



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA  
EL ANÁLISIS TÉRMICO Y FLUJOMÉTRICO DE UN  
MOTOR V6 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ”**

**ARCOS VALENCIA CARLOS ALBERTO  
GALLEGOS TOASA BLASCO MAURICIO**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-07-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CARLOS ALBERTO ARCOS VALENCIA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS  
TÉRMICO Y FLUJOMÉTRICO DE UN MOTOR V6 PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas  
DIRECTOR DE TESIS

ASESOR DE TESIS

---

Ing. Víctor Bravo Morocho

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-07-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**BLASCO MAURICIO GALLEGOS TOASA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS  
TÉRMICO Y FLUJOMÉTRICO DE UN MOTOR V6 PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Ing. Marco Santillán Gallegos

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas

Ing. Víctor Bravo Morocho  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CARLOS ALBERTO ARCOS VALENCIA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS TÉRMICO Y FLUJOMÉTRICO DE UN MOTOR V6 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2014-11-13

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Víctor Bravo Morocho ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** BLASCO MAURICIO GALLEGOS TOASA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS TÉRMICO Y FLUJOMÉTRICO DE UN MOTOR V6 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2014-11-13

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Víctor Bravo Morocho ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Carlos Alberto Arcos ValenciaBlasco Mauricio Gallegos Toasa

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a DIOS porque es él quien guía e ilumina mi vida llenándome de bendiciones y sabiduría para alcanzar mis metas.

A mis padres Carlos y Nancy por brindarme su apoyo y amor incondicional en todo momento, por sus enseñanzas llenas en valores que me han ayudado a ser un hombre de bien.

A mis hijos Mateo y Alisson a mi esposa Andrea quienes son el pilar fundamental en mi vida y gracias a su apoyo, amor y paciencia he podido culminar con éxito una etapa importante en mi vida.

**Carlos Alberto Arcos Valencia**

La presente tesis la quiero dedicar primeramente a mi Dios y a mi Virgencita de Agua Santa por las bendiciones dadas, agradecer a mi familia que me ha brindado todo lo necesario para llegar hasta donde estoy, siendo el soporte necesario para mí desarrollo. Amor, abrazos, retos, castigos y miradas, dieron sus frutos y me ayudaron a llegar donde estoy. Han sido un verdadero apoyo incondicional en cada momento alto o bajo de mi vida.

A mi padre Blasco Aníbal Gallegos León que desde pequeño me supo inculcar el respeto y la dedicación a los estudios y por estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre para ser un hombre de bien.

A mi madre Martha Cecilia Toasa Bonilla que con su apoyo y amor me supo sacar adelante en las buenas y en las malas apoyándome en lo que fuera necesario y me supo tener paciencia para lograr mis metas en la vida.

Mis hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

**Blasco Mauricio Gallegos Toasa**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS por haber guiado mis pasos para alcanzar mi anhelado propósito en mi vida estudiantil. A mis padres, que su sacrificio y apoyo incondicional se ve reflejado en el presente trabajo como muestra de mi gratitud hacia ellos.

A mis hijos y esposa por estar siempre a mi lado y llenar mi vida de felicidad también a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo especialmente a la Escuela de Ingeniería Automotriz, a todos mis maestros por sus excelentes conocimientos y enseñanzas brindados durante toda mi etapa universitaria y de una manera muy especial a mi director Ing. Marcelo Castillo y a mi asesor Ing. Víctor Bravo por sus enseñanzas, responsabilidad, cordialidad y la ayuda prestada durante todo el proceso de realización de este trabajo de investigación.

**Carlos Alberto Arcos Valencia**

En agradecimiento a la presente tesis agradezco principalmente a mi Dios ya mi virgen del Agua Santa por darme la salud y la sabiduría en cada día de mi vida y lograr la finalización de mi carrera.

A mis padres y hermanos, por su ayuda y apoyo en todo momento, por ser participantes en la realización de este sueño tan maravilloso el de acabar mis estudios

Al Ingeniero Marcelo Castillo por ser el director de mi tesis y saber inculcarnos en buen camino, al Ingeniero Víctor Bravo por ser el asesor de mi tesis gracias a su sabiduría en el campo automotriz nos supo guiar de buena forma en el desarrollo de nuestra tesis.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz a mis docente y amigos que me acompañaron en el transcurso del aprendizaje de mi carrera y mi sueños.

**Blasco Mauricio Gallegos Toasa**

## CONTENIDO

	Pág
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivo específico:</i> .....	3
<b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	
2.1 Motor Toyota 3VZ-FE de 6 cilindros en V .....	4
2.1.1 <i>Ciclo de funcionamiento teórico</i> .....	5
2.1.2 <i>Ciclo real del motor</i> .....	7
2.1.3 <i>Características del motor</i> .....	9
2.1.4 <i>Descripción de las partes</i> .....	10
2.2 Comparación del motores .....	15
2.3 Sistema EFI.....	17
2.3.1 <i>El sistema</i> .....	18
2.4 Sensores.....	20
2.4.1 <i>Sensor de posición del acelerador</i> .....	20
2.4.2 <i>Sensor de temperatura del refrigerante</i> .....	21
2.4.3 <i>Sensor de oxígeno</i> .....	21
2.5 Actuador .....	22
2.5.1 <i>Válvula de aire</i> .....	22
<b>3. ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL MOTOR</b>	
3.1 Cálculo de la cilindrada parcial .....	23
3.1.1 <i>Cálculo de la cilindrada total</i> .....	23
3.1.2 <i>Cálculo del volumen total</i> .....	24
3.1.3 <i>Rendimiento volumétrico</i> .....	24
3.1.4 <i>Potencia indicada</i> .....	25
3.1.5 <i>Potencia efectiva del motor</i> .....	26
3.1.6 <i>Presión media efectiva</i> .....	26
3.1.7 <i>Caballos por litros de cilindrada del motor</i> .....	27
3.1.8 <i>Fuerza que se ejerce sobre la cabeza del pistón</i> .....	27
3.2 Dinámica del motor .....	28
3.2.1 <i>Cálculo del torque</i> .....	28
3.2.2 <i>Cálculo termodinámico</i> .....	28
3.2.3 <i>Suministro de calor</i> .....	29
3.2.4 <i>Expansión adiabática isentrópica <math>s = \text{constante}</math></i> .....	30
3.2.5 <i>Rechazo de calor a <math>V</math> constante</i> .....	31
3.3 Balance térmico del motor.....	31
3.3.1 <i>Potencia efectiva</i> .....	33
3.3.2 <i>Calor evacuado por el agua refrigerante</i> .....	34
3.3.3 <i>Gasto de agua a través del sistema</i> .....	34
3.3.4 <i>Capacidad calorífica del agua</i> .....	35
3.3.5 <i>Calor evacuado por los gases de escape</i> .....	35
3.3.6 <i>Gasto de combustible</i> .....	36
3.3.7 <i>Diseño y construcción está influida por los siguientes aspectos:</i> .....	36
3.3.8 <i>Los factores que tienen incidencia en la explotación son los siguientes:</i> .....	37
3.3.9 <i>Referido al mantenimiento y reparación se tiene:</i> .....	37
3.3.10 <i>Gasto de gases de escape</i> .....	37
3.3.11 <i>Gasto de aire</i> .....	38

3.3.12	<i>Capacidad calorífica media volumétrica de gases</i> .....	39
3.3.13	<i>Calor producido por la combustión incompleta</i> .....	39
3.3.14	<i>Rendimiento mecánico</i> .....	40

#### **4. ANÁLISIS FLUJOMÉTRICO Y SIMULACIÓN**

4.1	Movimiento de un fluido por un conducto .....	41
4.1.1	<i>Ondas de amplitud finita</i> .....	41
4.1.2	<i>Ondas de presión en el múltiple de admisión</i> .....	42
4.2	Dinámica de apertura y cierre de válvulas.....	43
4.2.1	<i>Avance apertura de escape (AAE)</i> .....	43
4.2.2	<i>Avance apertura de admisión (AAA)</i> .....	44
4.2.3	<i>Retraso cierre de escape (RCE)</i> .....	44
4.2.4	<i>Retraso cierre de admisión (RCA)</i> .....	45
4.3	Flujo en la culata.....	45
4.4	Flujo en el múltiple de admisión y escape.....	47
4.4.1	<i>Flujo en el múltiple de admisión</i> .....	47
4.4.2	<i>Múltiple de escape</i> .....	49
4.5	Flujo en el cuerpo de aceleración .....	50

#### **5. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**

5.1	Simulación y estudio de la estructura .....	55
5.1.1	<i>Resultados de estudio de la estructura</i> .....	57
5.2	Construcción de la estructura.....	59
5.3	Armado del motor.....	64
5.4	Cambio de transformador de 220 a 110 voltios para el motor TOYOTA V6 .....	69
5.5	Pruebas de funcionamiento.....	70
5.5.1	<i>Adecuada lubricación</i> .....	70
5.5.2	<i>Sonidos y vibraciones anormales</i> .....	70
5.5.3	<i>Bandas</i> .....	71
5.5.4	<i>Control de luces led</i> .....	71
5.6	Guías de prácticas.....	72
5.7	Manual de operación .....	81
5.8	Mantenimiento de seguridad.....	81
5.8.1	<i>Seguridad</i> .....	81
5.8.2	<i>Mantenimiento</i> .....	84

#### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	85
6.2	Recomendaciones .....	85

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Motor Toyota 3VZ-FE.....	16
2 Motor Mazda.....	16
3 Motor Chevrolet.....	17
4 Entrada y salida de aire.....	54
5 Propiedades del material.....	55
6 Fuerzas aplicadas a la estructura.....	56
7 Soportes fijos de la estructura.....	56
8 Resultados del estudio.....	57
9 Factor de seguridad.....	58

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Motor Toyota V6.....	4
2 Ciclos de funcionamiento.....	5
3 Carrera de admisión.....	6
4 Carrera de compresión.....	6
5 Carrera de expansión o explosión.....	7
6 Carrera de escape.....	7
7 Ciclo real del motor.....	8
8 Motor 3VZ-FE.....	10
9 Bloque motor.....	11
10 La culata.....	12
11 Sistema de distribución.....	13
12 Sistema de refrigeración.....	13
13 Sistema de lubricación.....	14
14 Encendido electrónico.....	15
15 Sistema EFI.....	18
16 Sistema de combustible EFI.....	18
17 Sistema de admisión EFI.....	19
18 Sistema de control EFI.....	20
19 Sensor de posición del acelerador.....	20
20 Sensor de temperatura del refrigerante.....	21
21 Sensor de oxígeno.....	22
22 Válvula de aire.....	22
23 Componentes del balance térmico.....	32
24 Balance térmico del motor.....	33
25 Potencia media efectiva.....	33
26 Calor evacuado por el agua refrigerante.....	34
27 Evacuación de gases.....	36
28 Composición de los gases de escape.....	38
29 Diagrama de distribución de válvulas.....	43
30 Velocidad Flujo de la culata.....	46
31 Presión de flujo de la culata.....	47
32 Velocidad del flujo del múltiple de admisión.....	48
33 Presión del múltiple de admisión.....	48
34 Múltiple de escape.....	49
35 Presión en el múltiple de escape.....	49
36 Velocidad en el cuerpo de aceleración.....	50
37 Presión en el cuerpo de aceleración.....	51
38 Estructura.....	55
39 Resultados de esfuerzo.....	58
40 Catálogo IPAC.....	59
41 Material.....	59
42 Herramientas.....	60
43 Medición del banco didáctico.....	60
44 Medir el material.....	61

45	Corte del material.....	61
46	Soldar.....	61
47	Armado de la estructura.....	62
48	Soldar soportes.....	62
49	Pulido de partes soldadas.....	62
50	Lijado.....	63
51	Pintado.....	63
52	Remachado.....	63
53	Tablero de información.....	64
54	Soporte del múltiple de admisión.....	64
55	Tapa de válvulas.....	65
56	Inyectores.....	65
57	Bujías y cables.....	65
58	Compresor de aire acondicionado.....	66
59	Alternador.....	66
60	Bomba de agua.....	66
61	Colocación de bandas.....	67
62	Tensor.....	67
63	Colector de aceite.....	67
64	Carter de aceite.....	68
65	Volante de inercia.....	68
66	Múltiple de admisión.....	68
67	Múltiple de escape.....	69
68	Motor didáctico armado.....	69
69	Transformador de energía.....	70
70	Lubricación.....	70
71	Sonidos y vibraciones normales.....	71
72	Control de bandas.....	71
73	Control de luces led.....	71
74	Equipo de protección.....	81
75	Información.....	82
76	Cables de conexión.....	82
77	No conectar a fuentes desconocidas.....	82
78	Funcionamiento máximo.....	83
79	No tocar.....	83
80	Posición OFF.....	83
81	Vinil.....	84
82	Lubricante.....	84
83	Pattex.....	84

## SIMBOLOGÍA

$V_p$	Cilindrada parcial	$\text{cm}^3$
$V$	Cilindrada total	$\text{cm}^3$
$V_t$	Volumen total	$\text{cm}^3$
$N_i$	Potencia indicada	kW
$N_e$	Potencia efectiva	kW
$P_e$	Presión media efectiva	Pa
$N_l$	Caballos por litros de cilindrada del motor	$\text{kW/m}^3$
$F$	Fuerza	kN
$M_T$	Torque total	Nm
$T$	Temperatura	$^{\circ}\text{K}$

## LISTA DE ABREVIACIONES

AAA	Avance apertura de admisión
AAE	Avance apertura de escape
DOCH	Doble árbol de levas en cabeza.
ECT	Sensor de temperatura del refrigerante.
ECU	Unidad de control electrónico.
EFI	Inyección electrónica de combustible
OBD	Diagnóstico abordado en vehículos.
PMS	Punto muerto inferior.
PMI	Punto muerto superior.
RCA	Retraso cierre de admisión
RCE	Retraso cierre de escape
RPM	Revolución por minuto.
TCCS	Sistema de control computarizado Toyota

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Catálogo IPAC
- B** Tabla de conversión de unidades de presión.
- C** Tabla de conversión de unidades de potencia.

## RESUMEN

La tesis titulada “Implementación de un Banco Didáctico para el Análisis Térmico y Flujométrico de un motor V6 para la Escuela de Ingeniería Automotriz”, fue realizada en dos partes: en la primera se realizó el análisis térmico de los parámetros del ciclo Otto como son: proceso adiabático, isentrópico de compresión, proceso de suministro de calor, proceso adiabático isentrópico de expansión, proceso de rechazo de calor y el estudio flujométrico, dicha flujometría se la realizará en la culata del motor, el múltiple de admisión, múltiple de escape, la segunda etapa consiste en la implementación del banco didáctico del motor V6 para su funcionamiento, el mismo que necesita una fuente de energía de 110 V; mediante un interruptor se activa un motor eléctrico el cual transmite el movimiento al volante motor para que realice el funcionamiento del motor V6.

Se ha fundamentado la investigación-implementación del tema de tesis con la teoría más relevante: procesos termodinámicos y sus respectivos cálculos estequiométricos.

A continuación se ha realizado el análisis termodinámico respectivo del motor en cuestión para con aquellos resultados tener los parámetros fundamentales para el análisis flujométrico y su simulación en el software.

Una vez finalizado la simulación se realizó la implementación del banco didáctico en su parte física con la ayuda de la tecnología del medio para en base a ello elaborar las guías de práctica como el manual de mantenimiento.

## ABSTRACT

The paper about a didactic tool implementation for thermal and flow measurement analysis of a V6-engine at Automotive Engineering was carried into two parts: In the former a thermal analysis of the Otto cycle parameter such as process, isentropic compression, heat-supplying process, adiabatic process, isentropic expansion, heat-rejection process and flow measurement study was carried out. This flow measurement will be carried out in the cylinder head, manifold oil, and exhaust manifold. The latter consists on implementing the didactic tool of V6 engine so that it can be started. It operates with 110 V. The electric engine is started by means of switch to transmit the movement to steering Wheel-engine so that the V6 engine can start.

This research-implementation is based on the most relevant theories: thermodynamic processes and its stoichiometric calculations.

The thermodynamic motor analysis was carried out to get fundamental parameters for the flow measurement analysis and software simulation from the results.

When simulation finished, didactic tool implementation was carried out by technology in order to elaborate practice guides such as maintenance manual.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La ingeniería automática - mecánica se encuentra relacionada en cada uno de los avances de la tecnología aplicada en los motores de combustión interna. El desarrollo de este proyecto está destinado principalmente a cumplir con la demanda pedagógica en el campo de los Sistemas Automotrices, específicamente en el área de motores de combustión interna; ya que, en la malla curricular están implementadas las cátedras de motores de combustión interna I y motores de combustión interna II.

En la actualidad los motores de combustión interna como los híbridos han ganado mucho terreno en el parque automotor, por cualidades como la facilidad de conducción, confort, ahorro de combustible, reducción de la contaminación etc, aspectos que contrastan con la complejidad de su funcionamiento, además el desconocimiento general del conductor de su forma de operación, por lo cual existen muchos mitos que limitan la expansión del uso de este tipo de motores. Por medio de la comprensión del funcionamiento de los motores de hoy en día se logrará terminar todo tipo de especulación sobre este tipo de motores.

El proyecto se presenta como una herramienta de gran utilidad para todos los estudiantes de ingeniería automotriz, facilitando la comprensión exacta y precisa de un motor de combustión interna, con todos sus componentes y parámetros de funcionamiento, mediante pruebas reales, localización y diagnóstico de averías.

### 1.2 Justificación

La implementación de un banco de entrenamiento automático, es un proceso largo y sobretodo costoso; más aún si el producto está destinado al mercado ecuatoriano debido a los impases de importación e impuestos.

Se ha realizado el estudio previo a un modelo muy conocido y sobretodo comercial de motores, éste es el: “TOYOTA V6” para implementar en un banco didáctico y de pruebas para que los estudiantes de Ingeniería Automotriz cumplan con sus respectivas prácticas de laboratorio.

