

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN
DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE CON LA
UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN
DEL DINAMÓMETRO DEL LABORATORIO DE MOTORES
DIESEL-GASOLINA”

PALOMO PALOMO KLÉBER SANTIAGO
PILATAXI YUNGAN EDISON VLADIMIR

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2012

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, PALOMO PALOMO KLÉBER SANTIAGO
PILATAXI YUNGAN EDISON VLADIMIR

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE CON LA UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DINAMÓMETRO DEL LABORATORIO DE MOTORES DIESEL-GASOLINA**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Noviembre del 2012

PALOMO PALOMO KLÉBER
C.I. 1717762049

PILATAXI YUNGAN EDISON
C.I. 1715838643

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. STALIN MENA (DIRECTOR)

ING. GUIDO TORRES (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE CON LA UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DINAMÓMETRO DEL LABORATORIO DE MOTORES DIESEL-GASOLINA**”, realizado por el señor PALOMO PALOMO KLÉBER SANTIAGO y el señor PILATAXI YUNGAN EDISON VLADIMIR ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimiento y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de **UN** documento empastado y **UN** disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan al señor PALOMO PALOMO KLÉBER SANTIAGO y el señor PILATAXI YUNGAN EDISON VLADIMIR que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Noviembre del 2012

Ing. Stalin Mena

DIRECTOR

Ing. Guido Torres

CODIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por PALOMO PALOMO KLÉBER SANTIAGO y PILATAXI YUNGAN EDISON VLADIMIR, bajo nuestra supervisión.

ING. STALIN MENA
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR DEL PROYECTO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, PALOMO PALOMO KLÉBER SANTIAGO
PILATAXI YUNGAN EDISON VLADIMIR

Autorizamos a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE CON LA UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DINAMÓMETRO DEL LABORATORIO DE MOTORES DIESEL-GASOLINA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre del 2012

PALOMO PALOMO KLÉBER
C.I. 1717762049

PILATAXI YUNGAN EDISON
C.I. 1715838643

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a los seres que más amo, que me dieron la vida y estuvieron, están y estarán conmigo en todo momento; mis padres:

José Palomo y Martha Palomo, por creer en mí y los que me enseñaron que nada en la vida es imposible con dedicación; su apoyo incondicional en momentos difíciles fue el pilar que me impulso a seguir con la mirada hacia el frente en todo momento y ver mi sueño hecho realidad como Ingeniero.

Va dedicado igualmente a mi familia entera; Nancy, mi hermana y Linda, mi sobrina, quienes me impulsaron, animaron e inspiraron a culminar mi carrera.

A mis abuelitos: Víctor y Rosa; por sus consejos, palabras de ánimo y su ejemplo de humildad a mi vida.

Aunque ya no están con nosotros a mis abuelitos Placido y Delfina; por las oraciones y el respaldo que me brindaron.

De corazón este proyecto va para todos ustedes.

KLÉBER SANTIAGO PALOMO PALOMO

DEDICATORIA

La culminación del presente proyecto va dedicado con todo mi cariño a mis amados Padres, Alfredo Pilataxi y María Yungan, porque creyeron en mi y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi vida, y porque el orgullo que sienten por mi, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

*A mis hermanos, Diego, Maritza, José Luis.
Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.
Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.
A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo sincero e incondicional.*

EDISON VLADIMIR PILATAXI YUNGAN

AGRADECIMIENTO

Con todo mi ser le agradezco a DIOS por darme la vida y estar conmigo siempre mostrándome su infinita gracia y misericordia cada momento.

A mis padres José y Martha por su apoyo incondicional cada momento y ser el soporte principal para conseguir mis metas y enrumbarme por caminos rectos.

A mis tíos Alonso, Roberto por brindarme su ayuda en momentos duros y compartir momentos de alegría y felicidad que llevo en mi vida.

A mis profesores los cuales me brindaron su amistad y compartieron su conocimiento para involucrarme en el mundo profesional, a mis amigos con los cuales compartí momentos únicos que los llevare siempre en mi vida.

KLÉBER SANTIAGO PALOMO PALOMO

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para culminar mi formación como ingeniero, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo.

A mis padres, Alfredo y María por haberme brindarme la oportunidad de ser alguien en la vida y por su apoyo incondicional.

A mis amigos e ingenieros por su apoyo en mi carrera y vida universitaria.

EDISON VLADIMIR PILATAXI YUNGAN

ÍNDICE

CARATULA.....	i
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO.....	iii
CERTIFICACIÓN	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
INDICE.....	x
INDICE DE TABLAS	xviii
INDICE DE FIGURAS.....	xix
INDICE DE ECUACIONES	xxiv
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3

CAPITULO I

CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

1.1 Introducción	5
1.2 Rendimiento del motor	5
1.2.1 Tipos de rendimiento.....	7
a. Rendimiento térmico	7
b. Rendimiento mecánico.....	8

c.	Rendimiento efectivo	9
d.	Rendimiento volumétrico	10
1.3	Par motor	11
1.4	Potencia	14
1.4.1	Tipos de potencia	17
1.4.2	Factores que determinan la potencia	17
1.4.3	Potencia y régimen de giro	18
1.5	Consumo específico de combustible	20
1.6	Consumo de combustible en un automóvil	21

CAPITULO 2

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA, OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN

2.1	Curvas características	22
2.1.1	Curva de Par motor	23
a.	Interpretación de la curva de par motor	23
2.1.2	Curva de Potencia	25
a.	Interpretación de la curva de Potencia	26
2.1.3	Curva de Consumo específico de Combustible	27
a.	Interpretación de la curva de consumo específico....	28
2.2	Obtención de las curvas características	30
2.2.1	Bancos de pruebas o frenos Dinamométricos	31
2.2.2	Proceso de obtención de datos	32

a.	Calculo de la potencia	34
b.	Calculo del consumo específico de combustible	34
c.	Calculo del factor de corrección	35
d.	Calculo de la presión media efectiva (PME).....	36
2.2.3	Coeficiente de elasticidad.....	38
a.	Calculo del coeficiente de elasticidad	39

CAPITULO 3

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE

3.1	Sistema de alimentación de combustible en motores de combustión interna	40
3.2	Medición de consumo de combustible	41
3.2.1	Métodos de medición de consumo de combustible.....	42
a.	Método del tanque lleno.....	42
b.	Método de la varilla calibrada	43
3.3	Análisis y requerimientos del sistema	45
3.4	Descripción del sistema.	46
3.5	Diagrama del sistema	47
3.5.1	Diseño y simulación del sistema en Automation Studio 5.0 .	47
3.6	Componentes del sistema.....	49
3.6.1	Bomba de combustible eléctrica	50
a.	Función	50
b.	Ubicación	52

c.	Descripción	52
a.	Características Técnicas	53
3.6.2	Balanza electrónica	53
a.	Características	55
b.	Capacidad y dimensiones	55
3.6.3	Deposito de combustible	56
a.	Características	58
3.6.4	Filtro de combustible	59
a.	Funcionamiento	61
b.	Características	62
3.6.5	Válvula reguladora de caudal	63
a.	Características	63
3.6.6	Válvula antirretorno y reguladora de caudal	64
3.6.7	Manómetro	65
3.6.8	Acoples.....	66
3.6.9	Mangueras de Presión	67

CAPITULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE Y TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1	Introducción	68
4.2	Antecedentes	68
4.2.1	Adquisición de datos	69

a.	Comunicación Serial	71
b.	Código ASCII	72
4.3	Desarrollo de Software en LabIEW	74
4.3.1	VI's y sus partes.....	75
a.	Panel Frontal.....	75
b.	Diagrama de Bloques	76
c.	Panel de Icono/Conector.....	76
4.3.2	Creación de un Proyecto	77
a.	Panel Frontal	78
b.	Paleta de Controles	79
c.	Diagrama de Bloques.....	80
d.	Tipos de Datos	81
e.	Paleta de Funciones	81
4.3.3	Análisis de datos	82
4.3.4	Estructura del Software	83
a.	Condiciones Iniciales.....	85
b.	Laso Principal.....	87
c.	Adquisición de datos	88
d.	Subrutina de Cronometro	88
e.	Configuración	89
f.	Inicio	90
g.	Ciclo	90
h.	Lectura de datos.....	91
i.	Análisis	92

j.	Mostrar	93
k.	Cálculos	94
l.	Guardar	94
4.3.5	Visualización	95
4.4	Desarrollo de la tarjeta de adquisición de datos	98
4.4.1	Instrumentación	98
4.4.2	Acondicionamiento	100
4.4.3	Procesamiento	101
4.4.4	Comunicación.....	101
4.4.5	Hardware Utilizado	101
4.4.6	Software Utilizado	103

CAPITULO 5

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MEDIDOR DE CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE

5.1	Introducción	105
5.2	Operación del Equipo	106
5.2.1	Operación del equipo en motores con inyección electrónica a gasolina	107
5.2.2	Operación del equipo en motores con carburador a gasolina	108
5.2.3	Operación del equipo en motores diesel	110
5.2.4	Resumen de operación del equipo.....	111
5.3	Manejo del Software	111

5.4 Seguridad durante la práctica	116
5.4.1 Identificación de peligros	116
5.4.2 Efectos potenciales para la salud	116
a. Inhalación	116
b. Ingestión	116
c. Piel	117
d. Ojos	117
d. Efectos crónicos	117
5.4.2 Medidas de primeros auxilios	117
a. Inhalación	117
b. Contacto con la piel.....	118
c. Ingestión	118
d. Contacto con los ojos	118
5.5 Controles de exposición y protección personal.....	118
5.5.1 Controles de ingeniería	118
5.5.2 Equipo de protección personal	119
a. Protección para los ojos y rostro	119
b. Protección de la piel.....	119
c. Protección respiratoria	119
d. Protección en caso de emergencia	120
5.6 Mantenimiento del Equipo	120
5.6.1 Limpieza.....	120
5.6.2 Bomba de combustible Eléctrica Externa	121
a. Mantenimiento por el usuario	121

5.6.3 Filtro de combustible	121
5.6.4 Deposito de combustible	121
5.6.5 Conductos de combustible	122
5.6.6 Balanza electrónica	122

