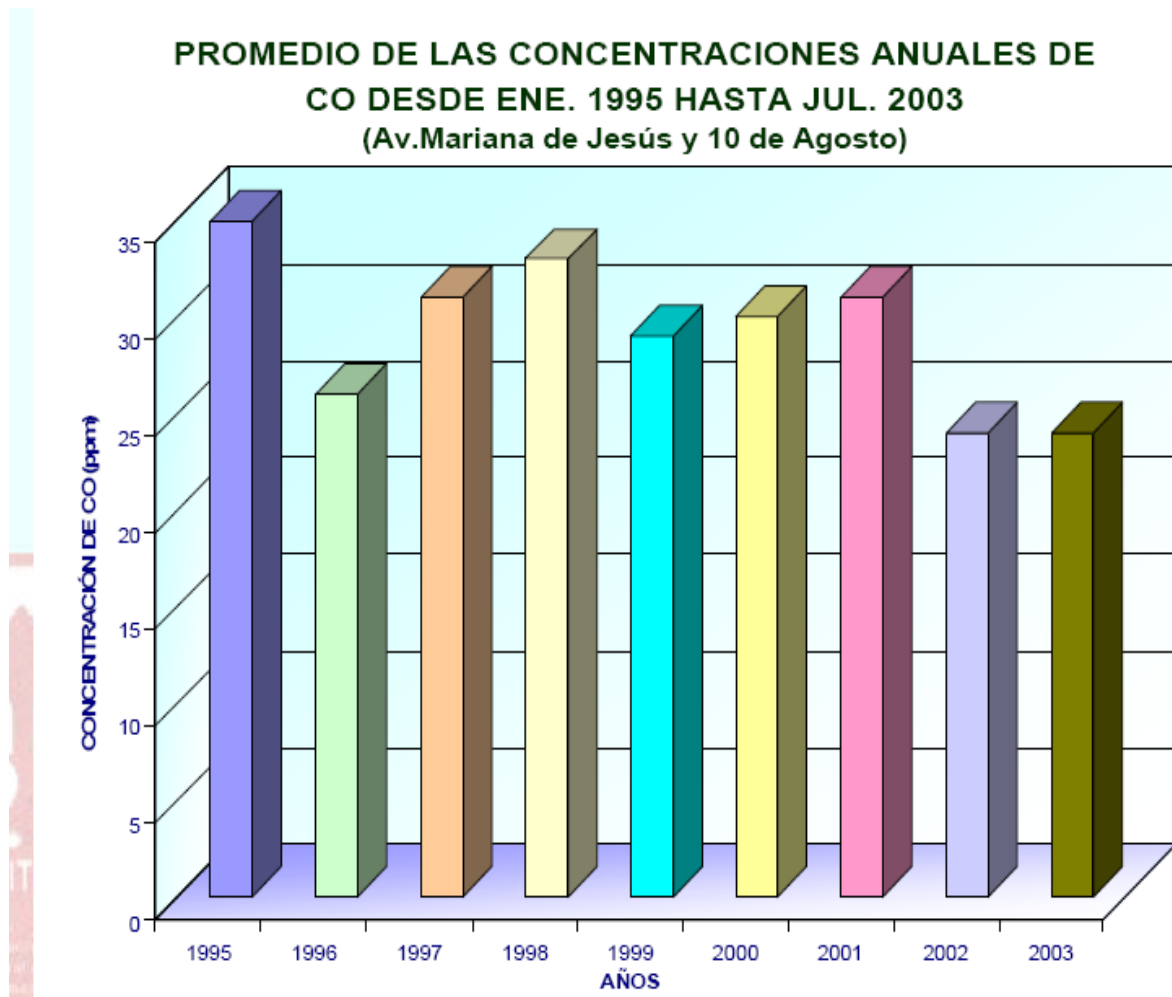
Es por esto, que en nuestro caso, del banco de pruebas de etanol, no se ha realizado ningún tipo de adaptación de sistema de arranque en frío, ya que se utiliza la gasolina del primer tanque para poder encender el motor; una vez ya caliente el mismo, se procede a introducir la mezcla de etanol. Al ser un motor didáctico, no es necesario de estos sistemas de arranque en frío, ya que la finalidad de este proyecto es demostrar, qué tipo de emisiones contaminantes produce uno u otro combustible, o la mezcla de los dos; no se centra en el funcionamiento del motor con uno u otro combustible.