Los parámetros a cumplirse hacen que el banco, permita al estudiante tener al alcance cada uno de los mecanismos relacionados con el funcionamiento y desempeño de un motor de combustión interna.

Además cada año la cantidad de vehículos que se venden en el Ecuador, hacen que las preguntas y preocupaciones de las personas que poseen un vehículo de estas características vaya aumentando, y también la posibilidad de ser engañado por técnicos no calificados.

En el proyecto se explicará cómo funciona el motor de combustión interna y los cuidados necesarios para obtener mejor rendimiento del mismo, así como brindar los respectivos mantenimientos preventivos y correctivos.

Los estudiantes podrán observar de una manera clara todos los componentes del motor en pleno funcionamiento ya que nuestro proyecto va a tener partes transparentes para mejor visibilidad, se lo va a observar en funcionamiento ya que va estar encendido con una conexión a 110 voltios sin necesidad de montarlo en un vehículo siendo más didáctico para los estudiantes.

En el proyecto el estudiante de la E.I.A podrá fácilmente analizar el comportamiento de las partes del motor, factor preponderante en el conjunto de todo el motor en sí; por medio del cual va hacer posible el movimiento del vehículo.

Seguramente el proyecto cumplirá con todas la expectativas planteadas y servirá de medio de aprendizaje para los estudiantes y todo aquel que se interese en conocer sobre el funcionamiento, pruebas y corrección de averías de un motor de combustión interna.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Implementación de un banco didáctico para el análisis térmico y flujométrico de un motor V6 para la escuela de ingeniería automotriz.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Investigar los antecedentes del motor en estudio.

Estudiar las diferentes partes del motor y los diferentes sistemas.

Analizar el estudio termodinámico del motor de combustión interna.

Realizar el análisis y pruebas de relaciones del motor y de funcionamiento del banco didáctico en todos los sistemas adaptados para comprender parámetros reales de funcionamiento.

Diseñar y construir la estructura que soportará el motor de combustión interna de un “TOYOTA V6”

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 Motor Toyota 3 VZ-FE de 6 cilindros en V

El motor con modelo 3VZ-FE cobró vida cuando Toyota reconoció que necesitaba un motor V6 más grande para adaptarse a la entonces próxima plataforma Camry de tercera generación. Su diseño básico incorpora una versión actualizada de la última revisión del bloque del 3VZ-E, acoplado con (DOHC) doble árbol de levas en cabeza con 24 válvulas y (OBD-I), con el diagnóstico a bordo más avanzado de Toyota como el sistema de control.

El motor se utiliza en la plataforma Camry desde 1992 a mayo de 1997, dependiendo del mercado. Norteamérica vio el motor sólo en 1992 y 1993, mientras que Australia y Nueva Zelanda tuvieron entre 1992 y 1996.

El motor estaba disponible en algunas partes de Asia en el Toyota Windom hasta mayo de 1997. Después de 1994, los motores 1MZ-FE reemplazaron el 3VZ-FE en la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, el 3VZ-FE continuó siendo utilizado en Australia hasta 1996, especialmente en el Camry.

Figura 1. Motor Toyota V6



Fuente: [http://www.yourevergreen.com/product\\_detail.php?ID=198&FID=197&F](http://www.yourevergreen.com/product_detail.php?ID=198&FID=197&F)

Toyota Camry es un automóvil de turismo producido por el fabricante japonés Toyota.

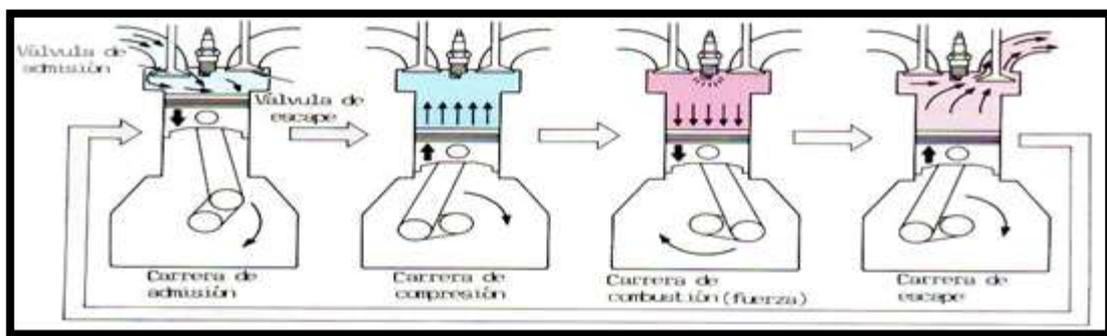
Es una de las cinco plazas de lujo con motor delantero y tracción delantera, del cual existen seis generaciones, puestas a la venta en los años 1983, 1987, 1992, 1996, 2002 y 2006 respectivamente.

**2.1.1** *Ciclo de funcionamiento teórico.* Todos los motores de gasolina montados en los automóviles Toyota son motores de cuatro tiempos

Un motor de cuatro tiempos opera por una repetición constante de la siguiente secuencia:

- Carrera de admisión
- Carrera de compresión
- Carrera de combustión
- Carrera de escape

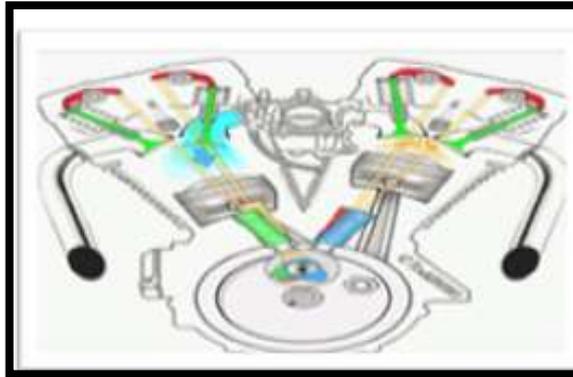
Figura 2. Ciclo de funcionamiento



Fuente: <https://dl.dropboxusercontent.com/u/221699009/manuales/manual-motor-gasolina-toyota.pdf>

**2.1.1.1** *Carrera de admisión.* En este momento el pistón se encuentra en la parte superior (al punto más alto donde puede llegar el pistón se le llama punto muerto superior PMS) y comienza a bajar se abren las válvulas e inyectan la mezcla de aire combustible. La propia succión que crea el pistón en su bajada provoca la entrada de la mezcla o el combustible en el cilindro. Mientras dura esta fase, la válvula de escape permanece totalmente cerrada.

Figura 3. Carrera de admisión

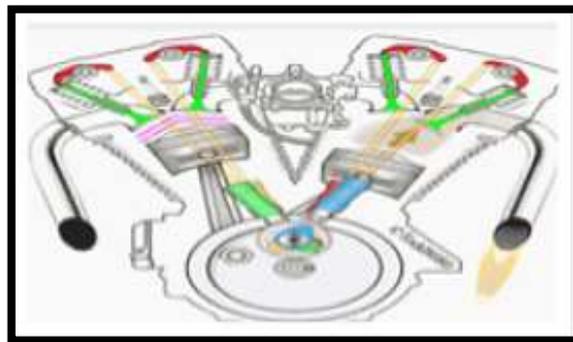


Fuente: <http://electroaut.blogspot.com/2011/01/sistemas-de-encendido-electronico.html>

**2.1.1.2 Carrera de compresión.** Durante esta fase se comprime la mezcla, para lo cual el pistón sube desde el punto más bajo (al punto más bajo donde puede llegar el pistón se le llama punto muerto inferior PMI), al más alto del cilindro, mientras que el cigüeñal cubre media vuelta. Las válvulas permanecen cerradas y los gases que han llenado el cilindro ocupan cada vez un espacio más reducido.

El valor máximo de la compresión se alcanza cuando el pistón está en el final de la carrera de subida.

Figura 4. Carrera de compresión

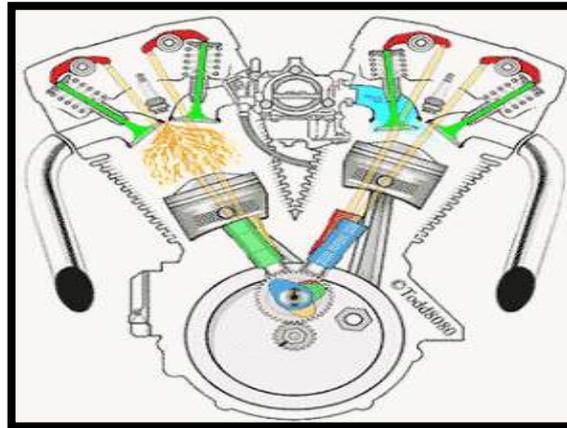


Fuente: <http://electroaut.blogspot.com/2011/01/sistemas-de-encendido-electronico.html>

**2.1.1.3 Carrera de expansión o explosión.** Comienza cuando el pistón es empujado hacia abajo, desde el Punto Muerto Superior (PMS) hasta el Punto Muerto Inferior (PMI), por los gases salidos de la combustión de la mezcla.

En esta fase, la inercia del motor no es la que produce el trabajo, sino que es la propia explosión la que impele al pistón, cuyo movimiento se transforma en trabajo que, finalmente, acabará por mover al coche.

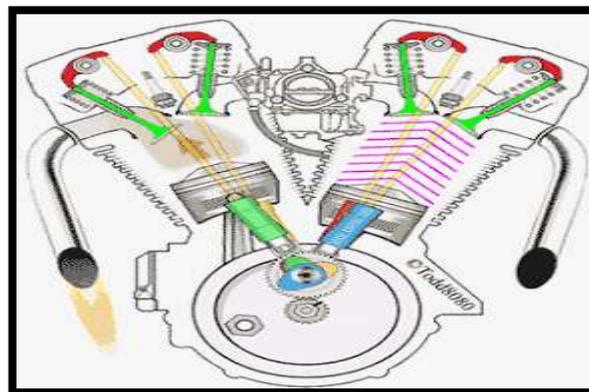
Figura 5. Carrera de expansión o explosión



Fuente: <http://electroaut.blogspot.com/2011/01/sistemas-de-encendido-electronico.html>

**2.1.1.4 Carrera de escape.** En esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo.

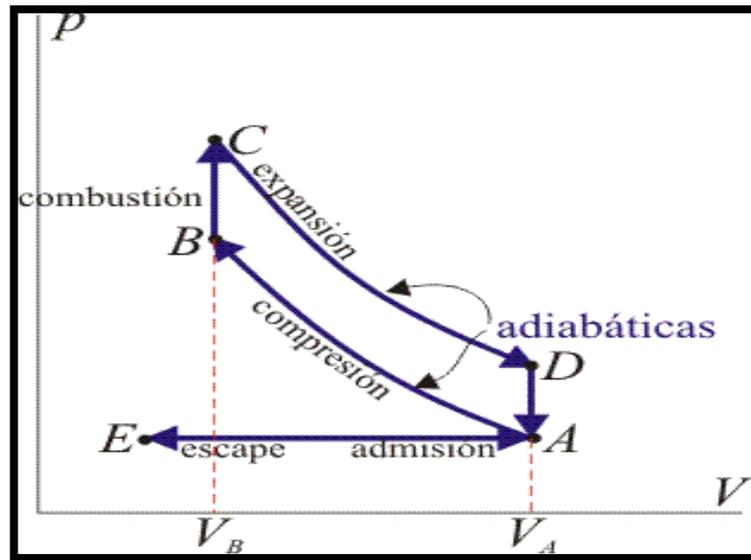
Figura 6. Carrera de escape



Fuente: <http://electroaut.blogspot.com/2011/01/sistemas-de-encendido-electronico.html>

**2.1.2 Ciclo real del motor.** Un ciclo Otto es una aproximación teórica al comportamiento de un motor de encendido por bujía o de explosión. Se representa en un diagrama Presión vs Volumen ( $p-v$ ) como se muestra en la Figura 7. (LUNAR, 2011)

Figura 7. Ciclo real del motor



Fuente:[http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/2\\_motor\\_de\\_cuatro\\_tiempos\\_ciclo\\_de\\_otto.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/2_motor_de_cuatro_tiempos_ciclo_de_otto.html)

#### 2.1.2.1 Fases de ciclo real del motor:

- **Admisión (1)**

El pistón desciende con la válvula de admisión abierta, aumentando la cantidad de mezcla (aire y combustible) en la cámara. (Expansión a presión constante puesto que al estar la válvula abierta la presión es igual a la exterior), E-A.

- **Compresión (2)**

El pistón asciende comprimiendo la mezcla, ambas válvulas permanecen cerradas (Compresión adiabática), A-B.

- **Combustión**

Con el pistón en el punto muerto superior, salta la chispa de la bujía, que inicia la combustión de la mezcla a volumen prácticamente constante (ya que al pistón no le ha dado tiempo a bajar), B-C.

- **Expansión (3)**

Debido a la combustión se produce un ascenso brusco de temperatura por la explosión que empuja al pistón hacia abajo, realizando trabajo sobre él, las válvulas continúan cerradas. (Expansión adiabática), C-D.

- **Escape (4)**

Se abre la válvula de escape y el gas sale al exterior, empujado por el pistón a una temperatura mayor que la inicial, siendo sustituido por la misma cantidad de mezcla fría en la siguiente admisión.

El sistema es realmente abierto, pues intercambia masa con el exterior. No obstante, dado que la cantidad de aire que sale y la que entra es la misma, podemos desde el punto de vista del balance energético, suponer que es el mismo aire, que se ha enfriado. Este enfriamiento ocurre en dos fases. Cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior, el volumen permanece aproximadamente constante D-A.

Cuando el pistón empuja el aire hacia el exterior, con la válvula abierta, A-E cerrando el ciclo.

Para que se produzca un ciclo ha debido haber dos subidas y dos bajadas del pistón, por lo que recibe el nombre de motor de cuatro tiempos y el cigüeñal ha necesitado dar dos vueltas para completar un ciclo.

Observando el ciclo Otto ideal, podemos considerar despreciables los procesos de admisión y de escape a presión constante A-E y E-A, puesto que son idénticos en la gráfica y de sentido opuesto, por lo que el calor y el trabajo intercambiados entre ellos se anulan mutuamente.

**2.1.3 Características del motor.** Las características del motor 3VZ-FE de 1992 -1993 que tiene un motor de 185 caballos (Hp) de fuerza y una relación de compresión de 9.6:1 su aceleración de 0 a 100 km/h lo realiza tan solo en 8.8s.

El poder de propagación del 3VZ-FE es amplio, tiene 100% del par a tan sólo 2.500 rpm – 4600 rpm, con una potencia de salida por fuera 6000 rpm.El corte de combustible / ignición del ECU es de más de 7000 rpm.

El motor también cuenta con el sistema ACIS, el cual varía la apertura de la válvula de admisión, ayudando a optimizar el ingreso de aire, generando mejor eficiencia y torque a cualquier régimen de revoluciones.

Figura 8. Motor 3VZ-FE



Fuente:<http://www.engineworldusa.com/product/detail/1726?lang=es>

**2.1.4 Descripción de las partes.** El motor térmico de combustión interna está formado básicamente por una serie de elementos estáticos y dinámicos, clasificados, en función de la misión que cumplen dentro del motor los cuales son:

- Bloque motor
- Culata
- Sistema de distribución
- Sistema de refrigeración
- Sistema de lubricación
- Sistema electrónico de encendido

**2.1.4.1 Bloque motor.**El bloque del motor o bloque de cilindros es el cuerpo principal del motor y se encuentra instalado entre la culata y el cárter .Por lo general, el bloque es una pieza de hierro fundido, aluminio o aleaciones especiales, provisto de grandes agujeros llamados cilindros .El bloque está suspendido sobre el chasis (bastidor) y fijado por una piezas llamadas soportes.

En la parte alta recibe la culata del cilindro, formando un cuerpo con los cilindros. El bloque del motor debe ser rígido para soportar la fuerza originada por la combustión, resistir a la corrosión y permitir evacuar por conducción parte del calor.

Figura 9. Bloque motor



Fuente:[http://agrega.educacion.es/galeriaimg/45/es\\_20071227\\_1\\_5039712/es\\_20071227\\_1\\_5039712\\_captured.jpg](http://agrega.educacion.es/galeriaimg/45/es_20071227_1_5039712/es_20071227_1_5039712_captured.jpg)

Los elementos que forman parte del bloque motor so:

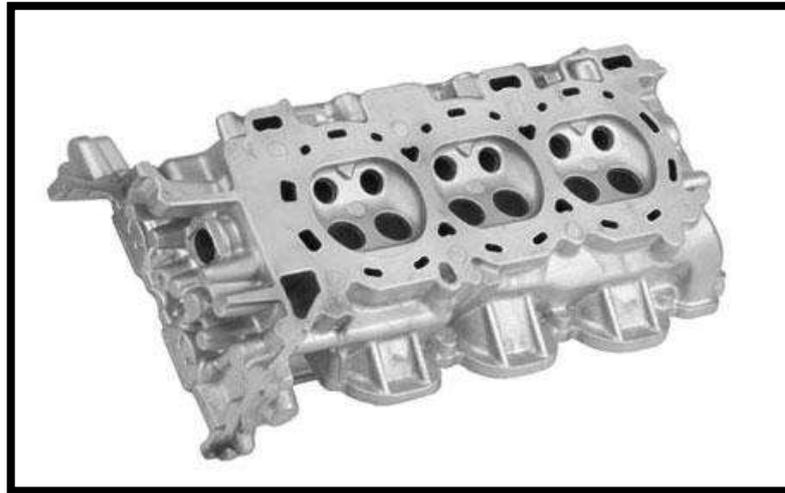
- Cilindros
- Pistones
- Anillo de pistón
- Biela
- Bulón
- Cojinete de biela
- Cigüeñal
- Cojinete de cigüeñal
- Volante de inercia
- Cáster de aceite

**2.1.4.2 La culata.** La culata constituye una pieza de hierro fundido (o de aluminio en algunos motores), va colocada encima del bloque del motor. Su función es sellar la parte superior de los cilindros para evitar pérdidas de compresión y salida inapropiada de los gases de escape.