CAPITULO 6

GUIA PRÁCTICA

6.1 Guía de practica de laboratorio	124
---	-----

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones	135
7.2. Recomendaciones	136
Bibliografía	137
Anexos	138
Anexo A: Formato de registro de datos “Método del tanque lleno”	139
Anexo B: Formato de registro de datos “Método varilla calibrada”	141
Anexo C: Articulo del proyecto	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Pérdidas de energía	7
Tabla 1.2 Rendimiento efectivo	9
Tabla 1.3 Conversión de unidades	16
Tabla 2.1 Datos obtenidos de un dinamómetro de chasis	33
Tabla 2.2 Resultado de los cálculos	35
Tabla 2.3 Resultados Corregidos	36
Tabla 2.4 Resultados presión media efectiva	37
Tabla 3.1 Datos técnicos de la bomba	53
Tabla 3.2 Capacidad de la balanza	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso de transformación de energía	5
Figura 1.2 Pérdida de la energía en el motor	6
Figura 1.3 Pérdidas de energía en los motores Otto y Diesel	8
Figura 1.4 Rendimiento volumétrico en función del número de revoluciones	10
Figura 1.5 Conducto de admisión de la culata	11
Figura 1.6 Par de giro	12
Figura 1.7 Fuerza y par motor.....	12
Figura 1.8 Presión media efectiva.....	13
Figura 1.9 El caballo de vapor como unidad de potencia	16
Figura 1.10 Potencia y par en un motor Diesel	19
Figura 1.11 Curva de consumo específico de combustible	20
Figura 1.12 Curva de consumo en función de la velocidad	21
Figura 2.1 Curvas características del motor	22
Figura 2.2 Comparación entre curvas de par	24
Figura 2.3 Comparación entre curvas de potencia	26
Figura 2.4 Curva de consumo específico y par motor.....	28
Figura 2.5 Dinamómetro de chasis hidráulico	31
Figura 2.6 Curvas de par, potencia, consumo específico y presión media efectiva, obtenidas a partir de los valores corregidos	37

Figura 3.1 Esquema básico de un sistema de alimentación	40
Figura 3.2 Consumo de combustible	41
Figura 3.3 Diagrama del sistema	47
Figura 3.4 Diseño del sistema de alimentación	47
Figura 3.5 Simulación 1 del sistema de alimentación	48
Figura 3.6 Simulación 2 del sistema de alimentación	49
Figura 3.7 Bomba eléctrica de combustible	50
Figura 3.8 Partes de la bomba eléctrica	51
Figura 3.9 Conexión de la bomba eléctrica de combustible	52
Figura 3.10 Balanza electrónica con interface	54
Figura 3.11 Dimensiones de la balanza electrónica	56
Figura 3.12 Configuración del tanque de combustible	56
Figura 3.13 Recipiente de combustible	57
Figura 3.14 Orificio para el retorno combustible	58
Figura 3.15 Conexión de mangueras y depósito de combustible	59
Figura 3.16 Filtro de combustible	60
Figura 3.17 Configuración del filtro de combustible	61
Figura 3.18 Válvula reguladora de caudal	63
Figura 3.19 Esquema y símbolo de la válvula reguladora de caudal	63
Figura 3.20 Válvula estranguladora	64
Figura 3.21 Esquema y símbolo de la válvula estranguladora	64

Figura 3.22 Manómetro	65
Figura 3.23 Acoples	66
Figura 3.24 Acoples rápidos	67
Figura 3.25 Mangueras	67
Figura 4.1 Esquema grafico del software	68
Figura 4.2 Adquisición de datos	69
Figura 4.3 Tarjeta de adquisición de datos	70
Figura 4.4 Comunicación serial entre dispositivos	70
Figura 4.5 Esquema Comunicación serial	71
Figura 4.6 Códigos ASCII	73
Figura 4.7 Icono LABVIEW	74
Figura 4.8 Panel frontal de un VI	75
Figura 4.9 Diagrama de bloques de un VI	76
Figura 4.10 Icono conector	76
Figura 4.11 Icono SubVI	76
Figura 4.12 Ventana GettingStarted	77
Figura 4.13 Iniciando un proyecto en LABIEW	77
Figura 4.14 Librerías de LABIEW	78
Figura 4.15 Explorador de LABIEW	78
Figura 4.16 Panel Frontal	79
Figura 4.17 Paleta de Controles	79

Figura 4.18 Diagrama de Bloques	80
Figura 4.19 Funciones de un VI's	80
Figura 4.20 Paleta de Funciones	81
Figura 4.21 Análisis de Datos	82
Figura 4.22 Maquina de estados	83
Figura 4.23 Diagrama de Flujo Del Software	84
Figura 4.24 Selección de puertos	85
Figura 4.25 Condiciones iniciales del Software	86
Figura 4.26 Laso Principal Del Software	87
Figura 4.27 Adquisición de datos del Software	88
Figura 4.28 Subrutina de Cronometro	89
Figura 4.29 Configuración	89
Figura 4.30 Inicio de programa	90
Figura 4.31 Estructura Ciclo	91
Figura 4.32 Lectura de datos	92
Figura 4.33 Análisis de datos	92
Figura 4.34 Estructura mostrar	93
Figura 4.35 Estructura cálculos	94
Figura 4.36 Pantalla de Presentación del Software	95
Figura 4.37 Pantalla de Ingreso de datos	96
Figura 4.38 Pantalla de Obtención de datos	96

Figura 4.39 Pantalla de Presentación de datos	97
Figura 4.40 Pantalla de Presentación de Graficas	97
Figura 4.41 Diagrama de flujo de la tarjeta	98
Figura 4.42 Sensor y señal inductivo Ckp	99
Figura 4.43 Posición del sensor Ckp	100
Figura 4.44 Planos del circuito de adquisición de datos	102
Figura 4.45 Programación de la tarjeta de adquisición de datos	102
Figura 4.46 Bascom AVR	104
Figura 5.1 Medidor de Consumo Específico de Combustible	105
Figura 5.2 a) Carburadores, b) Inyección Electrónica de Gasolina, c) Bomba Diesel.....	106
Figura 5.3 Selección de puertos	112
Figura 5.4 Selección de archivo del Dinamómetro.....	112
Figura 5.5 Ingreso de datos del vehículo	113
Figura 5.6 Medición de consumo	114
Figura 5.7 Tabla de datos obtenidos y calculados	115
Figura 5.8 Visualización de graficas	115
Figura 5.9 Precaución Líquido Inflamable	116
Figura 5.10 Protección de la Vista	119
Figura 5.11 Protección de la Piel	119
Figura 5.12 Protección respiratoria	120

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1.1 Ecuación de rendimiento de un motor	6
Ec. 1.2 Ecuación de rendimiento térmico	7
Ec. 1.3 Ecuación de rendimiento mecánico	9
Ec. 1.4 Ecuación de rendimiento volumétrico	10
Ec. 1.5 Ecuación de par motor	12
Ec. 1.6 Ecuación de potencia mecánica	14
Ec. 1.7 Ecuación de trabajo	14
Ec. 1.8 Ecuación de velocidad lineal	14
Ec. 1.9 Ecuación de potencia	14
Ec. 1.10 Ecuación de potencia de un motor	14
Ec. 1.11 Ecuación de velocidad lineal en m/s	15
Ec. 1.12 Ecuación de potencia de un motor (kW)	15
Ec. 1.13 Ecuación de potencia de un motor (CV)	15
Ec. 2.1 Ecuación de consumo específico de combustible	34
Ec. 2.2 Ecuación del factor de corrección	35
Ec. 2.3 Ecuación de la presión media efectiva	36
Ec. 2.4 Ecuación de la elasticidad de par	38
Ec. 2.5 Ecuación de la elasticidad de régimen	38
Ec. 2.6 Ecuación del coeficiente de elasticidad	38

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objeto, obtener los datos necesarios para graficar la curva de consumo específico de combustible de cualquier vehículo que funcione con un motor de combustión interna. Para lo cual se ha construido un sistema de alimentación portátil externo capaz de suministrar combustible al vehículo en todas sus etapas de funcionamiento ya sea a ralentí o plena carga, capaz también de medir en peso la cantidad de combustible consumido durante un periodo de tiempo.

Para la visualización de la grafica se ha diseñado un software amigable con el usuario capaz de recibir y procesar los datos obtenidos en la práctica.

Al proyecto lo dividiremos en etapas para su desarrollo, desde la parte inicial refiriéndose a un análisis teórico de las curvas características de los motores de combustión interna, seguido de un estudio de los sistemas de alimentación de combustible y del diseño e implementación de un software para la obtención de datos con la ayuda de un paquete informático, y por ultimo realizando la prueba en el dinamómetro.

Este trabajo cuenta con seis capítulos desde la fase de un marco teórico hasta llegar a tener las conclusiones, cuyos capítulos se detallan a continuación:

Capítulo 1, contiene el marco teórico haciendo referencia a la introducción de las principales características de los motores de combustión interna, como son el par motor, la potencia y el consumo específico de combustible que tenemos que considerar para el estudio.

Capítulo 2, corresponde al estudio de las curvas características de los motores de combustión interna, la interpretación de cada una de ellas y el proceso de obtención de dichas curvas.

Capítulo 3, se selecciona el método mas ideal para la medición del combustible, se realiza un análisis de requerimientos del sistema a utilizar, se describe todos y cada uno de los elementos que conforman el sistema de alimentación portátil.

El diseño computacional del software está presente en el capítulo 4; siendo uno de los más importantes del proyecto ya que aquí se obtienen, se procesan y se visualizan los datos en forma grafica del consumo específico de combustible, también en este capitulo tenemos el diseño y construcción de la tarjeta de adquisición de datos con la ayuda de paquetes informáticos.

Capítulo 5, tenemos la forma correcta de utilización del equipo y del software así como la identificación de peligros durante la practica, efectos potenciales para la salud, medidas de primeros auxilios, controles de exposición y protección personal. También cuenta con el mantenimiento adecuado del equipo

Y por último el capítulo 6 con las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de realizar todo el proyecto.

ABSTRACT

This project aims to obtain the data necessary to plot the curve of specific fuel consumption of any vehicle that runs with an internal combustion engine. To which has been constructed external portable power system capable of supplying fuel to the vehicle at all stages of operation either idling speed or full load, that also measures the amount in weight of fuel consumed over a period of time.