Cabe recalcar también, que el tipo o calidad del etanol que se puede conseguir en el Ecuador, no es de gran pureza, lo cual, produce anomalías de funcionamiento en el motor, a altas concentraciones de etanol. Como otra conclusión, se puede tener, que el motor trabajará de mejor manera en altas concentraciones de etanol, si se pudiese contar con un alcohol de mejor calidad y una pureza superior.

#### **4.4.1 Aplicaciones futuras del proyecto**

Todo el desarrollo de la presente tesis, tiene como objetivo demostrar que con el uso de combustibles alternativos, se puede reducir la cantidad de emisiones contaminantes a la atmósfera; de igual manera, se usa combustibles obtenidos a partir de materias orgánicas, las cuales pueden ser regeneradas las veces necesarias.

Visto de una manera más global, este proyecto podría ser aplicable directamente a la ciudad de Quito Ecuador, con el fin, de continuar mejorando el aire de la ciudad, como lo ha estado tratando de hacer la Corpaire, midiendo la cantidad de gases de escape de los automotores cada año.



**Gráfico No.- 4.2 Tabla contaminación del aire de Quito 1995-2003<sup>19</sup>**

Como ya se ha demostrado, el uso de etanol como aditivo a los combustibles, reduce en una manera significativa, la cantidad de gases contaminantes al aire. Partiendo de este punto, la utilización de concentraciones de etanol en las gasolinas de la ciudad, contribuiría a reducir la contaminación ambiental, que proviene de los vehículos cada día. Es así como, con el simple hecho de aditivar el combustible hasta un 25%, mejoraríamos notablemente el aire de la ciudad, ya que no es necesario, mayor afinamiento de los motores, como se viene haciendo hoy en día en la revisión vehicular de gases.

<sup>19</sup> <http://200.10.250.206/bvsaidis/ecuador10/muni.pdf> pag 19

## COMPORTAMIENTO DE CO DURANTE EL DIA

(Mariana de Jesús y 10 de Agosto)