En esta se encuentran situadas las válvulas de admisión de escape, así como las bujías.

Posee, además, dos conductos internos: uno conectado al múltiple de admisión y otro conectado al múltiple de escape. Posee, además, otros conductos que permiten la circulación de agua para su refrigeración.

Figura 10. La culata



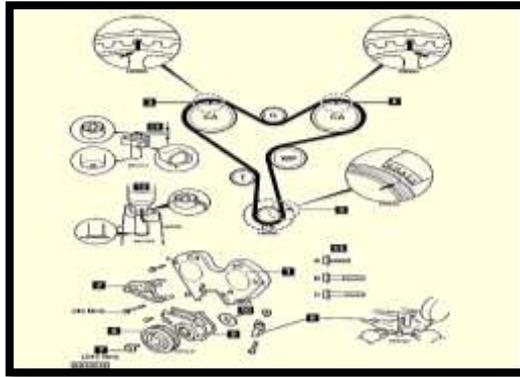
Fuente:<http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16129117/Estructura-del-motor-de-explosion.html>

Los elementos que forman parte de la culata son:

- Junta culata
- Árbol de levas
- Válvulas
- Casquillo de guías de válvulas
- Sello de válvulas
- Rotadores de válvulas
- Asiento de válvulas
- Taques
- Muelles de válvulas
- Semiconos

**2.1.4.3 Sistema de distribución.** Es el encargado de mantener el interior del cilindro cerrado y de comunicarlos con los sistemas de alimentación y de escape en los momentos oportunos mediante la apertura y cierre de unas válvulas.

Figura 11. Sistema de distribución



Fuente: [http://mecanica.yoreparo.com/13onograf\\_automotriz/como-poner-la-banda-del-tiempo-de-toyota-camry-94-t1145978.html](http://mecanica.yoreparo.com/13onograf_automotriz/como-poner-la-banda-del-tiempo-de-toyota-camry-94-t1145978.html)

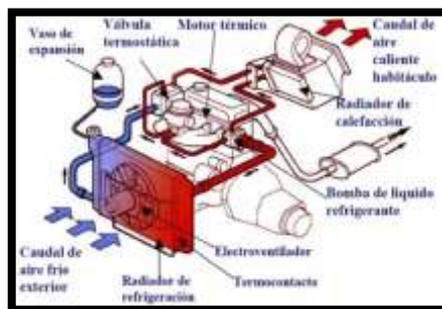
El sistema de distribución está compuesto por ciertos elementos que son:

- Piñones, leva y cigüeñal
- Bomba de agua
- Tensores fijos y móviles

**2.1.4.4 Sistema de refrigeración.** Durante el funcionamiento del motor la temperatura alcanzada en el interior de los cilindros es muy elevada sobrepasando los 2000 °C en el momento de la explosión.

El sistema de refrigeración puede funcionar evacuando el calor directamente al aire por medio de una aletas situada en la parte exterior de los cilindros y la culata, aumentan la superficie de irradiación, o haciendo circular un líquido refrigerante por unas cámaras que rodean los sitios más calientes, enfriando posteriormente el líquido en un radiador.(GIL, 2002 pág. 142)

Figura 12. Sistema de refrigeración



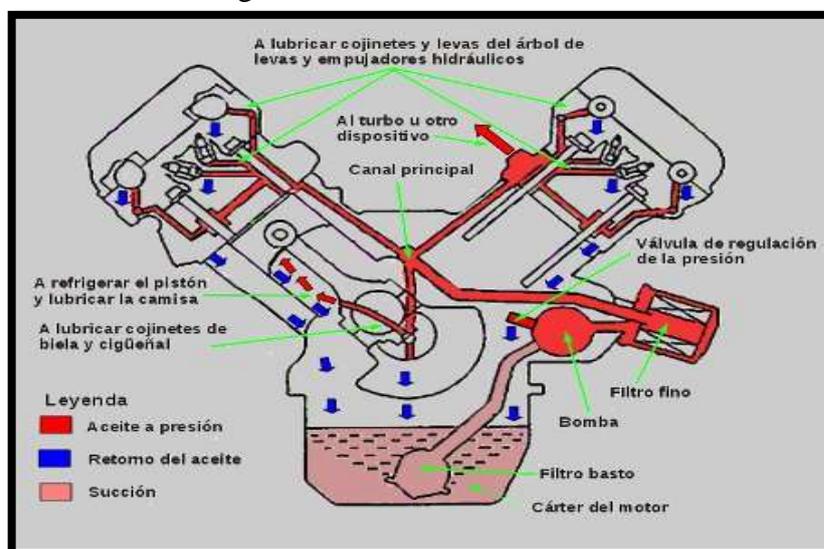
Fuente: <http://www.chilecomparte.cl/topic/731070-mecanica-general>

El sistema de refrigeración está compuesto de ciertos elementos que son:

- Radiador
- Termostato
- Ventilador

**2.1.4.5 Sistema de lubricación.** La finalidad de este sistema es de reducir al mínimo el desgaste de las piezas móviles del motor, que se producen por su rozamiento, y evitar su agarrotamiento por el exceso de calor. (GIL, 2000 pág. 570)

Figura 13. Sistema de lubricación



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/14onografi/sislubricacion.html>

Los elementos que componen el sistema de lubricación son los siguientes:

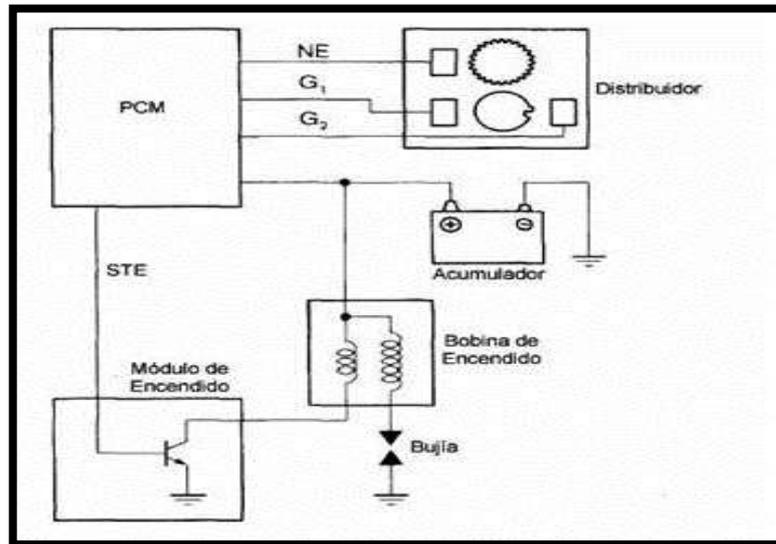
- Bomba de aceite
- Regulador de presión de aceite
- Filtro de aceite

**2.1.4.6 Sistema electrónico de encendido.** Este tipo de encendido en una parte más de la evolución automotriz, por el cual nos ayuda seguir en un proceso acelerado, mejorando los elementos que incorporan un automóvil.

El funcionamiento del encendido electrónico está controlado por la unidad electrónica de control (UEC) que gobierna el sistema de inyección. Las necesidades de avance

están programadas en la memoria para cada situación, teniendo en cuenta la carga y el número de revoluciones del motor. (GIL, 2002 pág. 296)

Figura 14. Encendido electrónico



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos77/encendido-electronico-distribuidor-sin-distribuidor/encendido-electronico-distribuidor-sin-distribuidor.shtml>

El sistema de encendido electrónico está formado por ciertos elementos que son:

- Acumulador
- Bobina de encendido
- Cables de bujías
- Bujías
- Módulo de encendido
- UEC
- Motor de arranque
- Alternador
- Distribuidor

## 2.2 Comparación del motores

Se compara las características de diferentes motores idénticos para conocer la eficiencia que nos presenta cada marca.

Tabla 1. Motor Toyota 3VZ-FE

<b>Marca</b>	Toyota	<b>Velocidad máxima</b>	225 km/h
<b>Modelo</b>	Camry	<b>Alimentación</b>	MPI-Toyota EFI
<b>Años</b>	1992-1993	<b>Cilindrada</b>	2959cm <sup>3</sup>
<b>Cilindros</b>	6	<b>Par máximo</b>	4400 rpm
<b>Disposición de cilindros</b>	V	<b>Distribución</b>	DOHC
<b>Designación del motor</b>	3VZ-FE	<b>Válvulas</b>	24 Válvulas
<b>Tipo de combustible</b>	Gasolina A-95	<b>Numero de válvulas</b>	4 por cilindros
<b>Desplazamiento</b>	3 lts	<b>Aceleración 0-100 km/h</b>	8.8 seg.
<b>Relación de compresión</b>		9.6:1	

Fuente: Autores

Tabla 2. Motor Mazda

<b>Marca</b>	Mazda	<b>Velocidad máxima</b>	217 km/h
<b>Modelo</b>	292	<b>Alimentación</b>	Inyección directa
<b>Años</b>	1992-1996	<b>Cilindrada</b>	2954 cm <sup>3</sup>
<b>Cilindros</b>	6	<b>Par máximo</b>	3500 rpm
<b>Disposición de cilindros</b>	V	<b>Distribución</b>	DOHC
<b>Designación del motor</b>	292	<b>Válvulas</b>	24 Válvulas
<b>Tipo de combustible</b>	Gasolina A-95	<b>Numero de válvulas</b>	4 por cilindro
<b>Desplazamiento</b>	3 lts	<b>Aceleración 0-100 km/h</b>	9.8 seg
<b>Relación de compresión</b>		9.20:1	

Fuente: Autores

Tabla 3. Motor Chevrolet

<b>Marca</b>	Chevrolet	<b>Velocidad máxima</b>	178 km/h
<b>Modelo</b>	Astro	<b>Alimentación</b>	Inyección Mono-Punto
<b>Años</b>	1985-1995	<b>Cilindrada</b>	3752.64 cm <sup>3</sup>
<b>Cilindros</b>	6	<b>Par máximo</b>	4000 rpm
<b>Disposición de cilindros</b>	V	<b>Distribución</b>	SOHC
<b>Designación del motor</b>	4.3 i V6	<b>Válvulas</b>	12 Válvulas
<b>Tipo de combustible</b>	Gasolina A-92	<b>Numero de válvulas</b>	2 por cilindros
<b>Desplazamiento</b>	4.3 lts	<b>Aceleración 0-100 km/h</b>	12.5 seg.
<b>Relación de compresión</b>		9.3:1	

Fuente: Autores

### 2.3 Sistema EFI

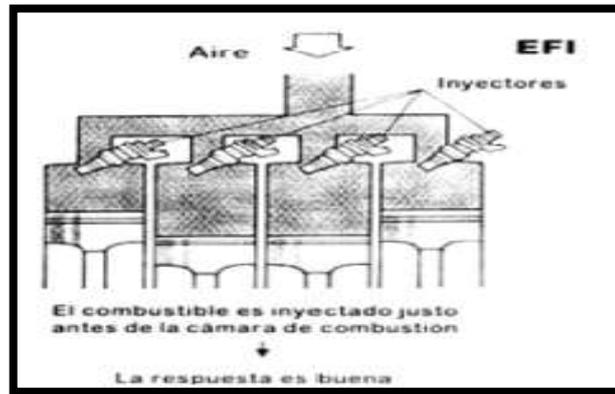
EFI son las siglas que hacen referencia a la Inyección Electrónica de Combustible de un motor. La característica principal del sistema EFI es que en lugar del carburador, se usan inyectores. Este es un equipo que usa el control preciso provisto por un ordenador para suministrar el combustible necesario para el motor.

El volumen de admisión de aire del motor, temperatura del refrigerante, temperatura de admisión de aire, relación de aceleración o desaceleración y otras condiciones son detectadas por sensores y el ordenador EFI utiliza los datos almacenados para calcular y así ordenar un determinado control sobre la inyección del combustible, de tal forma que se logre un ajuste de la relación aire-combustible para las características de un determinado motor.

Por esta razón, la relación aire-combustible ideal para las condiciones de conducción normales, se puede obtener con el EFI.

Esto significa que la eficiencia de combustión es buena y que etapas efectivas se pueden lograr para purificar los gases de escape.

Figura 15. Sistema EFI



Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-%28II%29-conocimientos-b%20sicos-%28continuaci%20n%29>

### 2.3.1 El sistema EFI consiste en 3 sistemas:

- El sistema de combustible EFI
- El sistema de admisión EFI
- El sistema de control EFI

**2.3.1.1 Sistema de combustible EFI.** Este sistema suministra combustible al motor. El combustible bombeado desde el tanque de combustible por la bomba de combustible pasa a través de la línea de presión por una tubería de alta presión y es filtrado por el filtro de combustible. Este es luego distribuido a los inyectores. Los inyectores inyectan el combustible dentro de la entrada de admisión.

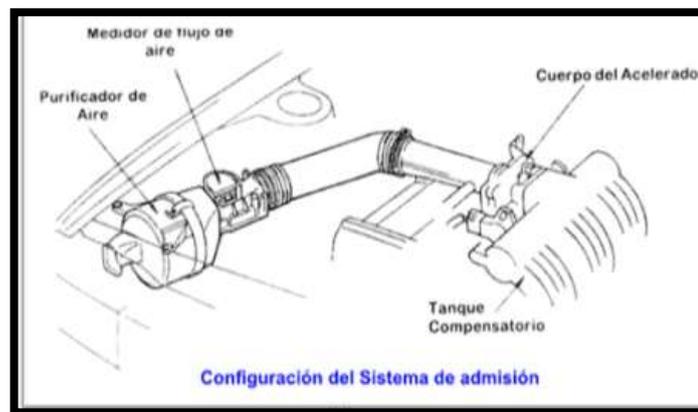
Figura 16. Sistema de combustible EFI



Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-%28II%29-conocimientos-b%20sicos-%28continuaci%20n%29>

**2.3.1.2 Sistema de admisión EFI.** Este sistema suministra el aire al motor. El aire que ha sido tomado dentro y limpiado por el purificador de aire, fluye hacia el tanque de compensación de acuerdo con el ángulo de abertura de la válvula del acelerador, luego es distribuido a los cilindros a través de la admisión. En motores con EFI, la cantidad de aire de admisión es detectada por un medidor del flujo de aire (EFI – L) o sensor de vacío (EFI – D) a fin de hacer la apropiada mezcla de aire-combustible. El ordenador envía luego señales de inyección de combustible para el sistema de combustible de acuerdo con el volumen de aire de admisión.

Figura 17. Sistema de admisión EFI



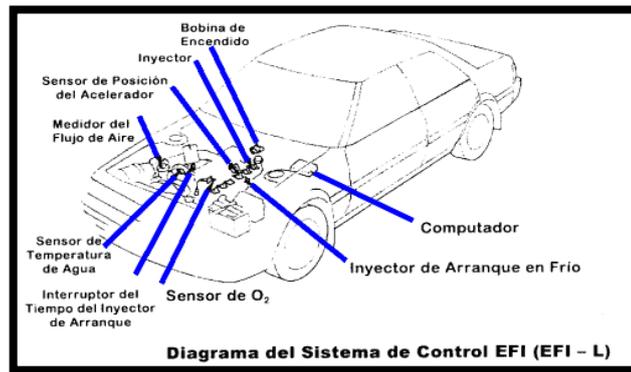
Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%El1nica-del-motor-%28II%29-conocimientos-b%El1sicos-%28continuaci%F3n%29>

**2.3.1.3 Sistema de control EFI.** Este sistema consiste en sensores los cuales perciben el estado del motor y ordenador calcula la cantidad de inyección de combustible (tiempo de inyección) basado en las señales de esos sensores.

Cada uno de los sensores convierte la carga del motor, temperatura del refrigerante, temperatura de admisión del aire, velocidad del motor, aceleración o rango de desaceleración, y otras condiciones de uso por señales eléctricas y las envía al ordenador basado en las señales desde estos sensores.

La computadora calcula el tiempo de inyección y operación de los inyectores e inyecta combustible en cada uno de los lugares de admisión.

Figura 18. Sistema de control EFI

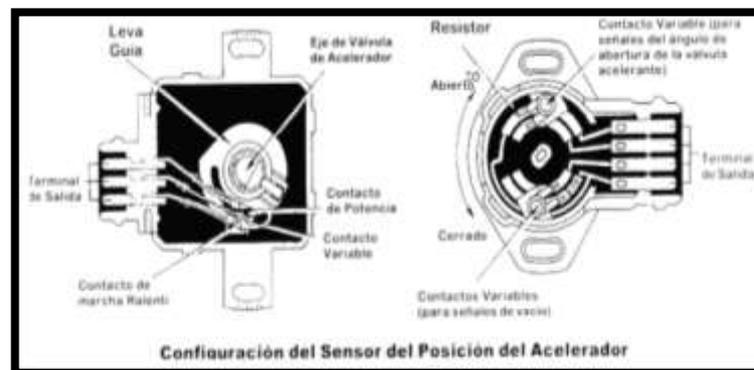


Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-%28II%29-conocimientos-b%20sicos-%28continuaci%20n%29>

## 2.4 Sensores

**2.4.1 Sensor de posición del acelerador.** Este sensor es montado en el acelerador y detecta el ángulo de abertura de la válvula aceleraste. Las señales de este sensor son usadas por el ordenador para incrementar el suministro de combustible y cortar el combustible durante la desaceleración. El sensor de posición del acelerador incluye un contacto en movimiento, el cual se mueve a lo largo de una leva guía montada en el eje mismo, como la válvula de aceleración y dos contactos estacionarios. La combinación de estos contactos encendidos y apagados permite la abertura del ángulo y la cantidad de contacto entre 2 contactos variables conectados con la válvula de aceleración y un resistor impreso en el tablero del circuito, percibiendo el ángulo de abertura.