To display the graph has designed a user-friendly software capable of receiving and processing the data obtained in practice.

Will divide the project in its development stages, from the initial reference to a theoretical analysis of the characteristics of internal combustion engines, followed by a study of fuel supply systems and the design and implementation of a software data collection with the help of a software package, and finally perform the test on the dynamometer.

This work has six chapters from a theoretical phase until we have the conclusions, whose chapters are as follows:

Chapter 1, containing the theoretical reference to the introduction of the main characteristics of internal combustion engines, such as torque, power and specific fuel consumption that have to be considered for the study.

Chapter 2 is a study of characteristic curves of the internal combustion engine, the interpretation of each of them and the process for obtaining such curves.

Chapter 3, selecting the most ideal method for measuring fuel, an analysis of system requirements to use, describe each and every one of the elements that make the system portable power.

The computational design software is present in Chapter 4, being one of the most important project because here are obtained, processed and

displayed the data graphically specific fuel consumption, in this chapter we design and construction of the data acquisition board with the aid of computer packages.

Chapter 5, we use the correct equipment and software as well as the identification of hazards during practice, potential health effects, first aid measures, exposure controls and personal protection. It also has the proper maintenance of equipment.

Finally chapter 6 with conclusions and recommendations obtained after performing the entire project.

CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

1.1 INTRODUCCIÓN

La efectividad en el proceso de transformación de calor en trabajo, así como las pérdidas térmicas y mecánicas propias del funcionamiento de un motor, determinan su capacidad de rendimiento.

Las características más importantes que definen las cualidades de un motor son **el par motor, la potencia y el consumo específico de combustible**. Estos datos nos dan una idea del tipo de motor y de sus prestaciones sobre el vehículo. El fabricante suministra estos datos obtenidos mediante ensayos en el banco de potencia o dinamómetro.

1.2 RENDIMIENTO DEL MOTOR¹

El motor de combustión interna es una maquina que transforma energía mediante el siguiente proceso.



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 1.1 Proceso de transformación de energía

La energía contenida en el combustible, de origen químico, se transforma en calor mediante la combustión. De este modo, el consiguiente aumento de presión provoca el desplazamiento del pistón, obteniéndose así energía mecánica.

¹ Motores - CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 66

En este proceso no toda la energía del combustible es transformada en trabajo útil. Una buena parte se pierde, por lo que la energía aprovechable que se obtiene es menor a la inicial.

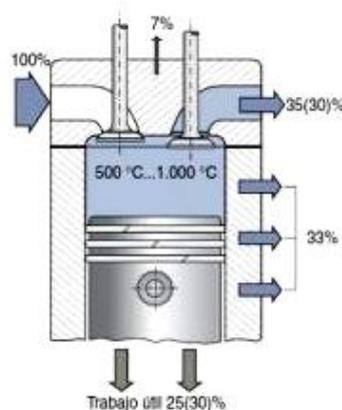
El balance resultante entre la cantidad de energía aportada y la obtenida en una maquina se denomina rendimiento (η) y se expresa como un porcentaje del trabajo que se aporta.

$$\eta = \frac{\text{energía obtenida}}{\text{energía aportada}} \cdot 100 (\%) \quad \text{Ec. 1.1}$$

El rendimiento de un motor, por tanto, será mayor cuanto menores sean las pérdidas durante la transformación.

Perdidas de energía

- **Pérdidas de calor.** Producidas por el sistema de refrigeración y la radiación de calor al exterior. Otra pérdida es la importante cantidad de calor que se evacua a través de los gases de escape (figura No. 2).
- **Pérdidas mecánicas.** Debido al rozamiento entre las piezas en movimiento, y por el accionamiento de dispositivos auxiliares, como la bomba de agua, bomba de aceite, etc.
- **Pérdidas químicas.** Motivadas por una combustión incompleta.



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 1.2 Pérdida de la energía en el motor

Tabla 1.1 Pérdidas de energía

Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

PÉRDIDAS DE CALOR DURANTE EL CICLO			
Compresión	Combustión	Expansión	Escape
1 - 3 %	6 - 8 %	30 - 45 %	50%

PÉRDIDAS MECÁNICAS POR ROZAMIENTO			
Conjunto	Movimiento	Velocidad	Presión
Pistón-cilindro	Alternativo	Alta	Moderada
Cigüeñal-biela y cigüeñal bancada	Rotativo	Alta	Alta
Árbol de levas-empujadores	Rotativo	Baja	Muy alta
Válvulas	Alternativo	Moderada	Baja

1.2.1 TIPOS DE RENDIMIENTO

En un motor se pueden obtener diferentes tipos de rendimiento, los que estudiaremos a continuación son los siguientes:

- Rendimiento térmico
- Rendimiento mecánico
- Rendimiento efectivo
- Rendimiento volumétrico

a. Rendimiento Térmico (η_c)

El rendimiento térmico será mayor cuanto más alta sea la temperatura alcanzada en la combustión y menores sean las pérdidas de calor. La cantidad de calor obtenida está en función de la masa de combustible consumida por unidad de tiempo (m_1) y del poder calorífico de este (Q).

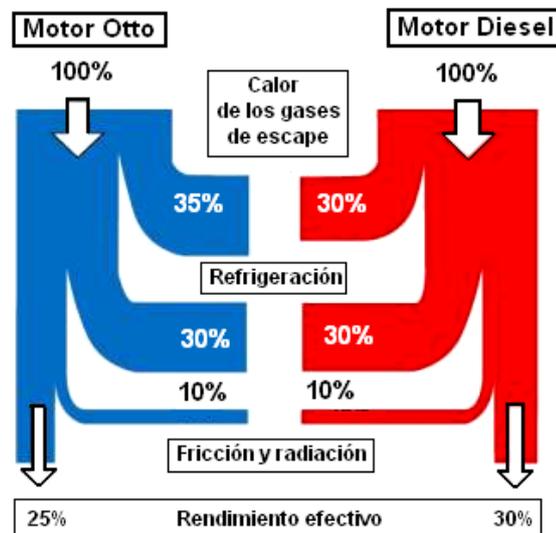
El rendimiento térmico (η_c) se puede definir como la relación entre la potencia efectiva (P) y la potencia térmica del combustible.

$$\eta_c = \frac{P}{m_1 \cdot Q} \quad \text{Ec. 1.2}$$

Las pérdidas de calor a través de los gases de escape suponen el 35% en los motores Otto, y el 30% en los Diesel.²

Por el sistema de refrigeración se evacua aproximadamente el 30% del calor en ambos tipos de motor. Del 100% de la energía calorífica que posee el combustible, los motores térmicos de combustión interna solamente son capaces de transformar entre el 35 y 50%.

- Rendimiento térmico en los motores Otto: de 35 a 40%.
- Rendimiento térmico de los motores Diesel: de 40 a 50%.



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 1.3 Pérdidas de energía en los motores Otto y Diesel

b. Rendimiento Mecánico (η_m)

Se puede expresar como la relación que existe entre la potencia efectiva (P), que se obtiene en el eje del motor, y la potencia indicada (P_I), que se obtiene en el diagrama de trabajo o diagrama indicado, el cual expresa

² Motores-CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 68

trabajo interno obtenido dentro del cilindro y en el que no intervienen las pérdidas mecánicas.

$$\eta_m = \frac{P}{P_I} \quad \text{Ec. 1.3}$$

Las pérdidas de carácter mecánico que se consideran para determinar el rendimiento mecánico son:

- La energía empleada en transmitir el movimiento del pistón hasta el eje de salida, principalmente en rozamientos entre los segmentos y el cilindro y en los cojinetes de fricción de biela y cigüeñal.
- La parte de energía que consumen los dispositivos auxiliares, como el sistema de distribución, las bombas de agua y aceite, etc., y el trabajo de bombeo o energía que se emplea en introducir y extraer los gases en los cilindros.

El conjunto de pérdidas mecánicas supone entre un 10 y un 15%

c. Rendimiento Efectivo (η_e)

El balance entre el total de pérdidas y el 100% de la energía contenida en el combustible consumido dan lugar al rendimiento efectivo del motor (figura No. 3).

Tabla 1.2 Rendimiento efectivo

Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

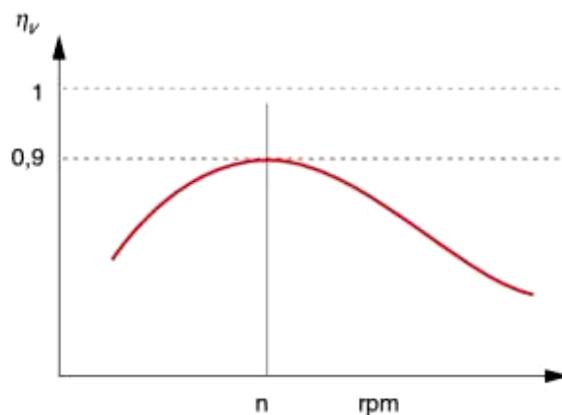
	OTTO	DIESEL
Pérdidas térmicas	60% - 65%	50% - 60%
Pérdidas mecánicas	10% - 15%	10% - 15%
Total pérdidas	70% - 75%	60% - 70%
Rendimiento efectivo	25% - 30%	30% - 40%

d. Rendimiento Volumétrico (η_v)

Se puede definir como el grado de eficacia con que se logra llenar el cilindro. Se expresa como la relación entre la masa de gas que es introducida en el cilindro (M_a) en un ciclo y la masa que teóricamente cabe en el volumen del cilindro (M_c).

$$\eta_v = \frac{M_a}{M_c} \quad \text{Ec. 1.4}$$

El grado de llenado de los cilindros influye directamente sobre el par y, por tanto, sobre la potencia desarrollada por el motor, ya que cuanto mejor sea el llenado, más energía se obtiene de la combustión.