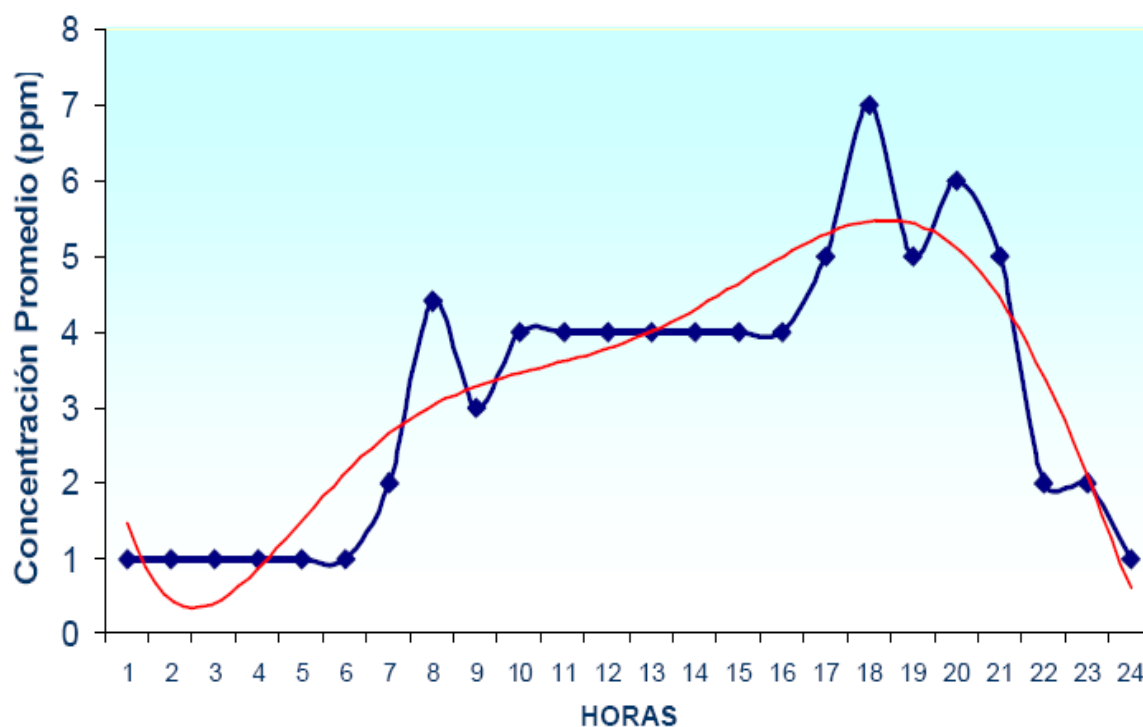


Gráfico No.- 4.3 Nivel de contaminación por horas en Quito<sup>20</sup>

Es conocido, que los propietarios de vehículos, al momento de ir a la revisión de gases del municipio de la ciudad, se ven a obligados a realizar correcciones a los sistemas de admisión y escape de sus vehículos; muchas veces, realizando estas afinaciones, de manera temporal mientras dura la prueba de gases, posteriormente, vuelven a dejar los vehículos como se encontraban antes, de esta forma, solo se los afina, para pasar la prueba.

El objetivo de mejorar el aire de Quito, debe ser constante, no solo para dicha prueba, es por eso, que utilizando etanol en las gasolinas a diferentes concentraciones, se podrá mejorar de una manera radical el aire. De esta forma, al momento de ir a la prueba de gases, el vehículo estará con parámetros dentro de la norma establecida, sin ningún ajuste o afinamiento previo, que como se indicó, es momentáneo y no causa beneficio al aire de la ciudad.

<sup>20</sup> <http://200.10.250.206/bvsaidis/ecuador10/muni.pdf> pag17

Basándonos en este principio, al momento que el tanque de combustible de los vehículos de la ciudad, contengan un combustible, que ya de por sí combustiona de una manera más limpia, en este momento, si se puede hablar de una reducción de la contaminación en la ciudad, de un mejor aire continuamente y no solo en el momento de las pruebas.

Para poder lograr esto, son necesarios varios factores a tomar en cuenta: primeramente, de dónde se va a extraer la cantidad de etanol necesaria, para abastecer el mercado de combustibles de la ciudad. En este punto, se puede tomar como ejemplo, algunas ciudades del Brasil, donde se usan desechos orgánicos para producir alcohol, sabiendo el principio básico, que el alcohol se obtiene del azúcar contenida en los productos que salen de la tierra; así, se podría obtener combustible y mejorar en parte el problema, que ya es para la ciudad la acumulación de escombros y basura.

Se podría implementar una planta de procesamiento cerca de los principales botaderos de basura, en donde, se seleccionen los productos de origen orgánico, para así procesarlos, fermentarlos y finalmente destilarlos hasta obtener el etanol. A breves rasgos, un proyecto así podría solucionar varios problemas, que aquejan a la ciudad, causando varios beneficios, tanto económicos como medio ambientales y de origen social, al dar plazas de empleo.

Luego de obtener el combustible, se lo debe mezclar con las gasolinas expendidas en la ciudad, para poder ofrecer el llamado gasohol. Un punto importante que hay que tomar en cuenta, son las concentraciones del mismo, para poder facilitar el uso a todo tipo de vehículos, para evitar problemas con sus sistemas de admisión de combustible y posteriores problemas en el motor.



Es de conocimiento público, que el parque automotor de la ciudad de Quito, está compuesto particularmente por vehículos nuevos, refiriéndose a nuevos, al decir vehículos comprendidos entre los años 1999 y 2010, los cuales son capaces de asimilar concentraciones de etanol más altas; hablamos de hasta un 30% de etanol concentrado en gasolina, con esta mezcla, se puede reducir notablemente, los índices de contaminación de la ciudad, en un 25% menos de lo que actualmente está contaminando; si ponemos esto en escala mayor, hablamos que se reduciría una gran cantidad de emisiones nocivas al ambiente en la ciudad.