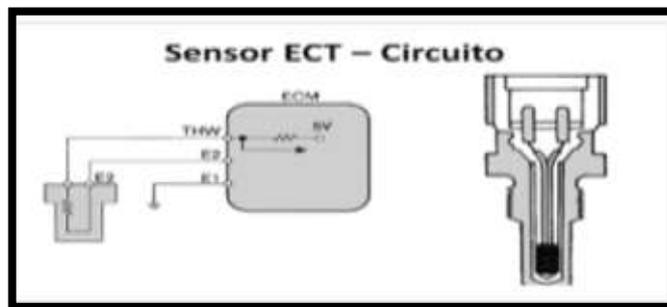
Figura 19. Sensor de posición del acelerador



Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-%28II%29-conocimientos-b%20sicos-%28continuaci%20n%29>

**2.4.2** *Sensor de temperatura del refrigerante.* El sensor ECT responde a los cambios en la temperatura del refrigerante del motor. Mediante la medición de la temperatura del refrigerante del motor, de esta manera la ECU conoce la temperatura media del motor. El sensor ECT suele estar situado en un paso del refrigerante antes del termostato. El sensor ECT es fundamental para muchas funciones de ECU, como la inyección de combustible, tiempo de encendido, sincronización variable de válvulas, cambios de transmisión, etc. Siempre verifique que el motor este trabajando a la temperatura de funcionamiento normal y que el sensor ECT envíe una señal precisa de temperatura a la ECU.

Figura 20. Sensor de temperatura del refrigerante



Fuente: [http://e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=224&tipo](http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=224&tipo)

**2.4.3** *Sensor de oxígeno.* El tipo de sensor de oxígeno que ha sido usado por más tiempo está hecho de dióxido de zirconio, electrodos de platino, y un calentador.

El sensor de oxígeno genera una señal de tensión de acuerdo a la diferencia en la cantidad de oxígeno entre los gases de escape y el aire atmosférico.

El elemento zirconio tiene un lado expuesto a la corriente de gases de escape y el otro lado abierto a la atmósfera. Cada lado tiene un electrodo de platino unido al elemento de dióxido de zirconio.

Los electrodos de platino conducen la tensión generada. La contaminación o la corrosión de los electrodos de platino o elementos de circonio reducen la salida de tensión.

Figura 21. Sensor de oxígeno

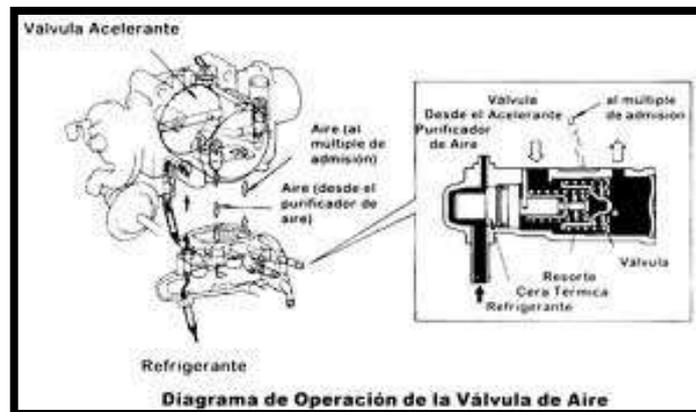


Fuente: [http://e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=228](http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=228)

## 2.5 Actuador

**2.5.1 Válvula de aire.** Esta válvula funciona para cambiar el volumen del aire de admisión y eleva la velocidad del motor. Esta válvula abre cuando la temperatura del refrigerante es baja, originando que el aire se desvíe de la válvula de aceleración y es tomado dentro de la admisión, incrementando la velocidad del motor.

Figura 22. Válvula de aire



Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-%28II%29-conocimientos-b%20sicos-%28continuaci%20n%29>

Tipos de válvulas de aire:

- Tipo de cera
- Tipo bimetal

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL MOTOR

#### 3.1 Cálculo de la cilindrada parcial

La cilindrada parcial ( $V_p$ ) se lo puede realizar mediante la siguiente formula:

$$V_p = \frac{\pi}{4} * d^2 * l \quad (1)$$

Dónde:

$d^2$  = Diámetro del pistón

$l$  = longitud de la carrera

Datos:

$D= 87$  mm

$L= 83$  mm

Remplazando los valores correspondientes se obtiene como resultados:

$$V_p = \frac{\pi}{4} * (87\text{mm})^2 * 83\text{mm}$$

$$V_p = \frac{\pi}{4} * 7569\text{mm}^2 * 83\text{mm}$$

$$V_p = \frac{\pi}{4} * 493409.4858\text{mm}^3 * \frac{1\text{cm}^3}{(10\text{mm})^3}$$

$$V_p = \frac{\pi}{4} * 493409.4858\text{mm}^3 * \frac{1\text{cm}^3}{1000\text{mm}^3}$$

$$V_p = 493.4 \text{ cm}^3$$

**3.1.1** *Cálculo de la cilindrada total.* Se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$V = V_p * i \quad (2)$$

Dónde:

$V_p$  = Cilindrada parcial

i = Número de cilindros

Datos:

$$V_p = 493.4 \text{ cm}^3$$

$$i = 6$$

Remplazando los datos en la fórmula 2 se obtiene como resultado lo siguiente:

$$V = 493,4\text{cm}^3 * 6$$

$$V = 2960.4\text{cm}^3$$

**3.1.2** *Cálculo del volumen total.* Se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$V_t = \frac{V_p * \varphi}{(\varphi - 1)} \quad (3)$$

Dónde:

$V_p$  = Cilindrada parcial

$\varphi$  = Relación de compresión es de 6-12

Datos:

$$V_p = 493.4 \text{ cm}^3$$

$$\varphi = 8$$

Remplazando los datos en la fórmula 3 se tiene como resultado:

$$V_t = \frac{493.4 \text{ cm}_3 * 8}{8 - 1}$$

$$V_t = \frac{3947.2\text{cm}^3}{7}$$

$$V_t = 563,88\text{cm}^3$$

**3.1.3** *Rendimiento volumétrico.* Se puede calcular mediante la fórmula:

$$\eta_v = \frac{m_a}{V * \delta_t} \quad (4)$$

Dónde:

$m_a$  = Cantidad de aire aspirado

$V$  = Cilindrada

$\delta_t$  = Densidad Teórica del aire

Datos:

$m_a = 14.5 \text{ g}$

$V = 2960.4 \text{ cm}^3$

$\delta_t = 1.293$

Se reemplaza en la fórmula 4 quedando como resultado:

$$\eta_v = \frac{14,5\text{g}}{2960,4\text{cm}^3 * 1,293 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$\eta_v = 0,00379$$

**3.1.4** *Potencia indicada.* Se calcula mediante la siguiente formula:

$$N_i = \frac{2P_i V_h n_i}{10^3 \tau} \quad (5)$$

Dónde:

$P_i$  = Presión media indicada

$V_h$  = Volumen de trabajo del cilindro,  $\text{m}^3$

$n_i$  = Frecuencia de rotación del eje cigüeñal, r.p.s

$\tau$  = El número de tiempos del motor

Datos:

$$P_i = 10 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$V_h = 1.83 * 10^{-4} \text{m}^3$$

$$n_i = 35 \frac{\text{rev}}{\text{seg}}$$

$$\tau = 4$$

Se reemplaza en la fórmula 5 los respectivos datos obteniendo como resultado lo siguiente:

$$N_i = \frac{2 \left( 10 * 10^5 \frac{N}{m^2} \right) (1.83 * 10^{-4} m^3) (35 \frac{rev}{seg})}{40000}$$

$$N_i = 0,320 \text{ kW}$$

### 3.1.5 *Potencia efectiva del motor*

$$N_e = n_m N_i \quad (6)$$

Dónde:

$n_m$  = Rendimiento mecánico

$N_i$  = Potencia indicada oscila entre 0.72-0.9

Datos:

$$n_m = 0.9$$

$$N_i = 0.320 \text{ kW}$$

Remplazando los datos en la fórmula 6 se obtiene:

$$N_e = 0,9 * 0,320 \text{ kW}$$

$$N_e = 0,29 \text{ kW}$$

### 3.1.6 *Presión media efectiva*

$$P_e = n_m P_i \quad (7)$$

Dónde:

$n_m$  = Rendimiento mecánico

$P_i$  = Presión media indicada

Reemplazando valores se tiene:

$$P_e = 0,9 * 7.5^5 \text{ Pa}$$

$$P_e = 21357.42 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0,72 * 7.5^5 \text{ Pa}$$

$$P_e = 17085.9 \text{ Pa}$$

### 3.1.7 Caballos por litros de cilindrada del motor

$$N_l = \frac{N_e}{iV_h} \quad (8)$$

Dónde:

$N_e$  = Potencia efectiva

$iV_h$  = Cilindrada

Datos:

$N_e = 0.23 \text{ kW}$

$iV_h = 1.83 * 10^{-4} \text{ m}^3$

Remplazando los datos a la fórmula 8 se tiene como resultado lo siguiente:

$$N_l = \frac{0,23 \text{ kW}}{1.83 * 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$N_l = 1256.83 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3}$$

### 3.1.8 Fuerza que se ejerce sobre la cabeza del pistón

$$F = P_i * \frac{\pi D^2}{6} \quad (9)$$

$$F = \frac{21357.42 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 3.1416 * (0.87\text{m})^2}{6}$$

$$F = \frac{21357.42 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 3.1416 * 0.7569\text{m}^2}{6}$$

$$F = 8464.22 \text{ N}$$

$$F = 8.464 \text{ kN}$$

### 3.2 Dinámica del motor

#### 3.2.1 Cálculo del torque

$$M_{ab} = F \cdot d \quad (10)$$

$$M_{AB} = 4025\text{N} \cdot 0.03 \text{ m}$$

$$M_{AB} = 120.75\text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{BC} = 4025\text{N} \cdot 0.123 \text{ m}$$

$$M_{BC} = 495.075 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_T = M_{AB} + M_{BC} \quad (11)$$

$$M_T = 120.75\text{N} \cdot \text{m} + 495.075 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_T = 615.825 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Porque son 6 cilindros

$$M_T = 615.825 \cdot i$$

$$M_T = 615.825 \cdot 6$$

$$M_T = 3694.95 \text{ N} \cdot \text{m}$$

#### 3.2.2 Cálculo termodinámico

$$P_2 = P_1 \cdot \delta \quad (12)$$

$$P_2 = 1.033 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot (12)^{1.4}$$

$$P_2 = 33.493 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$T_2 = T_1 (\delta)^{K-1} \quad (13)$$

$$T_2 = 973.15^0\text{K} \cdot (12)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 2629.37^0\text{K}$$

$$V_1 \cdot P_1 = RT_1 \quad (14)$$

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1}$$

$$V_1 = \frac{29.264 \frac{\text{kgm}}{\text{kg}^0\text{K}} * 973.15^0\text{K}}{1.033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \left(\frac{100\text{cm}}{1\text{m}}\right)^2}$$

$$V_1 = 2.7568 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\delta = \frac{V_1}{V_2} \quad (15)$$

Despejando el  $V_2$  la fórmula que da:

$$V_2 = \frac{V_1}{\delta} \quad (16)$$

$$V_2 = \frac{2.7568 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{12}$$

$$V_2 = 0.2297 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

### 3.2.3 Suministro de calor

$$q'_a = C_v * (T_3 - T_2) \quad (17)$$

Despejando  $T_3$  la ecuación queda:

$$T_3 = T_2 + \frac{q'_a}{C_v} \quad (18)$$

$$T_3 = 2629.37^0\text{K} + \frac{1450 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{\text{kcal}}{4.1868\text{KJ}}}{0.1714 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^0\text{K}}}$$

$$T_3 = 4649.94^0\text{K}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \quad (19)$$

Despejando  $P_3$  la ecuación será:

$$P_3 = P_2 * \frac{T_3}{T_2} \quad (20)$$

$$P_3 = 33.493 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \left( \frac{4649.94^{\circ}\text{K}}{2629.37^{\circ}\text{K}} \right)$$

$$P_3 = 59.23 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau = \frac{P_3}{P_2} \quad (21)$$

$$\tau = \frac{59.23 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{33.493 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = 1.77$$

### 3.2.4 Expansión adiabática isentrópica $s = \text{constante}$ .

$$P_4 = P_3 * \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^K \quad (22)$$

$$P_4 = 59.23 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * \left( \frac{0.2297 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{2.7568 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \right)^{1.4}$$

$$P_4 = 1.83 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = (\emptyset)^{K-1} \quad (23)$$

Despejando  $T_4$  la ecuación será:

$$T_4 = T_3 / (\emptyset)^{K-1} \quad (24)$$

$$T_4 = 4649.94^{\circ}\text{K} / (12)^{0.4}$$

$$T_4 = 1720.97^{\circ}\text{K}$$

### 3.2.5 Rechazo de calor a V constante

$$q_r = C_v(T_4 - T_1) \quad (25)$$

$$q_r = 0.1714 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^0\text{K}} * (12564.51^0\text{K} - 973.15^0\text{K})$$

$$q_r = 1986.76 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

### 3.3 Balance térmico del motor

Un balance térmico determina la distribución de las varias clases de pérdidas de calor  $Q_e$ , liberado durante la combustión cuando el combustible es inyectado en un cilindro.

El balance de calor se hace para un estado térmico constante del motor y es normalmente referido a una hora de operación o a un Kg de combustible.

La ecuación del balance de calor queda:

$$Q_c = Q_e + Q_{enf} + Q_{ge} + Q_{res} \quad (26)$$

Dónde:

- $Q_c$  = Calor liberado en una combustión completa.
- $Q_e$  = Calor equivalente a la potencia efectiva del motor en kw
- $Q_{enf}$  = Calor cedido al refrigerante (agua o aceite)
- $Q_{enf} = F * C_p (T_s - T_e)$  en KW
- $Q_{ge}$  = Diferencia calorífica entre los gases de escape a la salida y la mezcla fresca inicial.

El calor cedido por radiación a la atmósfera  $Q_r$ , el calor perdido por combustión incompleta  $Q_{ci}$ , las pérdidas en rozamiento y los errores presentados en la toma de datos se estiman en la componente calorífica  $Q_{res}$ , calor residual :

$$Q_{res} = Q_c - Q_e - Q_{enf} - Q_{ge} \quad (27)$$

La distribución del calor disponible  $Q_c$  en los componentes del balance térmico dependen del tipo de motor, la carga, velocidad, variaciones dimensionales de los cilindros, relación de compresión y otros factores.

Figura 23. Componentes del balance térmico

Componentes del balance térmico	Diesel%	Gasolina%
Calor equivalente al trabajo efectivo	32 - 40	20 - 28
Calor cedido al refrigerante	30 - 33	31 - 34
Calor en los gases de escape	23 - 32	33 - 40
Componente residual	2 - 3	1 - 2

Fuente:[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001766/Temas/General/14\\_BalanceMotor.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001766/Temas/General/14_BalanceMotor.htm)

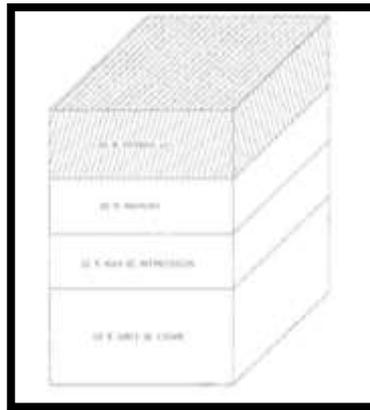
Resulta claro que parte de la energía térmica del combustible quemado en un motor es transformado en energía mecánica.

La parte restante se pierde por circunstancias diferentes como por el agua de refrigeración, que por medio del radiador se envía a la atmósfera, las distintas partes del motor transmiten el resto por la radiación a la atmósfera.

La cantidad de calor equivale al trabajo realizado para vencer las resistencias pasivas también se pierde a través de estas tres vías fundamentales de dispersión.

Prácticamente sólo del 25 al 40% del calor producido se transforma en trabajo efectivo y del 60 al 75% se pierde por varias razones.

Figura 24. Balance térmico del motor



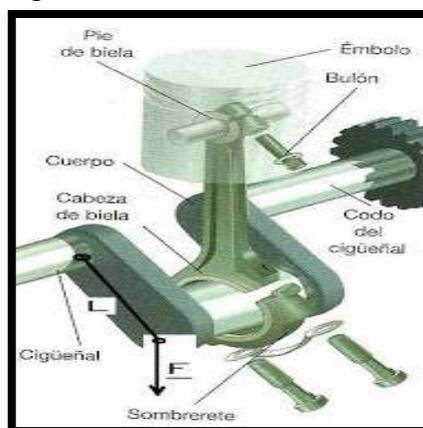
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/133553098/Balance-TÉRMIICO-de-motor-otto-y-diesel-word-docx>

**3.3.1 Potencia efectiva.** La fuerza de la explosión aplicada a la biela y transmitida por ésta al codo del cigüeñal para hacerle girar, produce un esfuerzo de rotación que se conoce con el nombre de "par motor". Así pues, el par motor es un esfuerzo de giro.

El cigüeñal de un motor gira debido a la fuerza aplicada al pistón en el tiempo de explosión, la cual es transferida al cigüeñal por medio de la biela.

Para la velocidad de rotación del motor a la cual la presión en el cilindro es máxima, se obtiene el mayor esfuerzo de giro en el cigüeñal, que es producto de la fuerza que trasmite la biela, por la longitud de la muñequilla.