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

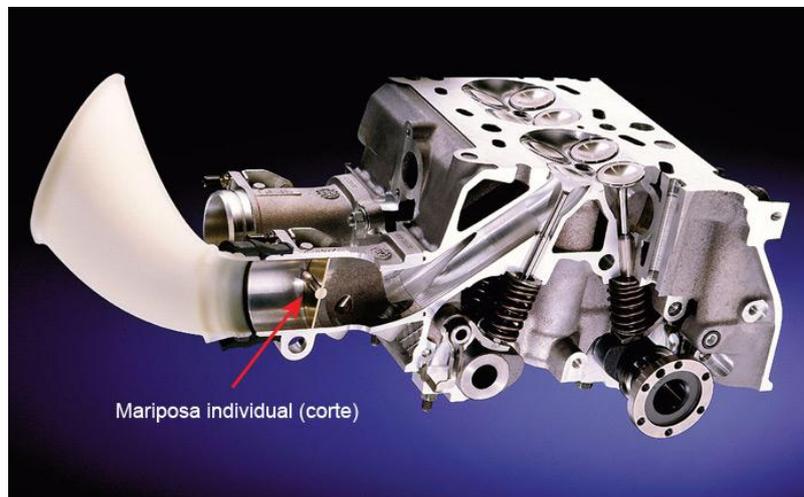
Figura 1.4 Rendimiento volumétrico en función de las rpm's

El rendimiento volumétrico es óptimo solo en un determinado régimen de revoluciones (figura No. 4). Para regímenes menores, la velocidad del gas es baja, y para los superiores, el tiempo disponible para la admisión disminuye a la vez que aumentan las pérdidas de carga debido al rozamiento de los gases.

La presión en el interior del cilindro al final de la carrera de admisión es siempre inferior a la presión atmosférica y está entre 0,8 y 0,9 bares. El

rendimiento volumétrico máximo está entre el 70% y el 90% y depende de muy diversos factores:

- Régimen de giro
- Las condiciones ambientales exteriores, que determinan la densidad del aire.
- El diagrama de distribución.
- La sección de las válvulas y los conductos de admisión.
- La eficacia de barrido de los gases quemados



Fuente: <http://www.km77.com/glosario/m/mariposa.asp>

Figura 1.5 Conducto de admisión en la culata

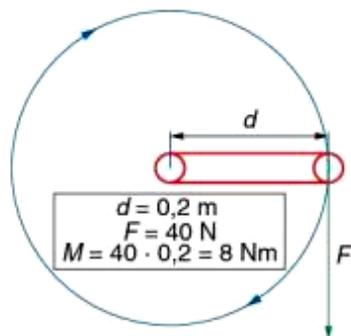
1.3 PAR MOTOR³

Se denomina par de giro o momento de giro al efecto de rotación que se obtiene cuando se aplica una fuerza sobre un brazo de palanca.

El valor del par es el producto de la fuerza aplicada por la distancia desde donde se aplica hasta el punto de giro (figura No. 6).

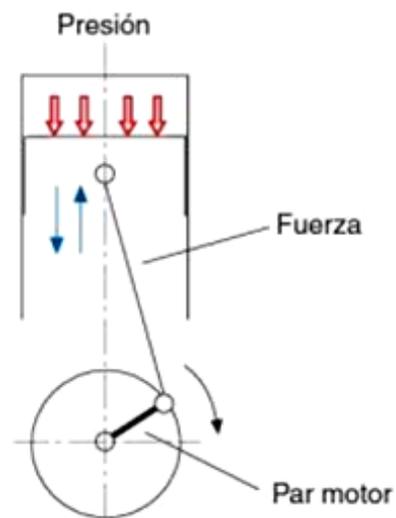
³ Motores-CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 70

Multiplicando la presión obtenida en la combustión por la superficie de la cabeza del pistón se obtiene la fuerza que recibe la biela (figura No. 7).



Fuente: Características de los motores S. Sanz

Figura 1.6 Par de giro



Fuente: Características de los motores S. Sanz

Figura 1.7 Fuerza y par motor

El **par motor** está en función de la fuerza (F) aplicada sobre la biela, y de la longitud del codo del cigüeñal (d), siendo esta igual a la mitad de la carrera. La fuerza que se aplica sobre el codo del cigüeñal es proporcional a la presión media efectiva que actúa sobre el pistón.

$$M = F \cdot d \quad \text{Ec. 1.5}$$

M = Par Motor

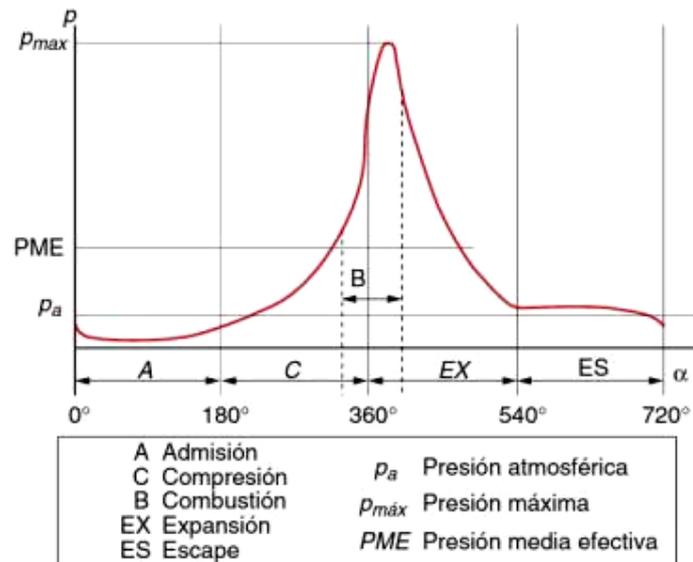
F = Fuerza

d = Distancia

La **presión media efectiva** resulta de hallar la media de la presión existente dentro del cilindro durante el tiempo de combustión y expansión, de forma que podamos suponer que sobre el pistón actúa una fuerza presión media uniforme durante la carrera de expansión (figura No. 8).

El valor de la presión media obtenida en la combustión depende fundamentalmente de dos factores:

- Grado de llenado de los cilindros (rendimiento volumétrico)
- Eficacia con que se desarrolla la combustión.



Fuente: Características de los motores, S. Sanz

Figura 1.8 Presión media efectiva

El valor del par se obtiene de manera práctica mediante ensayos en el freno dinamométrico, consiguiéndose el par máximo en una gama media de revoluciones, ya que con altos regímenes de giro, empeora el llenado y aumentan las fricciones, disminuyendo el par.

El régimen al que se consigue llenar mejor los cilindros, y por tanto el máximo par, depende de características constructivas como la longitud y el diámetro de los conductos de admisión, los tiempos de apertura y el cruce de válvulas, que vienen determinados por el diagrama de distribución.

Por consiguiente, el máximo par coincidirá con el máximo rendimiento volumétrico.

1.4 POTENCIA⁴

La potencia mecánica se define como la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo.

$$P = \frac{T}{t} \quad \text{Ec. 1.6}$$

Para calcular la potencia de un motor conviene expresarla en función de la velocidad: El trabajo es el producto de la fuerza por el espacio.

$$T = F \cdot e \quad \text{Ec. 1.7}$$

$$P = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot e}{t}$$

Y la velocidad es el resultado de dividir el espacio por el tiempo.

$$v = \frac{e}{t} \quad \text{Ec. 1.8}$$

Consecuentemente, la potencia se puede obtener en función de la fuerza y la velocidad lineal.

$$P = \frac{F \cdot e}{t} = F \cdot v$$

$$P = F \cdot v \quad \text{Ec. 1.9}$$

P = potencia

T = trabajo

t = tiempo

v = velocidad

e = espacio

F = fuerza

En un motor, la potencia es el resultado de multiplicar el par motor obtenido en el eje por la velocidad de rotación.

$$P = M \cdot \omega \quad \text{Ec. 1.10}$$

⁴ Motores - CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 71

El par motor se obtiene multiplicando la fuerza por la distancia: Ecu. 05

$$M = F \cdot d$$

La distancia (d) equivale a la medida del codo del cigüeñal y se denomina (r), ($d = r$). Luego:

$$F = \frac{M}{r}$$

La velocidad lineal expresada en m/s se obtiene con la ecuación:

$$v = \frac{\pi \cdot 2 \cdot r \cdot n}{60} \quad \text{Ec. 1.11}$$

Obtendremos la potencia en vatios si expresamos el par en newton metro (Nm):

$$P = F \cdot v = \frac{M \cdot \pi \cdot 2 \cdot r \cdot n}{r \cdot 60} = \frac{M \cdot 3,14 \cdot n}{30} = \frac{M \cdot n}{9,55} \text{ (W)}$$
$$P = \frac{M \cdot n}{9.550} \text{ (kW)} \quad \text{Ec. 1.12}$$

P = potencia en kW (kilovatios)

M = par en Nm (newton metro)

n = rpm (revoluciones por minuto)

r = radio o longitud del codo del cigüeñal = $\frac{1}{2}$ de la carrera

También se usa como unidad de potencia el caballo de vapor (CV) que pertenece al Sistema Técnico (figura No. 9). En este caso se usara como unidad de medida de par el kilogramo por metro ($Kg \cdot m$)

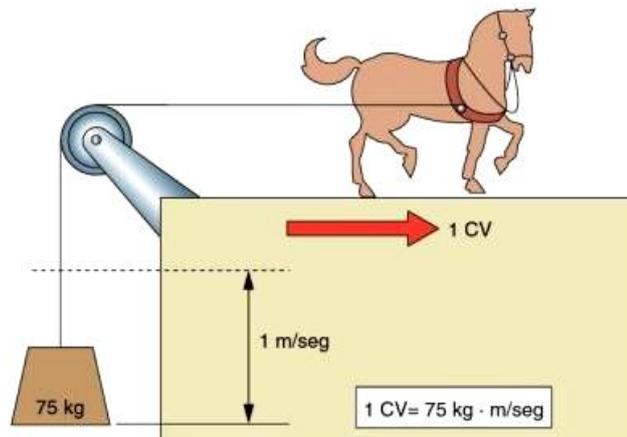
$$1 CV = 75 kg \cdot m/s$$

$$P = \frac{M \cdot 3,14 \cdot n}{30 \cdot 7,5} = \frac{M \cdot n}{716}$$

$$P = \frac{M \cdot n}{716} \text{ (CV)} \quad \text{Ec. 1.13}$$

P = potencia en CV (caballos de vapor)

M = par en $kg \cdot m$ (kilogramos metro)



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 1.9 El caballo de vapor como unidad de potencia

Unidades de medida

Generalmente las medidas se expresan en unidades de Sistema Internacional (Si). Se utiliza también unidades del Sistema Técnico para indicar la potencia y el par motor. Actualmente es habitual encontrar estos datos expresados en ambos sistemas.