Posteriormente, se puede ampliar este proyecto a concentraciones mucho mayores, hasta llegar al muy usado E85, el cual, es la mezcla óptima para reducir en mayor cantidad la contaminación, De esta forma, se pueden empezar a traer al país, vehículos “FLEX”, los cuales, pueden trabajar con este tipo de combustible, mejorando radicalmente la contaminación.

De igual manera, si ya se obtiene etanol de buena calidad, se puede comercializar vehículos 100% etanol, cuya tecnología, requiere de un combustible de buena calidad, así mismo, sus emisiones son realmente bajas, respecto a la gasolina regular.

Esto, es a donde aspira llegar la presente tesis, empezando de una manera muy didáctica, para obtener datos reales de funcionamiento en un motor y no simples estadísticas. Posteriormente, fuera de este proyecto, se van a realizar pruebas de ruta, con vehículos comerciales, para determinar los diferentes parámetros de funcionamiento, tanto en ciudad como en carretera y así poder determinar las prestaciones de usar biocombustibles.

## CONCLUSIONES

Se flexibilizo un motor 125cc a carburador del año 2006, para que pueda funcionar con biocombustibles, específicamente con etanol, esta flexibilización del sistema de admisión y el motor, permite tener una dualidad de combustible, la cual es altamente aprovechada para poder realizar diferentes pruebas de emisiones contaminantes tanto de CO como de HC.

Se sintetizo la información a para demostrar que el uso de biocombustibles dentro de un motor de cuatro tiempos, reduce notablemente la cantidad de gases contaminantes hacia la atmosfera; igualmente mejora el par motor, y la potencia del vehículo gracias al tipo de combustible y sus propiedades químicas.

Se brindo la información necesaria para flexibilizar el motor y demostrar que para usar una baja concentración de etanol en el combustible, no es indispensable grandes modificaciones en el motor, ya que con ciertas variaciones puntuales, el motor trabajará sin inconvenientes con mezclas de baja concentración, oxigenando así las gasolinas, y trabajará como un aditivo para el combustible.

Se analizo el impacto medio ambiental del uso del etanol y de definió que en el caso de altas concentraciones de etanol en el combustible, se han detallado las modificaciones necesarias para que el motor trabaje con etanol, en una cantidad mayor que la gasolina, mejorando notablemente la eficiencia del motor, así como una reducción notable de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera.

Se llego a determinar que, el aire de la ciudad podría mejorarse radialmente, con el uso de biocombustibles, en los automotores en bajas cantidades, evitando así,

correcciones costosas y afinaciones periódicas, en los sistemas de admisión de los vehículos que circulan hoy en día.

## RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones más importantes sería obtener un etanol de mejor calidad, con menos cantidad de agua, para que las pruebas sean más efectivas; de igual manera, sería recomendable realizar diferentes pruebas bajo variadas condiciones de trabajo y carga del motor, para poder determinar el funcionamiento del motor con este tipo de combustibles.

Una sugerencia adicional, para futuras investigaciones, sería seguir desarrollando este proyecto, pero enfocado al uso de vehículos comerciales, con un universo mayor y una gama de vehículos variada, siendo estos, de trabajo, o de transporte de pasajeros, verificando el comportamiento de las emisiones contaminantes, en los diferentes motores y condiciones de trabajo.

Otra sugerencia, sería investigar la obtención del etanol por medio de celulosis. Esta tecnología, actualmente se encuentra en desarrollo, la misma que muestra ser, en un futuro muy cercano, la mejor opción para obtener bioetanol a partir de una gran cantidad de elementos lo mismos que hoy en día, son un problema de contaminación a nivel global.

## GLOSARIO

**Biocombustible.-** Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos.<sup>21</sup>

**Etanol.- (RAE)** Alcohol cuya molécula tiene dos átomos de carbono. Es un líquido incoloro, de sabor urente y olor fuerte, que arde fácilmente dando llama azulada y poco luminosa. Se obtiene por destilación de productos de fermentación de sustancias azucaradas o feculentas, como uva, melaza, remolacha, patata. Forma parte de muchas bebidas, como vino, aguardiente, cerveza, etc., y tiene muchas aplicaciones industriales. (Fórm.  $CH_3-CH_2OH$ ).<sup>22</sup>

**Bioetanol.-** El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa.<sup>23</sup>

**Gasolina.- (RAE)** Mezcla de hidrocarburos líquidos volátiles e inflamables obtenidos del petróleo crudo, que se usa como combustible en diversos tipos de motores.