Figura 25. Potencia media efectiva



Fuente: <http://pasionporelmotor.blogspot.com/2012/02/potencia-en-motores-de-combustion.html>

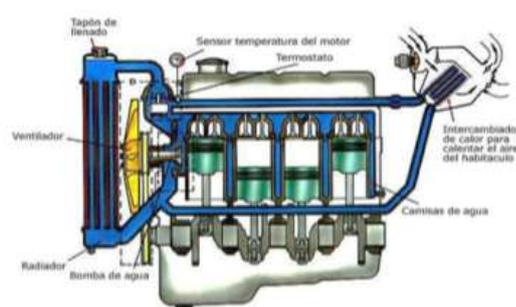
Debido a diferentes causas, el mayor valor de la presión en el cilindro no se da en el máximo régimen de giro del motor, sino a una velocidad mucho más reducida, en la que el llenado del cilindro es mejor y se obtienen explosiones más fuertes, por lo cual el par motor máximo no se obtiene al régimen más alto, sino a una velocidad mucho menor.

Así pues, mientras que el par motor será menor que el máximo a las más elevadas revoluciones del motor, el factor de velocidad se traducirá en potencia, que será máxima o cercana a ella a las más elevadas revoluciones del motor.

**3.3.2 Calor evacuado por el agua refrigerante.** El agua caliente entra por la parte alta del radiador donde se enfría a su paso por los tubos y aletas refrigerantes en contacto con el aire de desplazamiento. El agua fría, por el aumento de peso, baja al depósito inferior del radiador y entra en el bloque, donde al irse calentando va ascendiendo por el circuito interno para salir otra vez al radiador.

La circulación del agua en el sistema es auto regulable, ya que al aumentar la temperatura del motor, aumenta también la velocidad de circulación por su circuito interno, independientemente de la velocidad de régimen del motor.

Figura 26. Calor evacuado por el agua refrigerante



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.com/refrigeracion-motor.htm>

**3.3.3 Gasto de agua a través del sistema.** El calentamiento de un motor podría ser por un radiador obstruido, esto causaría que el refrigerante no circule adecuadamente, es recomendable usar un limpiador una vez por año, también se podría encontrar una tapa de radiador en mal estado, no soportaría la presión ejercida en el radiador esto causaría pérdida del líquido refrigerante y consecuentemente en el recalentamiento del motor.

Otra causa podría ser por pérdida del líquido refrigerante, por fugas en el radiador, en mangueras, en la bomba de agua, etc. Cabe resaltar que este es el corazón de todo el sistema de refrigeración ya que es el encargado de hacer circular el líquido refrigerante.

También se debe verificar el ventilador eléctrico del radiador, el cual tiene como función hacer pasar el aire desde fuera del vehículo a través del radiador y así poder disipar el calor del mismo.

Un termostato en mal estado, obstruido por el óxido, provoca que el refrigerante no pueda llegar al radiador para ser enfriado por el ventilador, nos dará como resultado el calentamiento del motor, se debe cambiar esta pieza ya que el prescindir de que traería otros problemas como el consumo de combustible ya que el motor trabajaría relativamente frío, por último se tiene el refrigerante, éste líquido puede soportar altas y bajas temperaturas, no se debe usar agua en el motor ya que facilitaría la aparición de óxido en el sistema de refrigeración, el líquido refrigerante podría ser un anticongelante que debe usarse en proporción de 50% de agua y 50% de anticongelante.

**3.3.4** *Capacidad calorífica del agua.* El agua posee una capacidad calorífica muy elevada, es necesaria una gran cantidad de calor para elevar su temperatura 1.0 °K.

Para los sistemas biológicos esto es muy importante pues la temperatura celular se modifica muy poco como respuesta al metabolismo.

De la misma forma, los organismos acuáticos, si el agua no posee esa cualidad, se verían muy afectados o no existirían.

**3.3.5** *Calor evacuado por los gases de escape.* Los motores de combustión interna generan un calor enorme, pero no utilizan esta energía de manera eficaz.

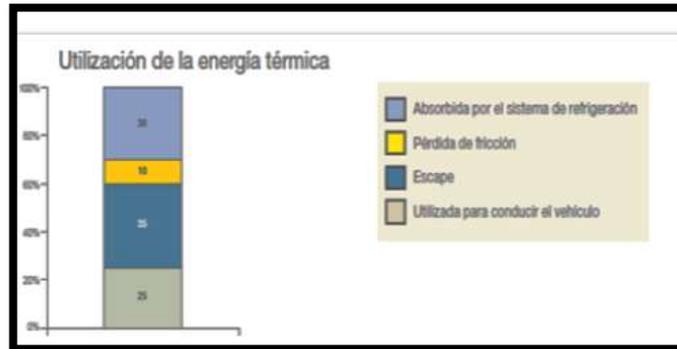
La mayoría de los motores utilizan menos que 25% de la energía térmica producida para conducir el vehículo. Un 35% del calor de combustión sale a través del escape, y otro 10% se pierde por fricción interna.

El 30% del calor de motor restante debe ser evacuado por el sistema de refrigeración.

Las temperaturas de combustión pueden alcanzar  $1300^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2400^{\circ}\text{F}$ ) y más, pero se ven estabilizadas a más o menos 10% de este valor por el sistema de refrigeración.

Sin sistema de refrigeración, el aceite de motor se descompondría rápidamente y perdería su capacidad de lubricar eficazmente los componentes metálicos móviles.

Figura 27. Evacuación de gases



Fuente:[http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CCwQFjAD&url=http%3A%2F%2Fww2.gates.com%2Fenurope%2Ffile\\_save\\_common.cfm%3Fthispath%3DEurope%2Fdocuments\\_module%26file%3D70371\\_E4\\_BROCH\\_COOLING.pdf&ei=x](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CCwQFjAD&url=http%3A%2F%2Fww2.gates.com%2Fenurope%2Ffile_save_common.cfm%3Fthispath%3DEurope%2Fdocuments_module%26file%3D70371_E4_BROCH_COOLING.pdf&ei=x)

**3.3.6 Gasto de combustible.** El consumo de combustible de los motores de combustión interna está determinado por diferentes factores en los cuales se puede señalar los siguientes:

- Diseño y construcción
- Explotación
- Mantenimiento y reparación

**3.3.7 Diseño y construcción está influida por los siguientes aspectos:**

- Tecnología de la construcción y los materiales empleados
- Número de cilindros y su distribución.
- Cámara de combustión, su diseño y régimen térmico, la relación de compresión de acuerdo al tipo de combustible.
- Sistema de suministro de combustible y aire.
- Diseño de los mecanismos de distribución esto es el suministro de aire y combustible y evacuación de los gases residuales.

- Los mecanismos y el sistema de movimiento de la distribución así como la forma de apertura de las válvulas etc.

**3.3.8** *Los factores que tienen incidencia en la explotación son los siguientes:*

- Régimen térmico del trabajo del motor.
- Calibración, ajuste y regulación de los mecanismos así como su estado técnico.
- Condiciones de explotación referidas a temperatura ambiente, humedad relativa y altitud (presión atmosférica).
- Silenciosos y catalizadores, filtro de aceite y depuradores de aire.
- Sistemas computarizados de inyección de combustible y operación.

**3.3.9** *Referido al mantenimiento y reparación se tiene:*

- Estado técnico de la transmisión, rodamiento y frenos.
- Estado técnico de los componentes del sistema de alimentación y evacuación de gases.
- Estado técnico del conjunto pistón, biela, manivela.
- Estado técnico del sistema eléctrico y la batería.
- Calibración de los mecanismos de distribución, bombas, inyectores, etc.
- Tipos de aceite y combustibles utilizados.
- Régimen de explotación y su correspondencia con los parámetros de diseños etc.

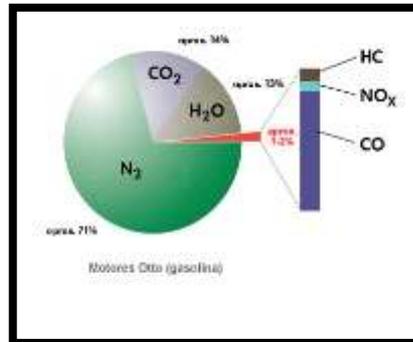
**3.3.10** *Gasto de gases de escape.* El aire está compuesto básicamente por dos gases: nitrógeno (N<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N<sub>2</sub>) del 79 % mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21%.

El nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y tal como entra en el cilindro es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla. Cuando se habla de la composición de los gases de escape de un vehículo se utilizan siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, partículas de hollín

e hidrocarburos. Decir que estas sustancias representan una fracción muy pequeña del total de los gases de escape. Composición de los gases que despiden los motores a gasolina.

Figura 28. Composición de los gases de escape



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

**3.3.11 Gasto de aire.** El oxígeno es el otro componente que forma parte de la mezcla y se toma directamente del aire de la atmósfera. Cuando el aire se encuentra seco y limpio, su composición se establece en las siguientes proporciones:

- Oxígeno 21 %.
- Nitrógeno 78%.
- Otros gases (hidrógeno, Argón, Bióxido de carbono, etc.) el 1 %.

El volumen que ocupa el aire es bastante variable, según las condiciones atmosféricas y la altitud sobre el nivel del mar en las que se encuentre. Su densidad medida en condiciones normales de presión y temperatura es de 1,293 gr/litro (760 mm de Hg. o presión atmosférica al nivel del mar y 0° C). Si se aumenta la temperatura hasta 15° C, la densidad disminuye hasta un valor de 1,225 gr/litro. Si además, subimos a 500 msnm, su densidad disminuye hasta 1,165 gr/litro.

Estas variaciones en la densidad y el volumen de aire, afectan a la cantidad de oxígeno que contiene, influyendo en la dosificación de la mezcla. Por ello, se hace necesario para realizar una dosificación exacta de la misma, medir el aire en peso para determinar la cantidad de oxígeno realmente presente.

Existen además, otros factores que afectan al peso del aire como son el polvo, los gases vertidos a la atmósfera y el grado de humedad, que contribuyen a aumentar el peso del aire, e incluso, a variar la proporción de oxígeno con respecto a los otros gases que el aire contiene. En los motores de explosión, el peso del combustible guarda una relación directa con el peso de aire que le acompaña en la mezcla, de modo que muchos problemas quedarían solucionados, si se dispusiera de un aire que pesara lo mismo en todas las condiciones.

**3.3.12** *Capacidad calorífica media volumétrica de gases.* Las moléculas grandes de gases de complejos pueden tener una gran capacidad de calor por mol de moléculas de gas, pero sus capacidades de calor por mol de átomos totales de gas son muy similares a las de los líquidos y sólidos, de nuevo difieren en menos de un factor de dos por cada mol de átomos.

Este factor de dos representa grados de libertad vibratorios disponible en sólidos frente a moléculas de gas de diferentes complejidades. En los gases monoatómicos a temperatura ambiente y el volumen constante, la capacidad volumétrica de calor son todos muy cerca de  $0,5 \text{ kJ/m}^\circ\text{K}$ , que es el mismo que el valor teórico de  $3/2 RT$  por kelvin por mol de moléculas de gas. Como se ha señalado, los valores mucho más bajos de capacidad de calor de gas en términos de volumen en comparación con sólidos resultados sobre todo del hecho de que los gases en condiciones estándar consisten de espacio vacío, que no se compensa por los volúmenes atómicos de los átomos en el gas.

**3.3.13** *Calor producido por la combustión incompleta.* La combustión se considera incompleta cuando parte del combustible no reacciona completamente porque el oxígeno no es suficiente. Cuando una sustancia orgánica reacciona con el oxígeno de manera incompleta formando además de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) otros subproductos de la combustión los cuales incluyen también carbón, hidrocarburos no quemados, como Carbono (C), Hidrógeno (H) y monóxido de carbono (CO). La combustión es incompleta cuando hace falta oxígeno y no es suficiente a eso se le llama combustión incompleta. En altas concentraciones los resultados de la combustión pueden ser letales. El término combustión incompleta por lo general se utiliza en relación con la quema de hidrocarburos.

**3.3.14 Rendimiento mecánico.** El rendimiento mecánico es la relación entre el trabajo útil medido en el cigüeñal del motor y el trabajo ofrecido según el ciclo indicado. El rendimiento mecánico está normalmente comprendido entre 80 % y 90 % y depende del rozamiento entre los órganos móviles, del acabado de las superficies, de las características de la lubricación, del grado de precisión en la fabricación, etc, y tiene en cuenta el trabajo absorbido por los rozamientos de los órganos del motor con movimiento relativo y de los órganos auxiliares del motor necesarios para su funcionamiento como la distribución, la bomba de aceite para lubricación, la de agua para refrigeración, el alternador, etc. Por lo que se define el rendimiento ( $\eta$ ) como el cociente entre la energía útil ( $E_u$ ) y la energía total ( $E_t$ ) suministrada por el sistema.

$$\eta = \frac{E_u}{E_t} \quad (28)$$

El rendimiento tiene como características que es adimensional, es decir que no tiene unidades, se expresa en tanto por uno, o bien si se multiplica este resultado por cien se expresa en tanto por ciento (%), siempre tiene que ser inferior a la unidad, solo en el caso ideal de que un sistema no tuviese pérdidas su valor sería la unidad, pero esto solo ocurre a nivel teórico, nunca en la práctica.

El rendimiento también se utiliza referido a potencias, y así la expresión sería:

$$p = \frac{P_U}{P_T} \quad (29)$$

**3.3.15 Pérdidas de refrigeración.** El refrigerante del motor tiene muchas vías de escape. En su mayor parte, las fugas en el sistema de refrigeración pueden ser confirmadas por pruebas bajo el vehículo.

Las fugas también se pueden ver en el suelo del lado del pasajero si se origina una fuga en el núcleo del calentador. La pérdida de líquido refrigerante que no es evidente es por lo general debido a un problema con el radiador o bien que el motor esté absorbiendo el líquido refrigerante en los cilindros debido a una fuga en la junta de culata.

## CAPÍTULO V

### 4. ANÁLISIS FLUJOMÉTRICO Y SIMULACIÓN

#### 4.1 Movimiento de un fluido por un conducto

El movimiento del fluido se realiza por conductos cerrados sobre los que se ejerce una presión diferente a la atmosférica. Las fuerzas principales que intervienen son las de presión sobre un área determinada.

**4.1.1 Ondas de amplitud finita.** El flujo gaseoso que opera en un motor de combustión interna, tiene un comportamiento bastante inestable, este cambia sus parámetros de presión, temperatura y velocidad a lo largo de todo el funcionamiento del mismo.

Cuando se cierra la válvula de admisión, la velocidad de los gases es igual a cero, cuando se abre nuevamente, la diferencia de presión comienza a acelerar las moléculas de gas combustible hacia el interior del cilindro (decimos gas combustible porque ya viene por el múltiple de admisión mezclado con el aire).

Las pequeñas variaciones de presión que son detectadas por el oído se denominan ondas acústicas. La amplitud de presión de esas ondas es de un bajo orden. El límite de esfuerzos para este es de 130 decibeles y crea una onda de presión que es de  $0,000306\text{Kg/cm}^2$ , si la presión atmosférica a nivel del mar se toma como  $1,033\text{Kg/cm}^2$  la relación de presión se define como:

$R_p$  = Relación de presión

$P$  = Presión atmosférica a nivel del mar

$P_i$  = onda de presión

$P_{atm}$  = Presión atmosférica

$$R_p = \frac{(P+P_i)}{P_{atm}} \quad (30)$$

$$R_p = \frac{(1,033 + 0,000306)}{1,0033} = 1,00029$$

Las ondas q son de mayor presión que las ondas acústicas se las denomina ondas de amplitud finita. Este tipo de ondas son las que se generan en un motor de combustión interna.

La amplitud de presión de una onda puede ser tan grande que en un sistema de escape puede haber relaciones de presión mayores de 3.

Esta relación de presión, comparada con una onda acústica tiene una amplitud de presión que es aproximada mente a 10.000 veces más grande.

La onda de amplitud finita tiene un comportamiento muy interesante cuando alcanza un cambio de sección a lo largo de un conducto. Este cambio de sección puede ser abierto, cerrado, parcialmente abierto, de mayor a menor o de menor a mayor. En todo el proceso de llenado del motor, desde que ingresa la mezcla al cilindro hasta que salen los gases residuos de la combustión y no debe llegar hasta la velocidad del sonido.

**4.1.2 Ondas de presión en el múltiple de admisión.** Se forma cuando los gases producto de la combustión son convenientemente expulsados por el sistema de escape, y la onda de expansión generada en este último llega al cilindro cuando se abre la válvula de admisión, las moléculas del gas combustible fluirán hacia el cilindro, esto se debe a que las partículas tendrán una dirección interior – exterior (en el escape) por el comportamiento de este tipo de ondas. Al mismo tiempo, si por el extremo abierto del canal de admisión la onda reflejada se transforma en onda de compresión, la onda retornará hacia el cilindro y agregará moléculas de gas a las ya existentes incrementando la diferencia de presión entre éste y el cilindro (la presión en la admisión será mayor a la del interior del cilindro).

Como podemos apreciar, es de fundamental importancia el diseño del múltiple en cuanto a su sección y su longitud a este se le denomina sintonizado. Cabe aclarar que continuamente las ondas de amplitud finita se van reflejando y cambiando, es posible incrementar el número de pulsaciones a un valor dado simplemente acortando la

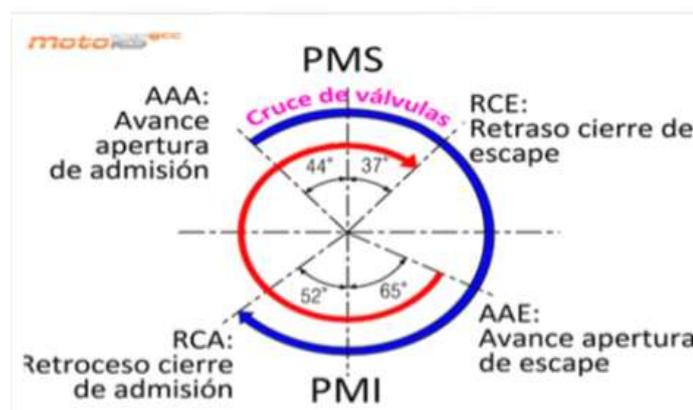
longitud del conducto. Del mismo modo, para reducir el número de pulsaciones y alargarlo.