Tabla 1.3 Conversión de unidades

Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

UNIDADES DE TRABAJO, POTENCIA Y PAR MOTOR		
	Sistema Internacional (SI)	Sistema Técnico (ST)
Trabajo	Unidad: Julio (J) $1J = 1N \cdot 1m$	Unidad: kilogramos (kgm)
Par	Unidad: Newton metro (Nm) $1 daNm$ (decanewton-metro) = 9,8 Nm	Unidad: metro kilogramo (mkg)
Potencia	Unidad: Vatio (W) $1W = 1 J / 1s$ $1KW = 1000 W$	Unidad: caballo vapor (CV o Hp) $1 CV = 75 Kgm/s$

Equivalencias: $1 CV = 0,736 kW$
 $1 kW = 1,36 CV$

$1 mkg = 9,8 Nm$
 $1 daNm = 0,98 mkg$

1.4.1 TIPOS DE POTENCIA

Potencia al freno o potencia efectiva

Se calcula a partir del par motor obtenido en el freno dinamométrico y es la que ofrece el fabricante en los datos técnicos del motor junto al número de revoluciones al que se obtiene.

Potencia específica

Relaciona la potencia efectiva máxima obtenida en el motor con su cilindrada (kW/L) o con su peso (kW/kg)⁵.

$$\text{Potencia por litro} = \frac{P}{V} \qquad \text{Potencia por kilogramo} = \frac{P}{m}$$

$$V = \text{Cilindrada en litros} \qquad m = \text{Peso del motor en kilogramos}$$

Los motores Otto tienen una potencia específica más alta que los Diesel, debido al mayor número de revoluciones, aunque los Diesel rápidos sobrealimentados están igualando a los motores Otto en este sentido.

Motores Otto	40 a 65 kW/L	0,6 a 1,0 kW/kg
Diesel rápidos sobrealimentados	20 a 45 kW/L	0,4 a 0,6 kW/kg
Diesel lentos	12 a 20 kW/L	0,2 a 0,4 kW/kg

1.4.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA POTENCIA DE UN MOTOR

- **Cilindrada.** A medida que aumenta el volumen también lo hace la cantidad de combustible quemado en cada ciclo, siendo mayor la cantidad de calor que se transforma en trabajo mecánico.

⁵ <http://www.km77.com/glosario/p/potencia.asp>

- **Llenado de los cilindros.** Si se consigue que los cilindros admitan más cantidad de gas, la presión interna aumenta y también el par motor, consiguiendo mayor potencia. La carga de los cilindros se mejora con dispositivos de admisión variable y distribución variable, en otros casos se recurre a la sobrealimentación.
- **Relación de compresión.** A medida que aumenta, el rendimiento térmico mejora y por consiguiente también lo hace la potencia obtenida.
- **Régimen de giro.** La potencia crece progresivamente con la velocidad, es decir, con el número de ciclos que se realizan por minuto. Por tanto, el régimen es un dato inseparable de la potencia.

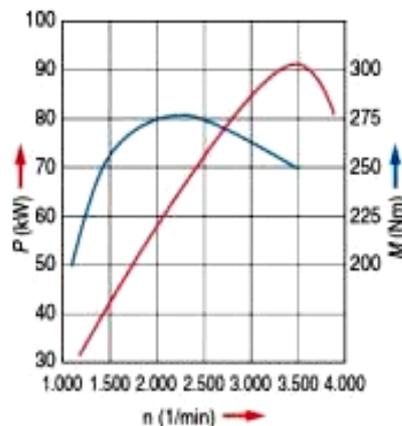
1.4.3 POTENCIA Y RÉGIMEN DE GIRO

La potencia de un motor puede mejorarse utilizando diferentes procedimientos: Aumentar la cilindrada, mejorar el rendimiento volumétrico o aumentar el número de revoluciones.

En los **motores Otto** el combustible se inyecta en la admisión, de manera que en el momento del encendido se encuentre bien mezclado con el aire y la combustión es rápida. Las presiones que soporta son relativamente bajas y sus componentes son ligeros, lo que permite alcanzar elevadas revoluciones (5.500 a 7.000 rpm, y hasta 12.000 en motores para motocicletas). Los límites vienen impuestos por las inercias de los órganos en movimiento, las vibraciones, el rozamiento y en general la resistencia de los materiales.

En los **motores Diesel** se requiere tiempo para formar la mezcla de aire y combustible dentro del cilindro y realizar la combustión ya que el combustible se inyecta al final de la compresión. Las presiones que se

alcanzan son elevadas y los componentes son más pesados. Todo ello limita el régimen de giro en estos motores, por lo que habitualmente se recurren al aumento de la cilindrada y a la sobrealimentación para incrementar la potencia.⁶



Fuente: Motores - Características de los motores S. Sanz

Figura 1.10 Potencia y par en un motor Diesel

Los **Diesel lentos** son motores de grandes cilindradas que giran a pocas revoluciones (entre 1.000 y 2.000 rpm), tienen un buen rendimiento y un bajo consumo. Se emplea en transporte pesado y en maquinaria industrial.

Los **Diesel rápidos**, empleados en turismos, trabajan con menores presiones y sus componentes son más ligeros con el fin de alcanzar mayor número de revoluciones (entre 4.000 y 5.500 rpm). Se consigue aumentar la potencia manteniendo un peso razonable para un turismo.

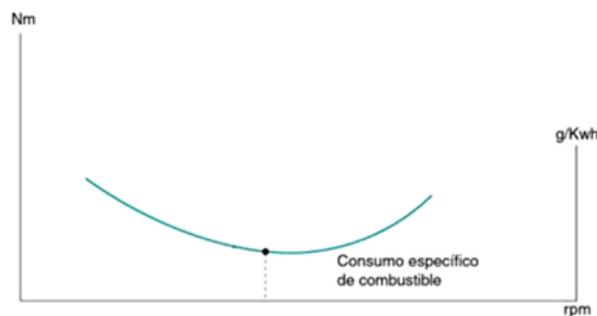
Los modernos motores Diesel rápidos de inyección directa usan turbocompresores e inyectan el combustible a elevadas presiones, por lo que se obtiene rendimientos similares e incluso superiores motores Otto.

⁶ Motores - CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág.73-74

1.5 CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE⁷

El consumo específico es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor.

También se define como la relación que existe entre la masa de combustible consumida y la potencia entregada. Se obtiene mediante pruebas en el banco y se expresa en C_s , y se mide en $g/kW \cdot h$ (gramos por kilovatio hora) y en $g/CV \cdot h$ (gramos por caballo vapor hora).



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 1.11 Curva de consumo específico de combustible

El consumo de combustible depende de muchos factores, pero principalmente del rendimiento térmico, de la combustión y del rendimiento volumétrico:

- **Rendimiento térmico.** Aumenta con la relación de compresión, ya que se consiguen mayores temperaturas y, por tanto, mayores presiones. Por este motivo los Diesel consumen menos.
- **Rendimiento volumétrico.** Empeora a medida que aumenta el régimen, por lo que el consumo también se incrementa. El mínimo consumo se obtiene normalmente en el régimen de par máximo, ya que en este punto coinciden el máximo rendimiento volumétrico y la máxima presión media efectiva, y, consecuentemente, mínimo consumo.

⁷ MANUAL CEAC DE AUTOMÓVIL; Grupo Editorial Ceac S.A.; 2002; Barcelona España; pág. 56-57

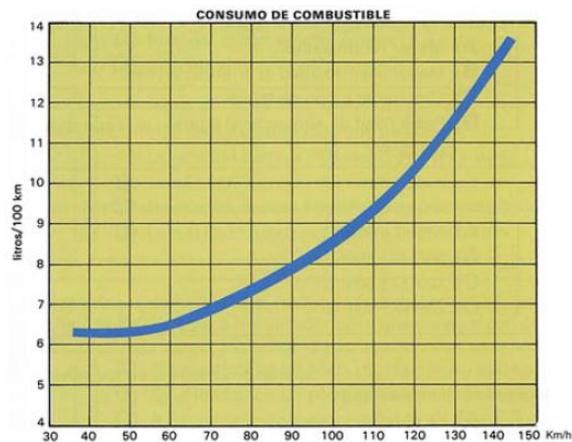
Los valores medios de consumo específico son:

Motores Otto: 280 a 320 $g/kW \cdot h$

Motores Diesel: 180 a 280 $g/kW \cdot h$

1.6 CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UN AUTOMÓVIL⁸

El consumo de combustible de un automóvil aumenta con la velocidad del mismo, ya que la resistencia aerodinámica que tiene que vencer se incrementa con el cuadrado de la velocidad.



Fuente: <http://eficiencia-e.blogspot.com/2010/07/eco-conduccion-ii-claves-para-una.html>

Figura 1.12 Curva de consumo en función de la velocidad

El diagrama muestra la variación de consumo de combustible en función de la velocidad del vehículo, con la relación del cambio más larga y a velocidades distintas.

El trazado de la curva de este diagrama de consumo de combustible está determinado también por el hecho de que el consumo específico no es constante en todos los regímenes de rotación del cigüeñal y que, a bajas velocidades y con cargas parciales, el motor funciona con un rendimiento menor.