**Aditivo.- (RAE)** Sustancia que se agrega a otras para darles cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

**ETBE.-** (Etil-Tri-Butil-Eter)

---

<sup>21</sup> <http://www.biodisol.com/que-son-los-biocombustibles-historia-produccion-noticias-y-articulos-biodiesel-energias-renovables/>

<sup>22</sup> (RAE) <http://buscon.rae.es/drae/html/cabecera.htm>

<sup>23</sup> <http://www.biodisol.com/bioetanol-bioalcohol-etanol-anhidro-alcohol-etilico-que-es-el-bioetanol-definicion-de-bioetanol-materias-primas-mas-comunes/>

**TBA.-** (tercbutil alcohol)

**MTBE.-** (Metil-Tri-Butil-Eter)

**Materia Orgánica.-** La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad.<sup>24</sup>

**Octanaje RON.-** Es la abreviatura en ingles de (Research Octane Number), este número se lo obtiene en pruebas de laboratorio, en donde se compara el golpeteo del motor usando gasolina con una mezcla de isoctano, trimetilpentano y n-heptano, esta comparación nos proporciona el grado RON de la gasolina que se está usando.

**Octanaje MON.-** (Motor Octane Number), es el octanaje probado en un motor estático, esta prueba, se la realiza con el motor en un banco de pruebas, exponiéndolo a mayores cargas, puntos de ignición diferentes y posición de válvulas variadas.

**PM.-** El PM o materia particulada, quiere decir la cantidad de material particulado que se encuentra en un aerosol, son las partículas solidas o también liquidas que se pueden encontrar contenidas en un gas.

**PCI.-** El PCI es el poder calorífico inferior o calor realmente aprovechable. Técnicamente el PCI es cuanto calor se desprende durante la combustión total de 1kg de combustible.

---

<sup>24</sup> <http://definicion.de/materia-organica/>

**CDI.-** (Ignición por descarga de condensador). Sistema de encendido por tiristor condensador.

**Emisión CO.-** Gas incoloro, inodoro, inflamable y muy toxico, proviene la combustión de los motores de combustión interna.

**Emisión HC.-** Hidrocarburo proveniente de la combustión dentro de un motor, es un gas contaminante subproducto de la combustión.

**E 70.-** Composición del 70% de etanol en la gasolina para su uso automotriz.

**Corpaire.-** Corporación para el mejoramiento del aire de Quito

**Motor FLEX.-** Motor capaz de usar dos tipos de combustibles a la vez o independientemente, que puede flexibilizar el uso de combustible.

## BIBLIOGRAFIA

### **Libros:**

**Química ambiental**, Colin Baird, Raymond B. Seymour, Charles E. Carraher  
pag268

**Química y reactividad química**, John Kotz, Gabriela C Weaver, Paul M Treichel

**Ciencia Ambiental/ Environmental Science**, G. Tyler Jr Miller, Jr G Tyler Miller

**Atlas de la Agroenergía y los biocombustibles en la Américas**, Mario A

Seixas, Inter-American Ins.

**Perspectivas agrícolas OCDE-FAO 2007-2016**, Organización para la

Cooperación y el Desarrollo Económicos.

**Cultivos industriales**, por Luis López Bellido

**Tratado sobre automóviles**, Jols Ruiz Font Mezquita, José Font Mezquita, Juan

F. Dols Ruiz, Universidad Politécnica de Valencia.

**Climate change and sustainable energy**, Houghton J.T., 2005, Weather, vol.60,  
no.7, basado en Grubb M., 2003, The economics of Kyoto Protocol, World  
Economics, OPEC Share of Word Crude Oil Reserves(2007)

**Diccionario enciclopédico popular ilustrado Salvat** (1906-1914)

**Química un proyecto de la ACS**, Escrito por American Chemical Society,  
Roberto Martínez Álvarez, Jerry Bell, Ma Josefa Rodríguez Pag 283.