La mayor aspiración se producirá cuando la velocidad instantánea del pistón sea máxima, siempre antes de los  $90^{\circ}$  de giro del cigüeñal. Una baja velocidad del gas por la válvula de ADM ocasionará una débil reflexión de onda que no podrá ser aprovechada convenientemente.

## 4.2 Dinámica de apertura y cierre de válvulas

En el motor de 4 tiempos, el cilindro es ciego (sin agujeros) y la entrada y salida de gases se realiza a través de las válvulas que se encuentran en la culata. Utilizaremos el diagrama de distribución correspondiente a las aperturas y cierres de las válvulas de admisión y escape en función del giro del cigüeñal.

Figura 29. Diagrama de distribución de válvulas



Fuente: <http://www.moto125.cc/f125cc/reportajes/tenica/item/746-tecnica-distribucion>

**4.2.1 Avance apertura de escape (AAE).** Este tiempo siempre ocurre durante la carrera de expansión y es el comienzo del escape. Un adecuado avance en la apertura, le permitirá a la presión del cilindro bajar por sí mismo para que el retorno del gas quemado a la admisión sea mínimo.

Esto es casi imposible para que la presión en el interior del cilindro sea igual o menor que la presión en la admisión en la apertura de las válvulas a altas rpm del motor. Si

esto ocurre puede ser que el avance apertura de escape se esté dando con mucha anticipación se desperdicia presión de expansión que pudiese aportar con trabajo.

Si el avance de apertura de escape ocurre demasiado tarde, el gas quemado dentro del cilindro no será evacuado convenientemente y el desplazamiento hacia arriba del pistón se requerirá para empujar los gases fuera del mismo, con el consiguiente incremento del trabajo de bombeo y pérdida de potencia, también abra un incremento de retorno a la admisión por la elevada presión que se genera.

Desde el punto de vista de la investigación, se ha demostrado que este punto es menos significativo en términos de pérdida de performance a bajas vueltas que el (Retraso cierre de admisión) o el (Retraso cierre de escape) Por lo tanto, el avance de apertura de escape debe ser lo suficientemente rápido para satisfacer las demandas a altas rpm.

**4.2.2 Avance apertura de admisión (AAA).** Es el comienzo del tiempo de admisión y cruce de válvulas (tiempo en el cual las dos válvulas están abiertas). El ángulo de cruce surge de sumar (Avance de apertura de admisión +Retraso de cierre de escape). Es el punto menos sensible de toda la secuencia de las válvulas, con un apropiado ajuste del escape un avance de apertura de admisión más temprano puede ser mejor utilizado, esto se debe a la fuerte onda residual que se generará en la carga fresca, si esto no ocurre entonces en la apertura de la válvula ingresarán gases de la combustión provenientes del cilindro hacia la admisión con la consiguiente dilución y calentamiento de la mezcla fresca.

Hay varios factores que incluyen en este punto, unas rpm bajas, una baja presión del múltiple de admisión que ocurre cuando su sección es demasiado pequeña, una carburación muy restringida etc.

Con un avance de apertura de admisión demasiado temprano ocurre lo mismo, la presión en el cilindro será mayor que en la de admisión y retornará el gas combustible por el múltiple provocando un llenado deficiente y una notable pérdida de potencia.

**4.2.3 Retraso cierre de escape (RCE).** El retardo en el cierre de escape no es solo la finalización de este ciclo sino también el final del tiempo de cruce de válvulas.

A baja vueltas el retraso de cierre de escape manejará la cantidad de gases de escape que retornarán al cilindro desde el caño del mismo.

Este retorno ocurre por dos razones, primero porque este cierre tiene lugar cuando el pistón está descendiendo, y a bajas vueltas la velocidad del gas por el escape es reducida y es más fácil para el pistón absorber gases provenientes del escape durante la carrera de admisión (recordemos que este se inició antes que finalizara el escape).

Segundo, la onda residual negativa (Onda de expansión) que se reflejó en el extremo del caño es siempre seguida por una onda de compresión positiva.

Cuando la velocidad del motor es baja, la onda residual junto con la onda de compresión arribarán prematuramente, la onda de compresión forzará a los gases de escape a regresar hacia el cilindro.

**4.2.4 Retraso cierre de admisión (RCA).** Es el más importante a considerar en la cinemática de movimientos la válvula de admisión para un motor de combustión interna. Este retardo ocurre cuando el pistón está subiendo y es crítico si la velocidad del gas de la admisión y el fenómeno de reflexión de ondas no están lo suficientemente estudiados como para resistir el incremento de presión en el cilindro.

El cierre tardío reducirá la eficiencia volumétrica a bajas revoluciones e incrementará a altas. La determinación de este valor dependerá de la velocidad del gas por la válvula, la velocidad del pistón y las ondas de presión.

### **4.3 Flujo en la culata**

Cuando la válvula de admisión se cierra, el flujo de admisión es interrumpido en forma súbita. La inercia del aire produce una presión adicional debido al agolpamiento de las moléculas del gas.

Esta presión genera una onda (pulso a velocidad del sonido), que se aleja del cilindro pero sólo llega hasta donde la culata se conecta al múltiple de admisión en este lugar la onda invierte su dirección y se desplaza hacia el cilindro. Esta simulación se realizó con

la ayuda del programa Solidworks pudiendo así poder observar los diferentes reacciones que sucede dentro de la culata con la velocidad presión y las diferentes turbulencias que se crea en esta.

- **Velocidad**

En la simulación de la velocidad de aire que ingresa a la culata se determinamos que la presión del medio ambiente que entrada a la culata es de 101325 Pa y su velocidad es de 100 m/s.

$$\text{Velocidad} = \text{velocidad de entrada} + \text{la velocidad de salida} \quad (31)$$

Datos:

Entrada 412.366 (m/s)

Salida 206.183 (m/s)

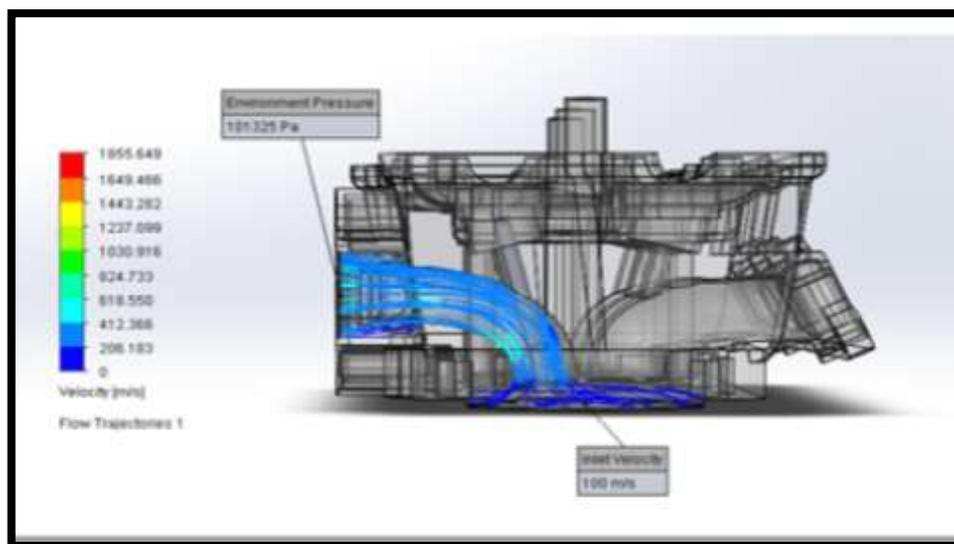
Remplazando los datos en la fórmula 31 se tiene como resultado lo siguiente:

$$\text{Velocidad} = 412.366(\text{m/s}) + 206.183(\text{m/s})$$

$$\text{Velocidad} = 618.549 (\text{m/s})/2$$

$$\text{Velocidad} = 309.275 (\text{m/s})$$

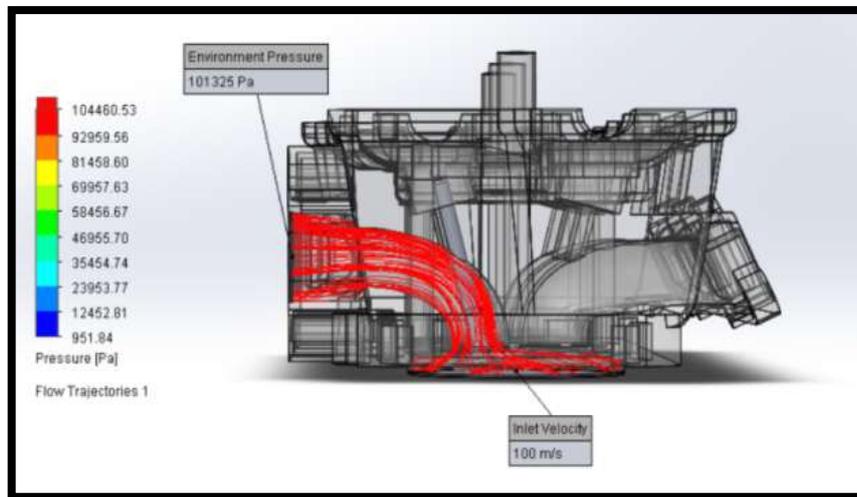
Figura 30. Velocidad de Flujo de la culata



Fuente: Autores

- **Presión**

Figura 31. Presión de flujo de la culata



Fuente: Autores

#### 4.4 Flujo en el múltiple de admisión y escape

En el caso del flujo de gas en la admisión y escape de un motor, el comportamiento inestable se da por cambios en la presión debido a la rápida apertura y cierre de las válvulas del motor, esto hace que la presión en la tubería cambie con el tiempo, así el motor se encuentre en un régimen de carga y velocidad fijo.

**4.4.1 Flujo en el múltiple de admisión.** Las líneas del aire, que se extienden desde el motor hasta el exterior, deben diseñarse para velocidades del aire de 50 a 100 pie/s (15 a 30 m/s). Los filtros para aire, para eliminar las partículas de suciedad, reducen el desgaste de los pistones, los anillos y los cilindros.

Los silenciadores, que se utilizan a la entrada de las líneas del aire, se combinan con los filtros, con fines automotrices.

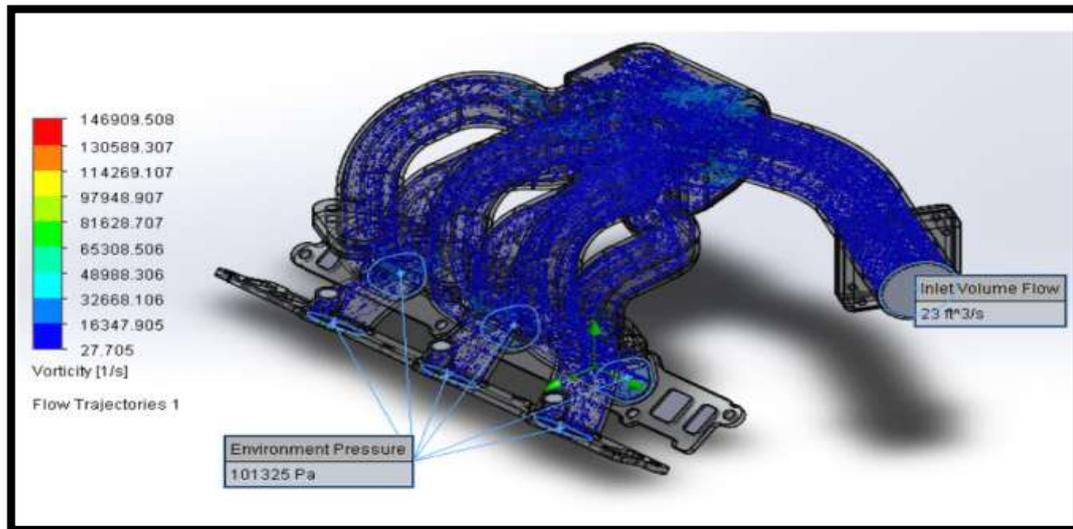
- **Velocidad en el múltiple de admisión**

Presión atmosférica 101325 Pa

Flujo de entrada 23 ft<sup>3</sup> /s

Velocidad =16347905 s  
Velocidad =27.705 s  
Velocidad =16347.905 s + 27.705 s  
Velocidad =16375.61 s/2  
Velocidad =8187.805 1/s

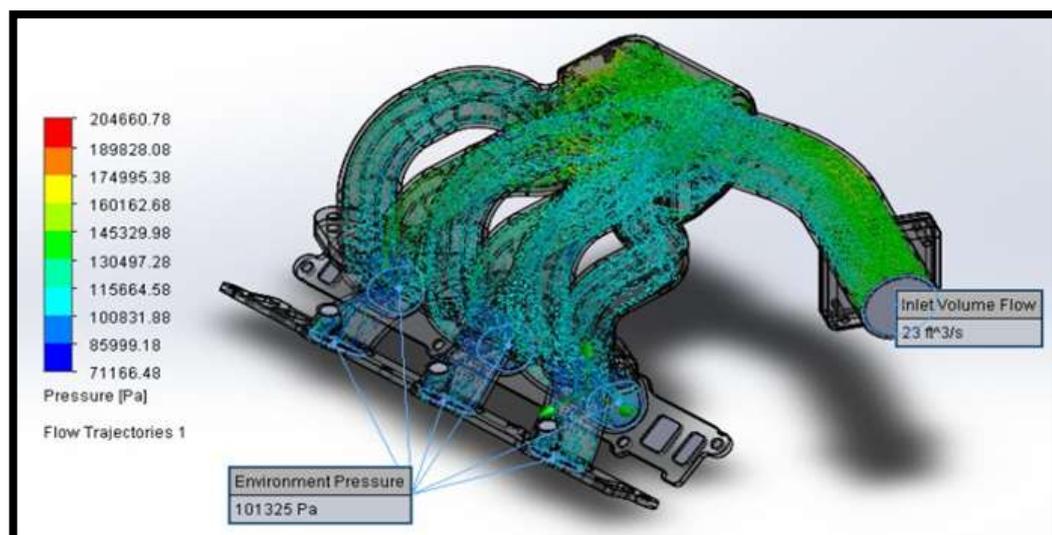
Figura 32. Velocidad de flujo del múltiple de admisión



Fuente: Autores

- **Presión en el múltiple de admisión**

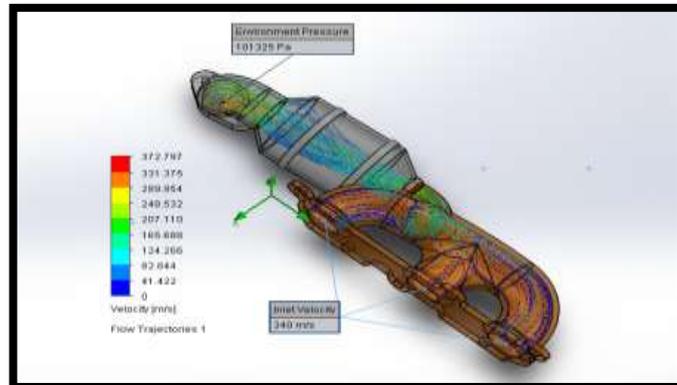
Figura 33. Presión en el múltiple de admisión



Fuente: Autores

#### 4.4.2 Múltiple de escape

Figura 34. Múltiple de escape



Fuente: Autores

- **Velocidad en el múltiple de escape:**

Presión atmosférica 101325 Pa

Flujo de entrada 340m/s

Velocidad =41.422 m/s

Velocidad =207.110s

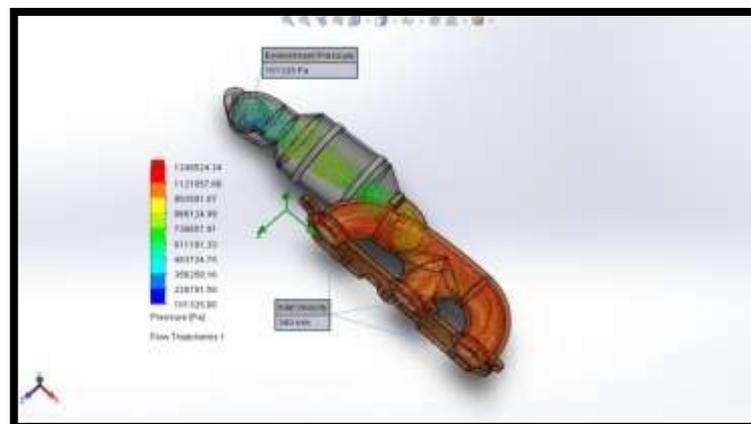
Velocidad =41.422m/s + 207.110 m/s

Velocidad =248.532 m/s /2

Velocidad =124.226/s

- **Presión en el múltiple de escape**

Figura 35. Presión en el múltiple de escape



Fuente: Autores

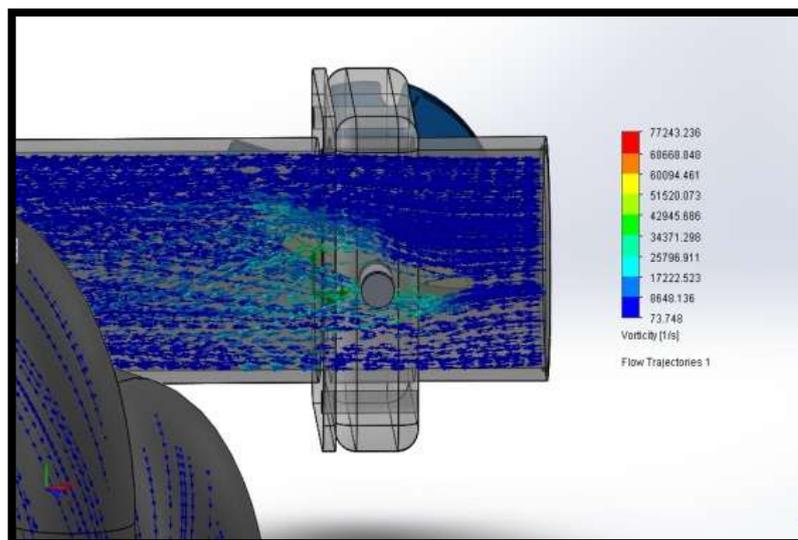
#### 4.5 Flujo en el cuerpo de aceleración

En el interior de la cámara de combustión. Durante el funcionamiento del motor, éste solamente aspira aire, inyectándose el combustible en el interior de la cámara de combustión, donde se encuentra el aire comprimido, mezclándose con él, antes de que salte la chispa en la bujía.