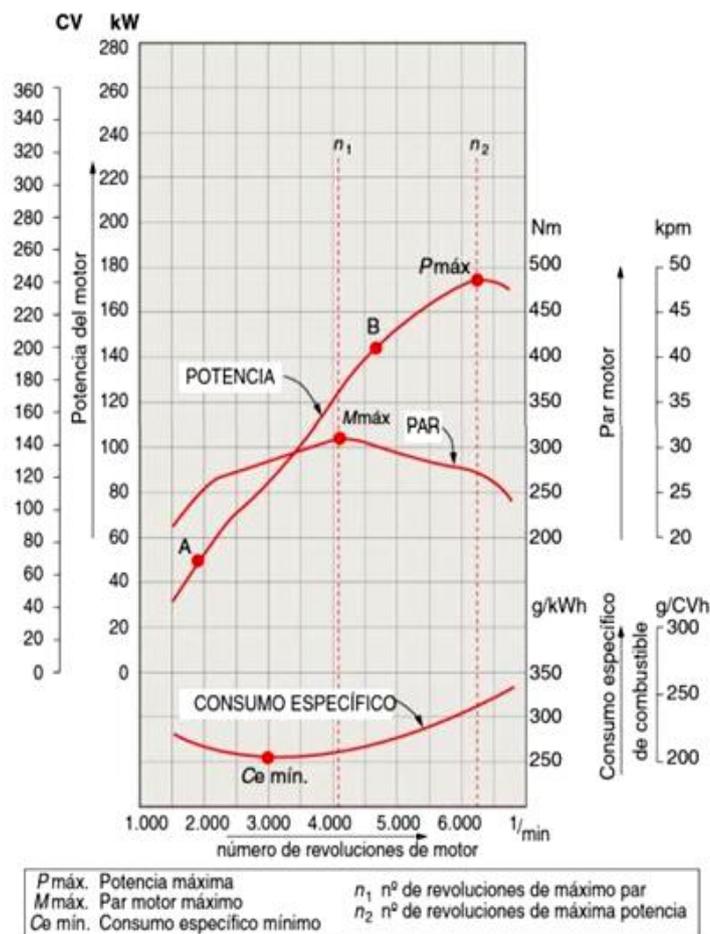
⁸<http://www.salesianosburgos.com/DEPARTAMENTOS/Autos/apuntes/Apuntes%20de%20Motores/02Relacion%20compresion%20Cilindrada.pdf>

CAPITULO 2

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA, OBTENCION E INTERPRETACIÓN

2.1 CURVAS CARACTERÍSTICAS

Las curvas características del motor de combustión interna se grafican a partir de datos obtenidos mediante pruebas en el freno dinamométrico. Representan los valores que toman la potencia, el par motor y el consumo específico de combustible a medida que varía el número de revoluciones (Figura No.13).



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 2.1 Curvas características del motor

Los puntos más característicos de estas curvas son el régimen de máximo par (n_1) y el régimen de máxima potencia (n_2). En este tramo de revoluciones se obtiene el máximo rendimiento del motor y un óptimo consumo de combustible.

Aunque estos puntos varían dependiendo del tipo y naturaleza del motor, en reglas generales en los motores de combustión interna se comportan como se indica en la figura No.13. En el eje horizontal se representa el crecimiento del régimen de rotación del motor, mientras que en el eje vertical, el crecimiento de la potencia, par motor o torque y el consumo específico de combustible.

2.1.1 CURVA DE PAR MOTOR

Representa la evolución del par en función del régimen del motor. Normalmente se expresa en Nm y a veces en mkg .⁹

La curva asciende a medida que aumenta el número de revoluciones hasta el par máximo (M_{max}) (figura No.13), este punto representa el máximo rendimiento volumétrico, es decir, el llenado óptimo de los cilindros y, por tanto, la presión media máxima. Al aumentar el régimen, el llenado de los cilindros empeora y el par descende, a pesar de que la potencia sigue aumentando. El régimen de máximo par depende de las características de los conductos de admisión y del diagrama de distribución.

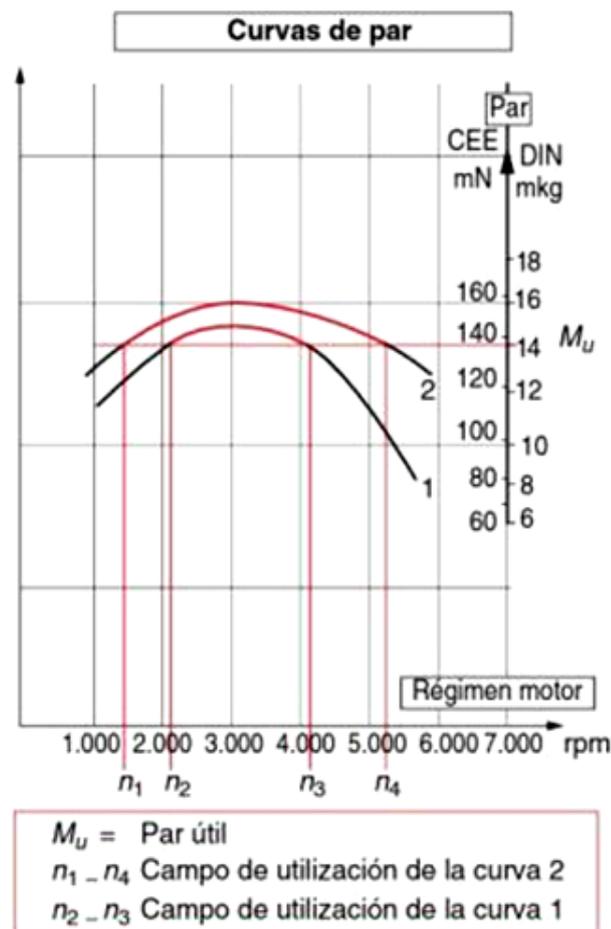
a. Interpretación de la curva de par motor

La curva 1 (figura No.14) es representativa de un motor poco elástico: el par sube hasta alcanzar su máximo valor, pero se mantiene dentro de la

⁹ Motores - CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 77

zona útil durante un tramo muy corto de revoluciones, lo que indica que habrá que usar el cambio de marchas con frecuencia.

La curva 2 (Figura No.14) pertenece a un motor más elástico, en el cual se alcanza un valor de par útil a bajas revoluciones y se mantiene durante un largo tramo. Esto implica buenas recuperaciones desde bajo régimen y una subida rápida de revoluciones en cualquier situación, aumentando así la potencia.



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 2.2 Comparación entre curvas de par

En la (figura No.14), M_u representa el par útil, por la parte inferior de esta línea el valor del par es demasiado bajo.

Puede apreciarse que la curva 1 tiene un campo de utilización muy pequeño, entre n_2 y n_3 . Sin embargo, la curva 2 tiene un amplio campo de utilización, entre n_1 y n_4 . El motor Diesel desarrolla una curva de par parecida a la curva número 2, y el motor Otto se asemeja más a la curva número 1.

Entre el régimen de revoluciones que corresponde al par máximo (n_1 , figura No.13) y el correspondiente a la máxima potencia (n_2) se encuentra el campo de elasticidad. Cuanto más grande sea esta distancia, mas elástico será el motor.

2.1.2 CURVA DE POTENCIA

Esta curva muestra los valores que va tomando la potencia en función del número de revoluciones. Se expresa en kW o en CV .¹⁰

La potencia es el resultado de multiplicar el par motor por la velocidad de rotación, si ambos factores aumentan la potencia crece rápidamente (A-B figura No.13).

A partir del punto B la pendiente es menos pronunciada, ya que el par motor desciende, a pesar de ello la potencia sigue creciendo debido a que al aumentar el régimen se obtiene mayor número de ciclos por minuto. Una vez alcanzada la potencia máxima (P_{max}) comienza a caer puesto que con altos regímenes el llenado de los cilindros es muy deficiente y las pérdidas mecánicas superan a la potencia producida. El aumento de revoluciones a partir de este punto puede producir la rotura de las piezas.

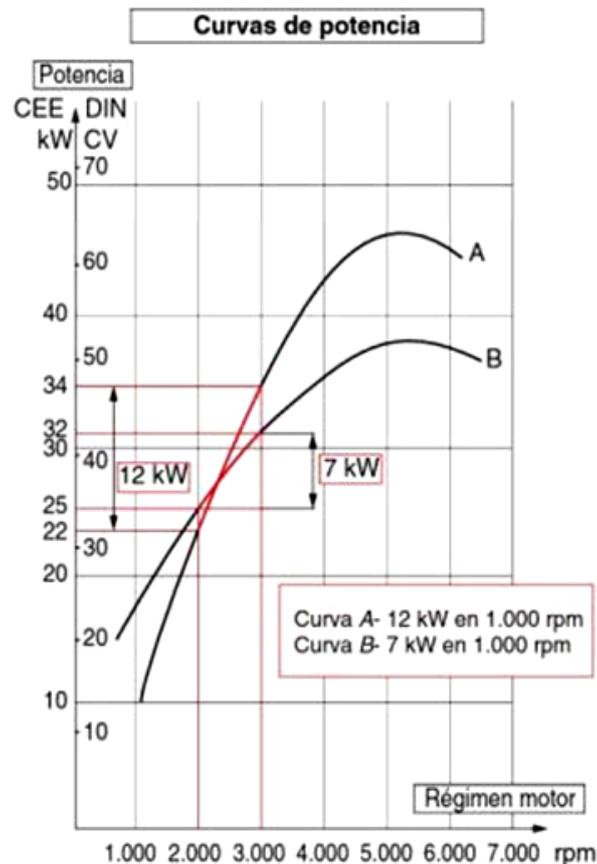
El régimen máximo de un motor indica el límite al que se puede mantener funcionando sin riesgos de deterioros.

¹⁰ <http://mepuedeservir.es/wp2/wp-content/uploads/2012/03/2.-CURVAS-CARACTERISTICAS-DE-MOTORES-Y-VEHICULOS-Recomprimidos..pdf>

a. Interpretación de la curva de potencia

Si la curva presenta **una pendiente muy pronunciada** (A-figuraNo.15) significa que para un pequeño aumento de revoluciones se produce un incremento importante de la potencia. Siempre que nos encontremos en un tramo de curva cercano a la máxima potencia, el motor subirá de revoluciones con facilidad. Pero si dejamos caer el régimen, le será muy difícil recuperarse desde bajas vueltas, precisamente por el incremento tan importante de potencia que tiene que superar. Habría que recurrir a la caja de cambios introduciendo una marcha menor.

Con este tipo de curva aguda se consigue una alta potencia específica (kW/L) pero el motor poca elasticidad.



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 2.3 Comparación entre curvas de potencia

Cuando se trata de una curva con una **pendiente poco pronunciada** (B-figura No.15) para conseguir un pequeño aumento de revoluciones debe generarse un aumento moderado de la potencia. Por tanto, le será fácil recuperarse desde bajas revoluciones, ya que el esfuerzo que tiene que compensar será menor que en el caso anterior.