**QUIMICA AVANZADA NUFFIELD**, Etanol y otros alcoholes, editorial reverté, s.a.

**ETANOL**, Cadena Agroindustrial, Nicaragua 2004

**Technical Product Bulletin** ETBE (Cas Number 637-92-3)

**Páginas de Internet:**

[http://www.madrimasd.org/informacionIDI/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4\\_Biocarburantes\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionIDI/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf)

[http://www.efoa.org/docs/ETBE\\_PRODUCT\\_BULLETTIN\\_JUN\\_2006.PDF](http://www.efoa.org/docs/ETBE_PRODUCT_BULLETTIN_JUN_2006.PDF)

<http://www.flacsoandes.org/web/imagesFTP/10088.ContaminacionQuito.pdf>

<http://homepage.mac.com/uriarte/protocolo.htm>

<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/fotos3.htm>

[www.threatlab.com/.../gas\\_pump\\_mtbe.jpg](http://www.threatlab.com/.../gas_pump_mtbe.jpg)

<http://images.thetruthaboutcars.com/2008/06/e85.jpg>

<http://200.10.250.206/bvsaidis/ecuador10/muni.pdf> pag17

## ANEXOS

## **ANEXO 1**

### **TABLA DE COSTOS DEL PROYECTO**

| <b>CANTIDAD</b> | <b>DETALLE</b>                                  | <b>VALOR</b> |
|-----------------|-------------------------------------------------|--------------|
| 1               | Motor de 4 tiempos 125cc                        | 350          |
| 1               | Chasis de moto                                  | 70           |
| 1               | Batería 12V 6A                                  | 15           |
| 9               | Metros de tubo cuadrado                         | 15           |
| 1               | Platina de 6 metros                             | 8            |
| 4               | Kilos de electrodos AGA 60-11                   | 16           |
| 4               | Ruedas resistentes al peso con freno            | 32           |
| 1               | Rollo cable automotriz                          | 26           |
| 1               | Combustible gasolina para pruebas               | 20           |
| 1               | Tablero de instrumentos                         | 12           |
| 1               | Tacómetro                                       | 18           |
| 1               | Medidos de temperatura                          | 12           |
| 3               | Contactos ON OFF                                | 9            |
| 1               | Pulsador arranque                               | 15           |
| 1               | Acelerador                                      | 12           |
| 10              | Galones de etanol                               | 80           |
| 3               | Galones de acetite para motor                   | 39           |
| 6               | Filtros de combustible                          | 12           |
| 1               | Silenciador de escape                           | 15           |
| 6               | Bujías                                          | 21           |
| 1               | Cepillado de cabezote                           | 15           |
| 3               | Silicones                                       | 15           |
| 4               | Espray Limpia carburador                        | 16           |
| 1               | Tarro grasa                                     | 4            |
| 3               | Taipes                                          | 2.4          |
| 1               | Combustible movilización                        | 80           |
| 1               | Litro pintura                                   | 9            |
| 2               | Depósitos alternos para gasolina                | 40           |
| 1               | Juego de cañerías varias medidas                | 60           |
| 1               | Juego de abrazaderas de varias medidas          | 30           |
| 6               | Metros manguera flexible                        | 3.6          |
| 2               | Válvulas de paso de combustible de alta presión | 40           |
| 1               | Juego de racores y acoples de bronce            | 38           |
| 1               | Y de plástico                                   | 3            |
| 1               | Kit encendido de moto                           | 50           |
| 1               | Juego de empaques motor                         | 19           |
| 1               | Gastos varios                                   | 150          |
|                 |                                                 |              |
|                 | <b>TOTAL DE GASTOS</b>                          | <b>1372</b>  |