En este caso, se denomina alimentación directa y los sistemas de inyección de este tipo, se está comenzando a montar actualmente.

Velocidad de flujo de aire cuando la mariposa de aceleración.

Figura 36. Velocidad en el cuerpo de aceleración



Fuente: Autores

- **Velocidad**

Presión atmosférica 101325 Pa

Velocidad = 8648.136 s

Velocidad = 73.748 s

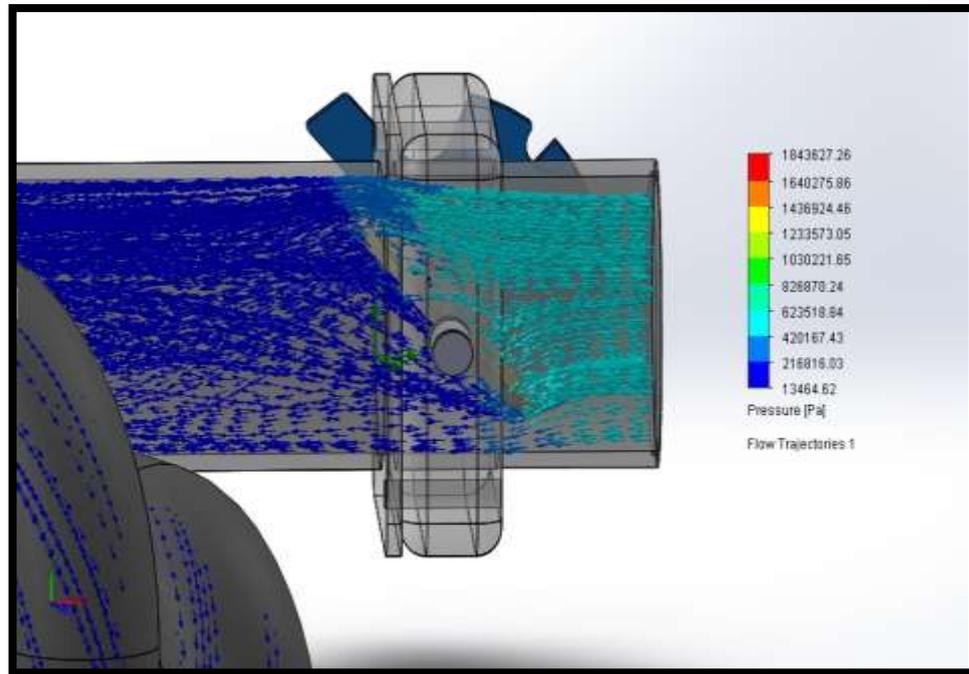
Velocidad = 8648.136 s + 73.748 s

Velocidad = 8721.884 s/2

Velocidad = 4360.942 s

- **Presión**

Figura 37. Presión en el cuerpo de aceleración



Fuente: Autores

- **Número de Reynolds**

El número de Reynolds ( $Re$ ) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido

$$Re = V * L \quad (32)$$

Dónde:

V= Velocidad del aire

L= Longitud total del tubo de admisión

Remplazando en la fórmula 32 se tiene como resultado lo siguiente:

$$Re = 67.778V * L$$

$$Re = 67.778 * 32.6 \frac{m}{s} * 0.23 m$$

Re= 508.19  $\equiv$  transitorio

- **Numero de Mach**

El número Mach (M), conocido en el uso coloquial como mach, es una medida de velocidad relativa que se define como el cociente entre la velocidad de un objeto y la velocidad del sonido en el medio en que se mueve dicho objeto. Dicha relación puede expresarse según la ecuación:

$$M = \frac{V}{C} \quad (33)$$

Dónde:

V= Velocidad del aire de entrada

C= Velocidad del sonido

Mayor o igual a 0.3 compresible

Menor o igual a 0.3 incompresible

$$M = \frac{32.6 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}}$$

M= 0.09 incompresible

- **Características del aire**

El aire es la mezcla de gases invisibles que rodea la tierra y está dividido en capas que en su conjunto constituyen la atmósfera. El aire se encuentra presente en todas partes, no se puede ver, oler, ni oír. Entre sus propiedades están:

- Es de menor peso que el agua.
- No tiene volumen definido.
- Es un buen aislante térmico y eléctrico.
- Está compuesto por varios elementos básicos para la vida.
- Reacciona con la temperatura, condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.

- Flujo Másico de entrada

$$V = \frac{R T_1 m}{P_1 A_1} \quad (34)$$

Despejando m la se tiene la ecuación como:

$$m = \frac{V P_1 A_1}{R T_1} \quad (35)$$

Datos:

$$R = 287 \text{ (J/kg}^0\text{K)}$$

$$A_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.05)^2}{4} = 0.0785 \text{ m}^2$$

$$P_1 = 101346 \text{ N/m}^2$$

$$T_1 = 293 \text{ }^0\text{K}$$

$$V = 32.6 \text{ m/s}$$

Se reemplaza los datos en la fórmula 34 y se obtiene como resultado lo siguiente:

$$m = \frac{32.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 101346 \text{ N/m}^2 \cdot 0.0785 \text{ m}^2}{287 \frac{\text{J}}{\text{kg}^0\text{K}} \cdot 293^0\text{K}}$$

$$m = \frac{259354.55}{84091}$$

$$m = 3.08 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

- **Flujo másico de salida**

Datos:

$$R = 287 \text{ (J/kg}^0\text{K)}$$

$$A1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.05)^2}{4} = 0.0785 \text{ m}^2$$

$$P1 = 101317 \text{ N/m}^2$$

$$T1 = 353 \text{ }^0\text{K}$$

$$V = 12.25 \text{ m/seg}$$

$$m = \frac{12.25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 101317 \text{ N/m}^2 \cdot 0.0785 \text{ m}^2}{287 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^0\text{K}} \cdot 353^0\text{K}}$$

$$m = \frac{97428.96}{101311}$$

$$m = 0.9617 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

Tabla 4. Entrada y salida de aire

	Velocidad	Presión	Flujo másico	Temperatura
Entrada	32.6 m/s	101346 N/m <sup>2</sup>	3.08 kg/s	20 °C
Salida	12.25 m/s	101317 N/m <sup>2</sup>	0.9617 kg/s	80 °C

Fuente: Autores

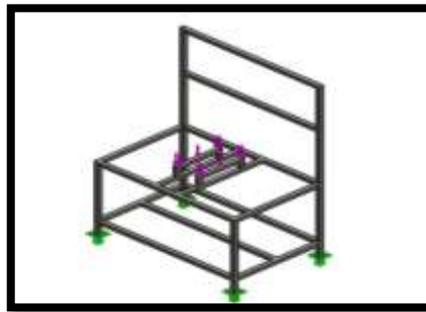
## CAPÍTULO V

### 5. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

#### 5.1 Simulación y estudio de la estructura

- **Simulación de la estructura y cálculo**

Figura 38. Estructura



Fuente: Autores

- **Propiedades del material**

Tabla 5. Propiedades del material

Model Reference	Properties	Components
	Name: <b>ASTM A36 Steel</b> Modeltype: <b>Linear ElasticIsotropic</b> Default <b>Max von Mises</b> failurecriterion: <b>Stress</b> Yieldstrength: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b> Tensilestrength: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b> Elasticmodulus: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b> Poisson's ratio: <b>0.26</b> Massdensity: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b> Shearmodulus: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b>	<b>SolidBody</b>  <b>1(Shell1)(Estructura banco)</b>
<b>Curve Data:N/A</b>		

Fuente: Autores

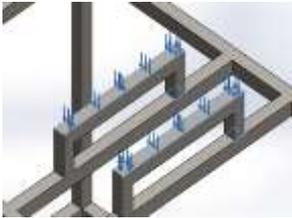
- **Cargas y accesorios**

Tabla 6. Soportes fijos de la estructura

<b>Fixture name</b>	<b>FixtureImage</b>	<b>FixtureDetails</b>		
<b>Fixed-1</b>		<b>Entities: 4 face(s)</b> <b>Type: FixedGeometry</b>		
<b>ResultantForces</b>				
<b>Components</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultant</b>
<b>Reactionforce(N)</b>	<b>0.334323</b>	<b>2451.92</b>	<b>0.429367</b>	<b>2451.92</b>
<b>ReactionMoment (N·m)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Autores

Figura 7. Fuerzas aplicadas a la estructura

<b>Load name</b>	<b>Load Image</b>	<b>Load Details</b>
<b>Force-1</b>		<b>Entities: 2 face(s)</b> <b>Type: Apply normal force</b> <b>Value: 250 kgf</b>

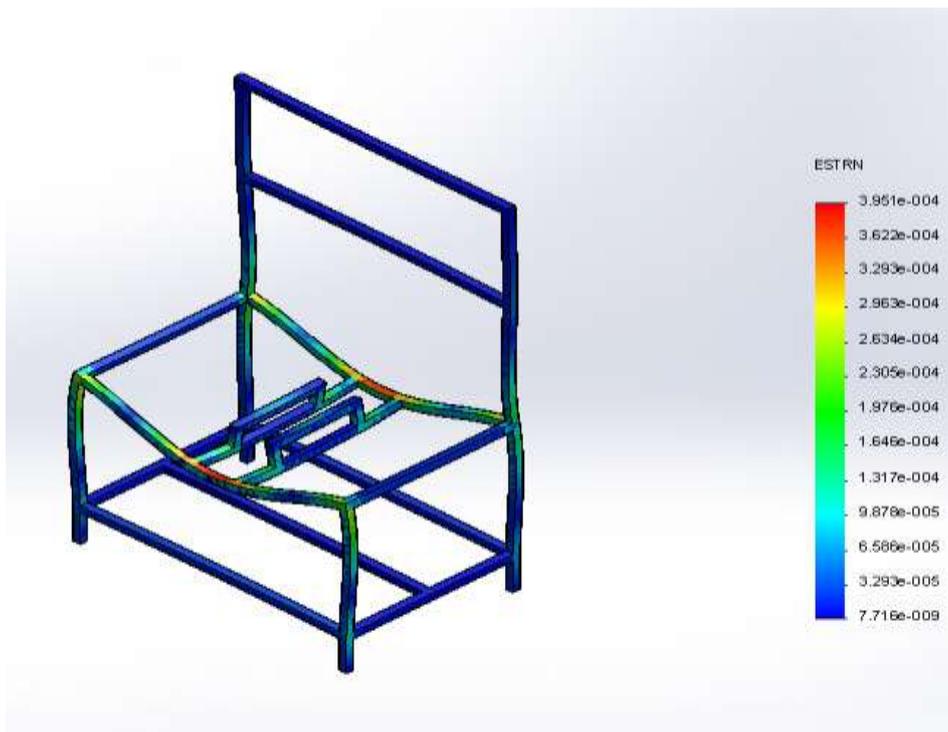
Fuente: Autores

### 5.1.1 Resultados de estudio de la estructura

- **Tensión**

Tabla 8. Resultados del estudio

Name	Type	Min	Max
<b>Strain1</b>	ESTRN: EquivalentStrain	7.71552e-009 Element: 5416	0.0003951 Element: 17072



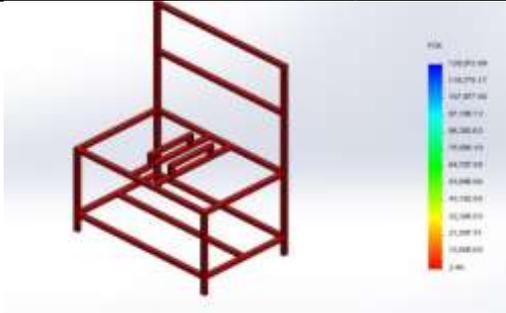
**Estructura para el banco-Study 1-Strain-Strain1**

Fuente: Autores

- **Factor de seguridad**

Tabla 9. Factor de seguridad

Name	Type	Min	Max
<b>Factor of Safety1</b>	Automatic	2.47784 Node: 36468	129573 Node: 22212

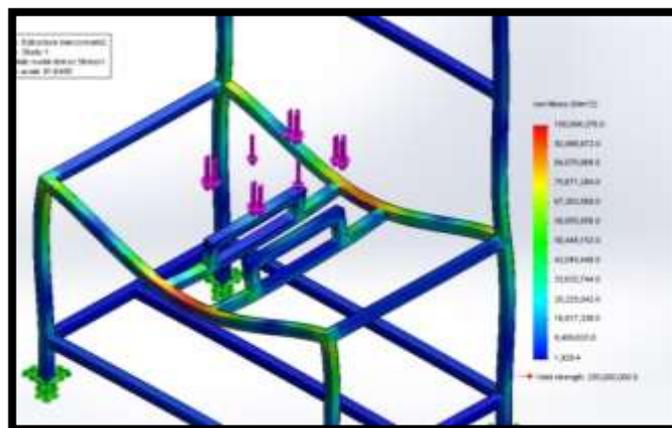


**Estructura para el banco-Study 1-Factor of Safety-Factor of Safety1**

Fuente: Autores

- **Esfuerzos**

Figura 39. Resultado de esfuerzo



Fuente Autores

- **Conclusiones**

La estructura es capaz de soportar un peso de hasta 250 Kg, dicha carga ocasiona que en el punto más vulnerable de la estructura el coeficiente de seguridad sea de 2,5 aproximadamente, el cual es un valor muy aceptable.

## 5.2 Construcción de la estructura

- Selección de material

Figura 40. Catálogo IPAC

DIMENSIONES			PESO	AREA	PROPIEDADES EJES X-X e Y-Y		
Designación	B	e	P	A	I	W	i
Pulg	mm	mm	Kg/6m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56
		2.0	13.86	2.91	6.92	3.46	1.53
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.68	6.22	2.23
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.35
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.30
3	75	2.0	27.00	5.74	50.47	13.46	2.97
		3.0	39.60	8.41	71.54	19.08	2.92
		4.0	51.54	10.95	89.98	24.00	2.87
4	100	2.0	36.42	7.74	122.99	24.60	3.99
		3.0	53.76	11.41	176.95	35.39	3.94
		4.0	70.38	14.95	226.09	45.22	3.89

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49974227/CATÁLOGO-DIPAC>

- Compra de tubos cuadrados de 30 mmX1.5 mm

Figura 41. Material



Fuente: Autores

- **Herramientas necesarias para la construcción de la estructura metálica :**

1. Sierra
2. Flexómetro
3. Soldadura
4. Mascara de soldar
5. Amoladora
6. Taladro
7. Compresor

Figura 42. Herramientas



Fuente: <http://www.metallium.mx/alambre/soldadura-alloy-617-de-alambre-para-aceros-especiales/Alloy%20617>

- **Tomar medidas del banco didáctico para la construcción de la estructura.**

Figura 43. Medición del banco didáctico



Fuente: Autores

- **Medición y rayado en el material a la medida deseada**

Figura 44. Medir el material



Fuente: Autores

- **Cortar el material de forma correcta y segura para la construcción de la estructura que será el soportara del motor didáctico.**

Figura 45. Corte de material



Fuente: Autores

- **Soldar los elementos cortados de forma que en sus esquinas formen un ángulo de 90°**

Figura 46. Soldar



Fuente: Autores

- **Forma rectangular de vigas para el soporte del motor didáctico**

Figura 47. Armado de la estructura



Fuente: Autores

- **Colocación de vigas verticales para el soporte de la estructura**

Figura 48. Soldar soportes



Fuente: Autores

- **Limpieza de las partes soldadas para dar un terminado fino al material**

Figura 49. Pulido de partes soldadas



Fuente: Autores

- **Lijamos la estructura quitando el óxido grasa y otros elementos que impidan el proceso de pintado.**

Figura 50. Lijado



Fuente: Autores

- **El pintado no es más que un proceso de recubrimiento del material con pintura para su conservación y cuidado.**

Figura 51. Pintado



Fuente: Autores

- **Colocación de tablas en las partes huecas**

Figura 52. Remachada



Fuente: Autores

- **Colocación de información y advertencias necesarias para su uso**

Figura 53. Tablero de información



Fuente: Autores

### 5.3 Armado del motor

Para poder armar los elementos del motor es necesario utilizar un destornillador de estrella ya que el motor se encuentra ensamblado en su mayoría con tornillos de estrella.