Este tipo de curva mas plana es característica de motores elásticos, aunque las cifras de potencia máxima son menores. Para incrementar la potencia se recurre al aumento de cilindrada.

En la figura No.15 se observa que para un aumento de régimen de 1.000 rpm, la curva A incrementa 12 kW y la curva B solamente 7 kW, lo que confirma las razones antes expuestas.

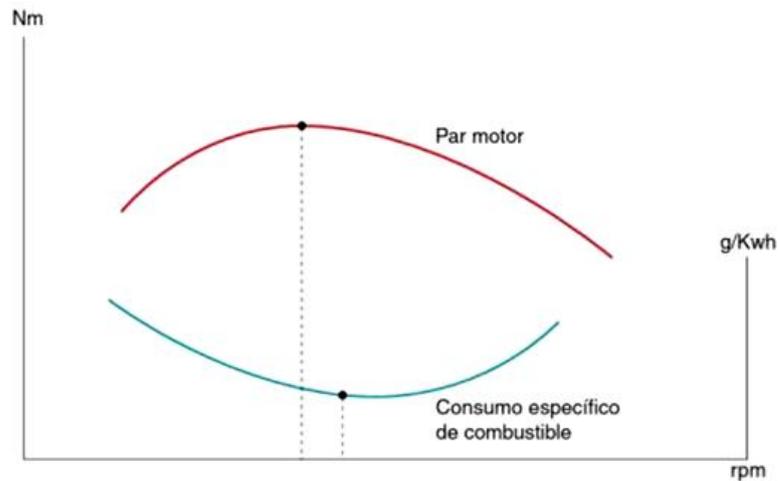
Las curvas A y B son representativas de dos tipos de motores muy diferentes. En la práctica se busca una solución intermedia con el fin de conseguir suficiente potencia específica, junto a una buena elasticidad que garantice una utilización cómoda.

2.1.3 CURVA DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

Representa el consumo de combustible respecto al número de revoluciones (figura No.16). Se mide en $g/kW \cdot h$, es decir, la masa de combustible consumida en relación con la potencia entregada en la unidad de tiempo.¹¹

Esta curva guarda cierta simetría con la del par debido a que los valores máximos del rendimiento volumétrico coinciden con los mínimos del consumo.

¹¹ Motores - CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 78



Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

Figura 2.4 Curva de consumo específico y par motor

El consumo específico de combustible en los motores de cuatro tiempos es mínimo en la zona media de revoluciones. Para regímenes inferiores o superiores el consumo es más elevado (figura No.16).

El número de revoluciones correspondiente al par máximo es el punto de referencia a la hora de circular con un vehículo, ya que si se mantiene el régimen en las proximidades de este punto se consigue el mejor rendimiento con el mínimo consumo.

a. Interpretación de la curva de consumo específico de combustible

La curva de consumo específico es la que completa el conjunto de las curvas características de un motor, estando también en relación con las r.p.m.

Los valores en altura de la curva se trasladan al eje vertical del diagrama para obtener los consumos; los valores del eje horizontal corresponden al régimen del motor medidos en r.p.m.

Teóricamente, el consumo específico debería ser igual en cualquier número de revoluciones, siendo independiente de la cilindrada del motor. Si un motor gira más deprisa consume más combustible, pero también proporciona mayor cantidad de trabajo, igualmente si un motor tiene mayor cilindrada gasta más, pero también es más potente.

En la práctica esto no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor. En la figura No.16, se representa una curva de consumo genérica para un motor de gasolina.

A un bajo número de revoluciones, debido a la poca depresión que se origina en la admisión, el llenado del cilindro es menor y los restos de gases de escape mayores. En este ambiente, es necesario enriquecer la mezcla para aprovechar el aire, y como el trabajo producido es pequeño, el consumo específico es alto.

A velocidades de giro medias (velocidad de cruce del automóvil), la riqueza de la mezcla se puede reducir por debajo de la relación estequiometría o teórica, ya que el motor trabaja en buenas condiciones con esfuerzos moderados. El consumo específico disminuye.

A altas revoluciones, las explosiones se suceden con mucha rapidez, y pese a la refrigeración del motor, la temperatura en la cámara de explosión se eleva en exceso, pudiendo afectar a las piezas que trabajan en peores condiciones de refrigeración, como la bujía, la válvula de escape y zonas cercanas a ellas. Una mezcla rica arde con menor temperatura, protegiendo las piezas citadas y además preserva de la detonación. Si a estas circunstancias se añade que la relación aire-gasolina de máxima potencia es un poco superior a la teórica, no es de extrañar que se aumente la proporción de gasolina y el consumo específico se eleve en esta zona de la curva. Esta es una de las causas de que los coches, a grandes velocidades, tengan consumos mayores.

2.2 OBTENCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

Solamente es posible obtener las prestaciones reales de un motor mediante pruebas en el banco de potencia o freno dinamométrico.

Los parámetros fundamentales que deben medirse en el banco son:

- **Par motor.**
- **Potencia.**
- **Consumo específico de combustible.**

Estos datos se toman para cada régimen de giro, manteniendo la mariposa de gases en su máxima apertura, por lo que se denomina prueba a plena carga. De esta forma se obtienen los datos necesarios para dibujar las curvas características del motor.

- **El par motor.-** se mide oponiendo una fuerza de frenado proporcional a la que suministra el eje del motor, así ambas fuerzas quedan equilibradas para un determinado régimen de giro.
- **La potencia.-** se calcula a partir del par motor y del régimen de giro.
- **El consumo específico.-** se obtiene midiendo el tiempo que tardan en consumirse 100 cm^3 de combustible.

Otros datos

Otros datos que también se tiene en cuenta son los relativos a la temperatura del agua, aceite y gases de escape del motor, con el fin de asegurarse de que las mediciones se realizan bajo unas condiciones de funcionamiento adecuado.

Las condiciones ambientales de la sala donde se realiza la prueba son especialmente importantes, ya que influyen en el rendimiento volumétrico y, por tanto, en la potencia desarrollada por el motor. Estos datos son:

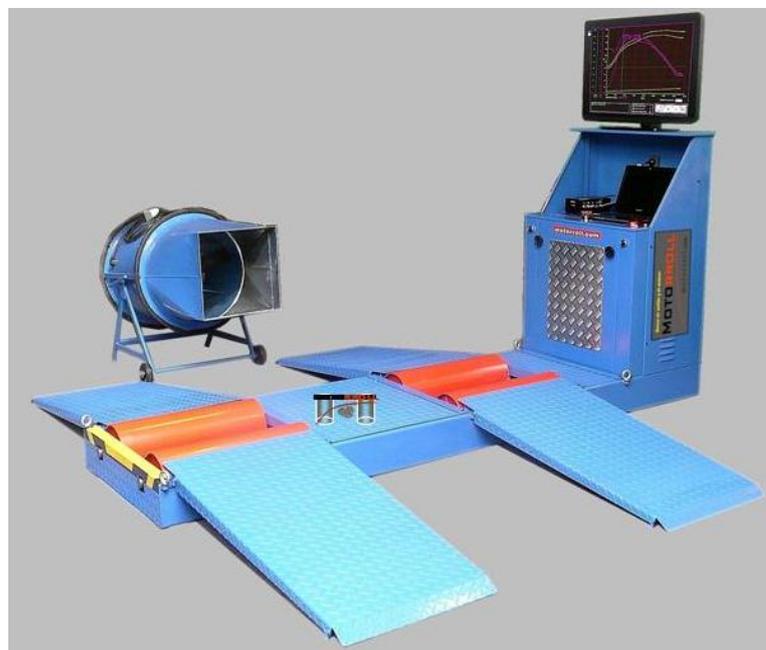
presión atmosférica y temperatura ambiente y, en ocasiones, la humedad relativa del aire.

2.2.1 BANCOS DE PRUEBA O FRENOS DINAMOMÉTRICOS

Un banco dinamométrico es el encargado de medir el par y la potencia de un motor de combustión interna a determinadas revoluciones por minuto (rpm).

Para lo cual el banco dispone de un freno dinamométrico el cual genera un par resistente proporcionando carga al motor, es necesario indicar que como característica primordial, esta carga debe ser variable.

Esta carga variable permite ensayar las distintas condiciones operativas del motor.



Fuente: <http://www.motorroll.com/dinamometros.html>

Figura 2.5 Dinamómetro de chasis hidráulico

Se han desarrollado varios tipos de frenos basados en distintos principios. Los más difundidos son:

- Frenos de fricción
- Frenos hidráulicos
- Frenos eléctricos

Dinamómetros hidráulicos¹²

El banco de prueba dispone de un freno hidráulico de tipo Froude. Estos frenos hidráulicos son adecuados para mediciones de potencia de la mayor parte de los M.C.I. Se componen de un rotor (rodillos) que gira accionado por el eje del motor (ruedas) y un estator o carcasa fija al sistema de medida de fuerza. Entre el rotor y el estator hay una cantidad variable de agua.

Los dinamómetros hidráulicos constan básicamente de carcasa y rotor que están provistos de cavidades y álabes oportunamente conformados, que imparten al agua un movimiento turbulento, que transforma en calor el trabajo mecánico desarrollado por el motor. Las variaciones de carga se consiguen variando la cantidad de agua en el interior del freno.

La resistencia que el agua opone a la rotación del rotor reacciona sobre el estator produciendo un par resistente igual al par motor.

2.2.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS¹³

Para realizar la prueba se monta el vehículo de prueba en los rodillos del banco y se le hace funcionar hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento. La prueba se desarrolla a plena carga, es decir, con la

¹² <http://www.motorroll.com/dinamometros.html>

¹³ Motores - CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES; Sanz S.; Editorial Editex, S.A.; España; 2007; pág. 79

mariposa de gases completamente abierta. En cambio, si se trata de un diesel la prueba se efectuara con la bomba de inyección en posición de máximo suministro.

El ensayo se realiza de mayor a menor potencia: se empieza por el máximo régimen y se termina a ralentí, con el objeto de que la variación de temperatura afecte lo menos posible a los resultados.