## **ANEXO 2**

## **ANEXO 3**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

### **GUIA DE PRÁCTICAS**

#### **1.- PRESENTACION.**

**Integrante:**

**Semestre:**

**Ing. a cargo:**

**No de práctica:**

**Fecha:**

**Tema:**

#### **2.- INTRODUCCION.**

#### **3.- MARCO TEORICO.**

##### **3.1 Planteamiento del problema.-**

##### **3.2 Objetivos generales y específicos.**

#### **4.- PARTE EXPERIMENTAL.**

##### **4.1 Materiales y Métodos.**

##### **4.2 Procedimiento.**

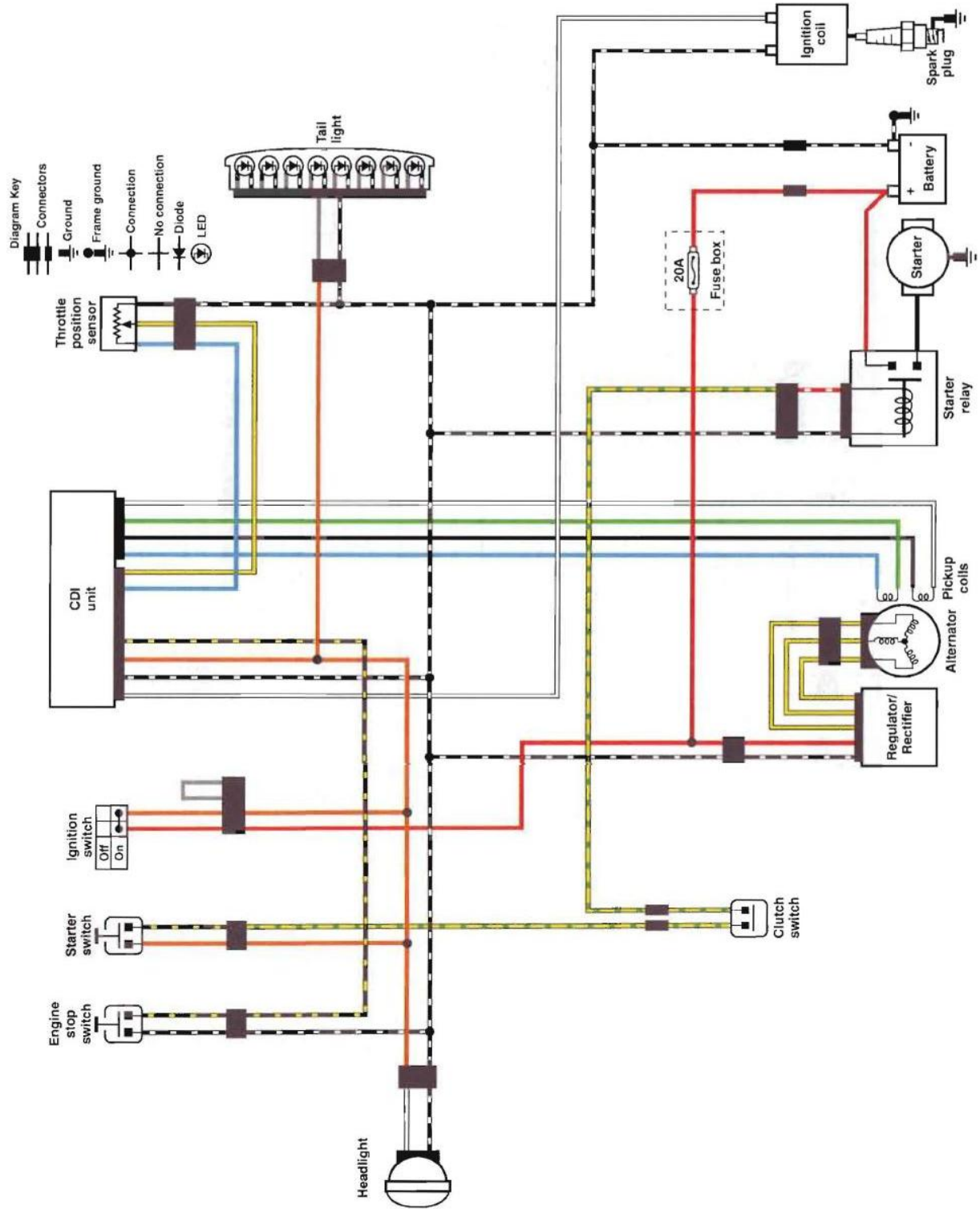
##### **4.3 Resultados y Análisis.**

#### **5.- CONCLUSIONES.**

#### **6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

## ANEXO 4

### DIAGRAMA ELECTRICO ORIGINAL MOTOR 125CC



<sup>i</sup> <http://images6.theimagehosting.com>