- **Colocar el soporte del múltiple de admisión**

Figura 54. Soporte del múltiple de admisión



Fuente: Autores

- **Colocar en la posición correcta la tapa de las válvulas**

Figura 55. Tapa de válvulas



Fuente: Autores

- **Insertar en la posición correcta y con precaución el riel de inyectores**

Figura 56. Inyectores



Fuente: Autores

- **Introducir de forma segura los cables de bujías según su orden de encendido**

Figura 57. Bujías y cables



Fuente: Autores

- **Colocar el compresor de aire acondicionado**

Figura 58. Compresor de aire acondicionado



Fuente: Autores

- **Colocación del alternador de forma precisa**

Figura 59. Alternador



Fuente: Autores

- **Instalar la bomba de agua que es corazón del sistema de lubricación**

Figura 60. Bomba de agua



Fuente: Autores

- **Colocar las bandas en sus respectivos canales de poleas.**

Figura 61. Colocación de Bandas



Fuente: Autores

- **Templar las bandas con la ayuda del tensor**

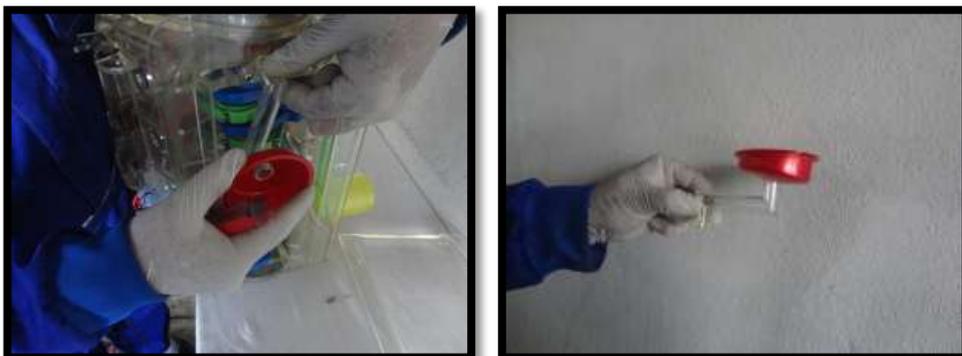
Figura 62. Tensor



Fuente: Autores

- **En la parte inferior del motor colocar el colector de aceite.**

Figura 63. Colector de aceite



Fuente: Autores

- **Colocar del cárter de aceite**

Figura 64. Cárter de aceite



Fuente: Autores

- **Colocar el volante de inercia**

Figura 65. Volante de inercia



Fuente: Autores

- **Colocar el múltiple de admisión**

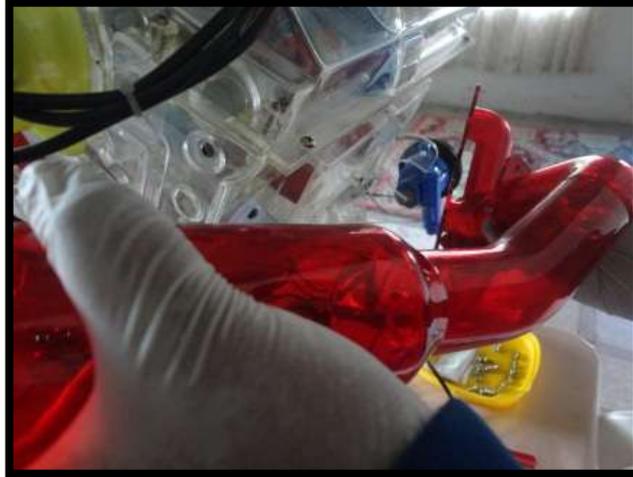
Figura 66. Múltiple de admisión



Fuente: Autores

- **Colocar el múltiple de escape.**

Figura 67. Múltiple de escape



Fuente: Autores

- **Motor didáctico completamente armado**

Figura 68. Motor didáctico armado

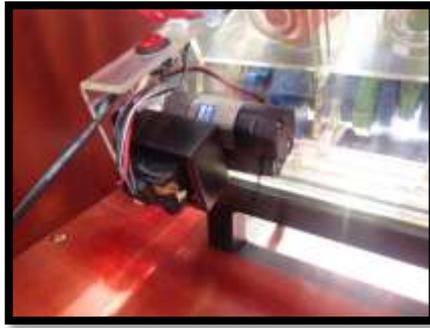


Fuente: Autores

#### **5.4 Cambio de transformador de 220 a 110 voltios para el motor TOYOTA V6**

El motor didáctico de seis cilindros en V funciona con un voltaje de 220 voltios lo cual esta energía es poco usada en Ecuador por esta razón fue necesario el cambio de transformado de energía del motor didáctico a una que si podemos usar en la mayor parte del Ecuador como es la energía de 110 voltios.

Figura 69. Transformador de energía



Fuente: Autores

## 5.5 Pruebas de funcionamiento

**5.5.1** *Adecuada lubricación.* En la prueba de lubricación se verifica el correcto funcionamiento de las partes móviles del motor, ante cualquier anomalía se debería suspender el funcionamiento del mismo para realizar su respectivo mantenimiento de lubricación en los siguientes elementos:

- Cigüeñal
- Árbol de levas
- Pistones

Figura 70. Lubricación



Fuente: Autores

**5.5.2** *Sonidos y vibraciones anormales.* Desde el inicio de esta prueba se puede detectar algún funcionamiento erróneo de algún elemento o sistema del motor.

Vibraciones del motor o ruidos anormales (chillidos, traqueteos) puede identificarse en esta prueba corregir antes de realizas cualquier práctica en el motor.

Figura 71. Sonidos y vibraciones normales



Fuente: Autores

**5.5.3** *Bandas.* Es necesario observar detenidamente las bandas que no se encuentren alargadas ni rotas antes de cada práctica ya que éstas son las que transmiten el movimiento a los demás elementos para su buen funcionamiento.

Figura 72. Control de bandas



Fuente: Autores

**5.5.4** *Control de luces LED.* Para realizar esta prueba es necesario que el motor se encuentre funcionando para poder observar el funcionamiento de cada uno de las luces led del motor, si uno de estos no se enciende detener el motor y cambiar de led.

Figuran 73. Control de luces led



Fuente: Autores

## 5.6 Guías de practicas



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **GUÍA DE LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA I**

#### **PRÁCTICA No.1- ARQUITECTURA DE UN MOTOR DE 6 CILINDROS EN V**

#### **1. DATOS GENERALES:**

<b>NOMBRES DE ESTUDIANTES</b>	<b>CÓDIGOS</b>
Carlos Arcos valencia	109
Blasco Gallegos Toasa	175

#### **GRUPO No.:**

#### **FECHA DE REALIZACIÓN:**

2014-06-14

#### **FECHA DE ENTREGA:**

2014-06-16

#### **2. OBJETIVOS:**

##### **2.1. GENERAL**

- Visualizar los elementos que conforma el motor

##### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Identificar los elementos que conforman parte del motor.

- Conocer la función que cumple cada uno de los elementos que componen el motor de 6 cilindros en V.
- Análisis del funcionamiento del motor.
- Determinar el funcionamiento de cada parte del motor.

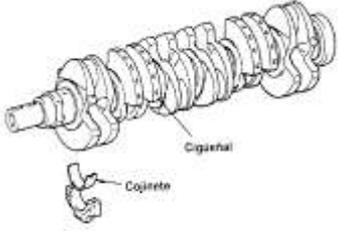
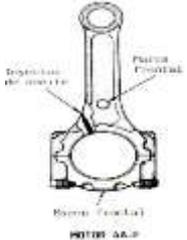
### 3. METODOLOGÍA

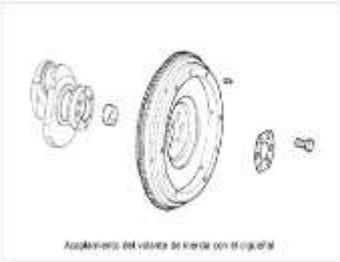
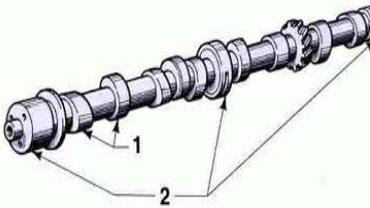
- Investigación de campo.

### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- Equipos de protección personal.

### 5. MARCO TEORICO:

<p>Bloque motor</p>		<p>Bloque motor.- Es el cuerpo principal del motor donde se alojan los demás elementos del motor su material es de hierro fundido.</p>
<p>Cigüeñal</p>		<p>Cigüeñal.-Es un árbol de transmisión que gira a altas velocidades.</p>
<p>Biela</p>		<p>Biela.- es un elemento mecánico que está expuesto a diferentes esfuerzos.</p>

<p>Pistón</p>		<p>Pistón.-Trasmite la energía de la combustión a ala biela mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro.</p>
<p>Volante de inercia</p>		<p>Volante de inercia.- Aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética.</p>
<p>Culata</p>		<p>Culata.-Se encarga de sellar superior mente los cilindros y evita la perdida de compresión del motor.</p>
<p>Árbol de levas</p>		<p>Árbol de levas.-Es un eje en el que se colocan distintas levas que pueden tener distintas formas y tamaño.</p>
<p>Válvulas</p>		<p>Válvulas.-Son las encargadas de abrir y cerrar los conductos de entrada y salida del aire del cilindro.</p>
<p>Taqués</p>		<p>Taqués.-Son elementos que aumentan la superficie de contacto con las levas.</p>

Muelles		Muelles.-Son elementos que ayudan al cierre de las válvulas.
---------	---	--

## 6. PROCEDIMIENTO:

- Observación y reconocimiento de instrumentos y equipos
- Toma y recolección de datos
- Ordenamiento y procesamiento de datos
- Cálculos y resultados
- Análisis, graficación e interpretación de resultados
- Observaciones

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

### 7.1 Conclusiones

- En esta práctica de observación y estudio de las diferentes partes del motor nos lleva a la conclusión que el estudiante está en la capacidad de reconocer cualquier elemento que se encuentre en funcionamiento en cualquier motor de 6 cilindros en V.
- Mediante el estudio realizado se concluye que todos los elementos que conforman el motor de 6 cilindros en V realizan diferentes trabajos para el buen funcionamiento del mismo.
- El estudiante mejora la adquisición de sus conocimientos ya que estudia al motor en conjunto y no en elementos aislados.

## **7.2 Recomendaciones**

- Es recomendable que el estudiante reconozca cada uno de los elementos que conforman el motor de 6 cilindros en V del banco didáctico.
- Se recomienda la comparación de los elementos del motor didáctico con partes reales.

## **8. Bibliografía:**

- MANUAL DE ENTRENAMIENTO MOTOR A GASOLINA TOYOTA  
Volumen 1 Etapa 2
- DISEÑO DE MOTORES PARA COMPETICION Autor: Carlos A Funes
- Manual práctico del automóvil (Reparación, mantenimiento y prácticas).
- Manual Ceac del automóvil.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**GUÍA DE LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA I**

**PRÁCTICA No.2 - OBSERVAR Y DETERMINAR EL ORDEN DE ENCENDIDO**

**1 DATOS GENERALES:**

<b>NOMBRES DE ESTUDIANTES</b>	<b>CÓDIGOS</b>
Carlos Arcos valencia	109
Blasco Gallegos Toasa	175

**GRUPO No.: 1**

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

2014-06-14

**FECHA DE ENTREGA:**

2014-06-16

**2 OBJETIVOS:**

**2.1. GENERAL**

- Analizar y estudiar el proceso del orden de encendido del motor de 6 cilindros en V.

**2.2. ESPECÍFICOS**

- Analizar el punto de encendido en los 6 cilindros para determina el orden de encendido.

- Identificar la posición del pistón en el momento de la inyección de combustible.
- Analizar el ciclo del motor.

### 3 METODOLOGÍA

- Investigación de campo

### 4 EQUIPOS Y MATERIALES:

- Equipos de protección personal

### 5 MARCO TEORICO:

Cilindro 1		El orden de encendido en un motor de 6 empieza con el cilindro número 1.
Cilindro 2		Siguiendo con el orden de encendido observamos que es el cilindro número 2 el que se enciende.
Cilindro 3		Ahora es el 3 cilindro el que se enciende.

Cilindro 4		El próximo en encenderse el cilindro número 4.
Cilindro 5		Continuando con la secuencia del orden de encendido el cilindro 5 es el que se enciende.
Cilindro 6		Finalmente se enciende el cilindro número 6 para terminal un ciclo de funcionamiento.

## 6 PROCEDIMIENTO:

- Prestar mucha atención el momento en el que el banco didáctico se encuentra encendido ya que se prende unos diodos que simulan a la chispa de la bujía y otros que simulan el momento de la inyección con esta ayuda se puede determinar el orden de encendido del motor.
- Orden de encendido.
- Toma y recolección de datos.
- Manejo de instrumentos y equipos.
- Ordenamiento y procesamiento de datos.

- Análisis, graficación e interpretación de resultados.
- Observaciones.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **7.1 Conclusiones**

- Es importante concluir que gracias a este banco podemos apreciar el orden de encendido del motor para su buen funcionamiento.

### **7.2 Recomendaciones**

- Una recomendación muy importante es tener muy en cuenta cual es el primer cilindro del motor para poder determinar el orden de encendido.

## **8 Bibliografía:**

- MANUAL DE ENTRENAMIENTO MOTOR A GASOLINA TOYOTA Volumen 1 Etapa 2.
- DISEÑO DE MOTORES PARA COMPETICION Autor: Carlos A Funes.
- Manual práctico del automóvil (Reparación, mantenimiento y prácticas).
- Manual Ceac del automóvil.

## 5.7 Manual de operación

- Revisar que el interruptor de control se encuentre en posición OFF o apagado.
- Conectar a una fuente de energía de 110 v.
- Colocar el interruptor en posición ON o encendido.
- Verificar su correcto funcionamiento.
- Terminada la práctica colocar el interruptor en posición OFF o apagado.
- Desconectar de la fuente de energía.

## 5.8 Mantenimiento de seguridad

### 5.8.1 Seguridad

- **Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar prácticas en el motor didáctico.**

Figura 74. Equipo de protección



Fuente: <http://norma-ohsas18001.blogspot.com/2013/02/gestion-de-equipos-de-proteccion.html>

- **Antes de poner en funcionamiento el motor didáctico, lea atentamente y cumpla todas las normas de seguridad e instrucciones de funcionamiento.**

Figura 75. Información



Fuente: <http://www.fotolog.com/dapaja/52748379/>

- **Revisión de cables de conexión**

Figura 76. Cables de conexión



Fuente: Autores

- **No conectar a fuentes desconocidas**

Figura 77. No conectar a fuentes desconocidas



Fuente: <http://novedadescec.com.ar/index.php/seguridad-electrica-en-el-hogar-algunos-consejos/>

- **Mantener en funcionamiento el motor no más de 30 minutos**

Figura 78. Funcionamiento máximo



Fuente: Autores

- **No tocar el motor didáctico cuando este se encuentre en funcionamiento**

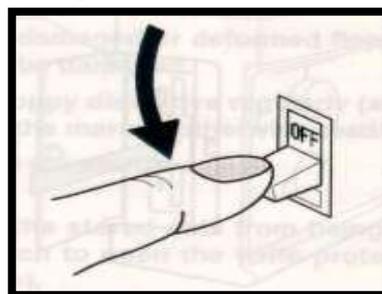
Figura 79.No tocar



Fuente: <http://www.laspegatinas.com/Catálogo/pro/3192/NO-TOCAR>

- **Verificar que el interruptor se encuentre en posición OFF o apagado para poder desconectar.**

Figura 80.Posición OFF



Fuente: [http://www.kurtkauf.com/serv-tecn/tajima/tmfxv/programa\\_tmfxv.html](http://www.kurtkauf.com/serv-tecn/tajima/tmfxv/programa_tmfxv.html)

### 5.8.2 *Mantenimiento*

- **Una vez que se ha realizado 5 practicas proceder a su limpieza por sus exteriores e interiores**

Figura 81. Vinil



Fuente: <http://www.sanmarino.es/producto/renovador-plasticos-vinil-crema-3/>

- **Colocar lubricante en sus partes móviles para su correcto funcionamiento**

Figura 82. Lubricante



Fuente: <http://www.shutterstock.com/es/pic-79371883/stock-vector-spout-oiler-can-applicator.html>

- **Si se despega o rompe algún elemento del motor didáctico utilice Pattex**

Figura 83. Pattex



Fuente: <http://www.pattex.es/pagina-de-inicio/productos/especialidades/para-el-hogar/pegamento-especialidad-plastico.html>

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Con la implementación del banco didáctico del motor V6 se ayudara con los inconvenientes o dudas, de los estudiantes sobre este tipo de motor tales como funcionamiento, averías e incluso poder observar las partes de la estructura de dicho motor.

Al implementar el banco didáctico los docentes y estudiantes ya cuentan con una herramienta que les permite mejorar la eficacia en los trabajos que realizan para la detección y reparación de averías del motor V6.

Se realizó el análisis térmico y flujométrico del motor V6 para que los estudiantes tengan datos reales de como el motor trabaja en el vehículo.

A su vez también realizamos guías de prácticas, mantenimiento, para que los docentes y estudiantes conozcan del cómo poner en funcionamiento del motor y para su cuidado.

Se investigó y se simulo en Solidworks parte por parte que consta el motor para que los estudiantes conozcan cómo se encuentra estructurado el motor y así sea de mejor ayuda para ellos para el entendimiento del mismo,

#### **6.2 Recomendaciones**

Aplicar las guías de práctica y mantenimiento para lograr como resultado un mayor conocimiento del motor V6.

Establecer normas de seguridad en el taller o donde se vaya a ocupar el banco didáctico, para que no lo destruyan o realicen mal las prácticas.

Formar grupos máximo de cinco personas para ver el funcionamiento y realizar las prácticas del banco didáctico del motor V6, para que sea mejor utilidad para los estudiantes.

Se recomienda que después de utilizar el banco didáctico del motor V6, se lo limpie ya que el polvo u otros contaminantes lo pueden deteriorar.

## BIBLIOGRAFÍA

**GIL, Hermógenes. 2002.***Manual CEAC del automóvil.* Barcelona-España : Ceac, S.A., 2002. 84-329-1539-4.

**GIL, Martínez. 2000.***Manual práctico del automóvil.* Madrid-España : Cultural, S.A., 2000. 978-84-8055-758-0.

**LUNAR, José. 2011.** <http://electroaut.blogspot.com/2011/01/sistemas-de-encendido-electronico.html>. [En línea] 27 de 01 de 2011. [Citado el: 19 de 02 de 2014.]  
<http://electroaut.blogspot.com/2011/01/sistemas-de-encendido-electronico.html>.

**BOHNER, Max, y otros. 1985.***Tecnología del Automóvil.* 20. Barcelona : REVERTÉ, 1985. págs. 326-327. Vol. 2, Edición alemana. 43-1420.

**HAMM, Burk. 2001.***Tablas de la Técnica del Automóvil.* Alemania : Reverte S.A, 2001.