Se comienza actuando sobre el mando de carga del motor (acelerador) y sobre el mando de freno del banco hasta conseguir la máxima carga del motor y el número de revoluciones correspondientes a máxima potencia, en estas condiciones se toman los datos. A partir de aquí se actúa solamente sobre el mando del freno y se tomaran datos para cada número de revoluciones hasta completar la prueba.

EJEMPLO

En la siguiente tabla aparecen los datos obtenidos en una prueba realizada a un vehículo con motor Otto cuyas características de origen son:

Cilindrada: $V = 1100 \text{ cm}^3$
 Potencia: $P = 40 \text{ kW a } 6200 \text{ rpm}$
 Par motor: $M = 80 \text{ Nm a } 3000 \text{ rpm}$

Tabla 2.1 Datos obtenidos de un dinamómetro de chasis

Fuente: Motores - Características de los motores, S. Sanz

DATOS OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA							
Régimen	Par motor	Consumo	Presión Atmosférica	Temp. Ambiente	Temp. Aceite	Temp. Gas escape	Temp. Agua Motor
n = rpm	M = Nm	t = seg.	pa = mmHg	Ta = °C	Tac = °C	Tes = °C	Tm = °C
6200	55	21,7	687	25	85	794	77
5000	64	25,6	687	27	91	765	81
4000	68	31,2	687	29	86	718	76
3000	71	41	687	29	79	663	74
2000	65	60	687	29	69	545	72
1000	57	125,5	687	28	66	423	74

a. Cálculo de la potencia (P)

Con los valores de par y número de revoluciones obtenidos se aplica la fórmula de potencia: Ecu. 12

Se aplica para cada régimen de motor:

El par motor debe estar en (Nm) para que la potencia no se altere (kW)

$$P = \frac{M \cdot n}{9.550} \text{ (kW)}$$

$$P = \frac{55 \cdot 6.200}{9.550} = 35,7 \text{ (kW)}$$

b. Cálculo del consumo específico de combustible (C_e)

En la prueba se mide el tiempo en segundos que tarda en consumirse 100 cm³ de combustible.

La masa de este combustible será: $m = 100 \cdot d$

La densidad de la gasolina empleada es: $d = 0,73 \text{ g/cm}^3$

El tiempo empleado expresado en horas será: $t \text{ (h)} = t \text{ (s)}/3600$

$$C_e = \frac{100 \cdot d}{P \cdot \frac{t}{3600}} \text{ (g/kW} \cdot \text{h)} \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$C_e = \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot d}{P \cdot t} \text{ (g/kW} \cdot \text{h)}$$

Con los valores de tiempo y de potencia de la tabla se calcula lo consumos para cada número de revoluciones:

$$C_e = \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot 0,73}{35,7 \cdot 21,7} = 339,2 \text{ (g/kW} \cdot \text{h)}$$

Los cálculos de potencia y consumo específico se realizan para toda la gama de revoluciones, en este caso desde 6200 hasta 1000 rpm.

Los resultados de los cálculos efectuados se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 2.2 Resultado de los cálculos

Fuente: Autores

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS			
Régimen	Par motor	Potencia	Consumo
n = rpm	M = Nm	P = kW	Ce = g/kW.h
6200	55	35,7	339,2
5000	64	33,5	306,4
4000	68	28,5	295,5
3000	71	22,3	287,4
2000	65	13,6	322
1000	57	6	349

c. Cálculos del factor de corrección (K_a)

Las presentaciones de un motor pueden variar en función de las condiciones ambientales del lugar donde se realiza la prueba. La presión atmosférica y la temperatura influyen en el rendimiento volumétrico y, por tanto, toda prueba ha de ser referenciada en unas mismas condiciones atmosféricas. De tal forma que se puedan comparar los datos de pruebas realizadas en diferentes lugares geográficos.

Las condiciones atmosféricas de referencia son:

$$T = 293 \text{ K } (20^\circ \text{ C})$$

$$P_a = 760 \text{ mmHg (milímetros de mercurio)}$$

Siempre que estas condiciones sean diferentes a las de referencia será necesario calcular el factor de corrección mediante la siguiente expresión:

$$K_a = \frac{760}{P_a} \cdot \left(\frac{T_a \cdot (K)}{293} \right)^{0,5} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Aplicando los valores obtenidos durante la prueba:

Presión atmosférica: $P_a = 687 \text{ mmHg}$

Temperatura ambiente media: $T_a = 28^\circ\text{C}$; $273 + 28 = 301\text{K}$ (*grados Kelvin*)

$$K_a = \frac{760}{P_a} \cdot \left(\frac{301}{293}\right)^{0,5} = \frac{760}{P_a} \cdot \sqrt{\frac{301}{293}} = 1,12 \quad \therefore \quad K_a = 1,12$$

Los valores corregidos de par, potencia y consumo específico en las condiciones estándar se determinan por las siguientes expresiones:

$$Par = M \cdot K_a \quad Potencia = P \cdot K_a \quad Consumo\ Especifico = Ce / K_a$$

Tabla 2.3 Resultados Corregidos

Fuente: Autores

TABLA DE VALORES CORREGIDOS			
n	M . K _a	P . K _a	Ce / K _a
6200	61,6	40	302,8
5000	71,7	37,5	273,5
4000	76,1	31,9	263,8
3000	79,5	25	256,6
2000	72,8	15,2	287,5
1000	63,8	6,7	311,6

d. Cálculo de la presión media efectiva PME

Este parámetro mide el grado de aprovechamiento de la cilindrada para obtener trabajo útil.

La PME se expresa en bar y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$PME = \frac{1,2 \cdot 10^6 \cdot P}{V \cdot n} \quad Ec. 2.3$$

P = potencia en kW

V = cilindrada en cm^3

n = n° de revoluciones por minuto

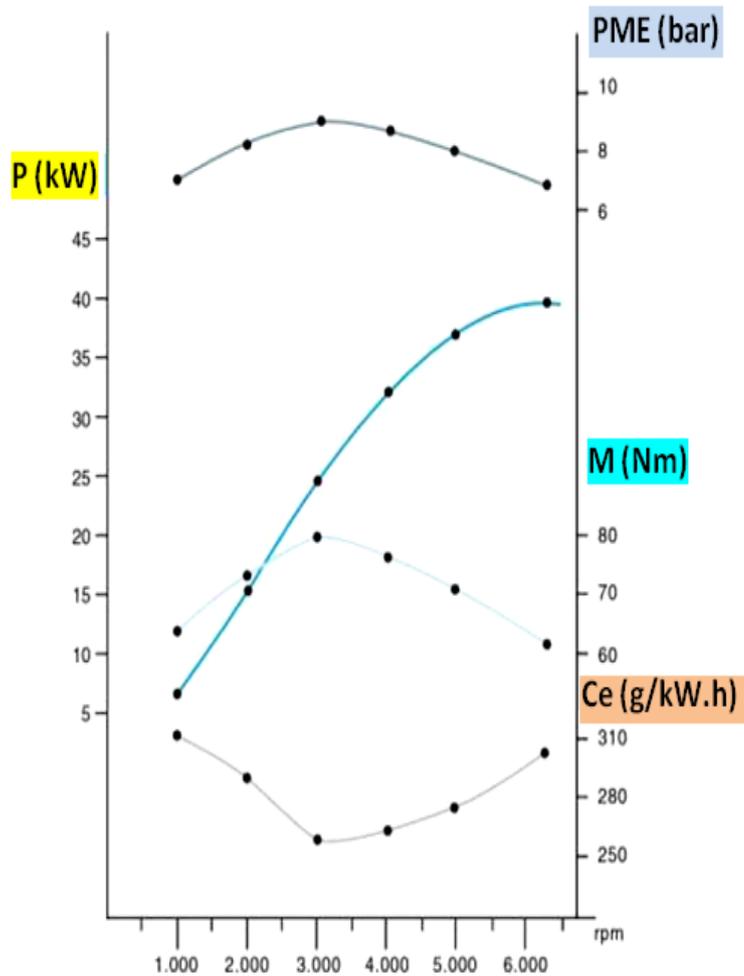
El motor utilizado en el ensayo tiene una cilindrada de 1.100 cm³

$$PME = \frac{1,2 \cdot 10^6 \cdot 40}{1.100 \cdot 6.200} = 7 \text{ bar}$$

Tabla 2.4 Resultados presión media efectiva

Fuente: Autores

POTENCIA Y PRESIÓN MEDIA EFECTIVA						
rpm	6.200	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000
P (kW)	40	37,5	31,9	25	15,2	6,7
PME (bar)	7	8,2	8,7	9,1	8,3	7,3



Fuente: Autores

Figura 2.6 Curvas de par, potencia, consumo específico y presión media efectiva, obtenidas a partir de los valores corregidos

2.2.3 Coeficiente de Elasticidad (E)

La elasticidad de un motor se puede definir como la capacidad de respuesta ante los cambios de carga.

La elasticidad es mayor cuando el régimen de par máximo es bajo, lo que indica que la capacidad de recuperación es buena desde bajas revoluciones. Así, un motor elástico se recuperara con facilidad de una caída de revoluciones sin tener que cambiar la velocidad, ya que al disminuir el régimen aumenta el par.

El coeficiente de elasticidad relaciona el par máximo, la potencia máxima y el régimen de giro al que se obtiene.

La elasticidad de par (E_p) es el coeficiente entre el par máximo y el par a la potencia máxima:

$$E_p = \frac{M_{max}}{M p_{max}} \quad Ec. 2.4$$

La elasticidad de régimen (E_n) es el cociente entre régimen de potencia máxima y el régimen de par máximo:

$$E_n = \frac{n_{p_{max}}}{n_{M_{max}}} \quad Ec. 2.5$$

El coeficiente de elasticidad (E) resulta del producto de ambas elasticidades:

$$E = E_p \cdot E_n \quad Ec. 2.6$$

Los valores medios de elasticidad están entre 1,5 y 4. Se consideran motores poco elásticos cuando dan valores entre 1,5 y 2, y motores muy elásticos para valores de 3 a 4.

a. **Calculo del coeficiente de elasticidad:**

Según los datos obtenidos en la prueba:

$$M_{max} = 79,5 \text{ Nm}$$

$$M_{P_{max}} = 61,6 \text{ Nm}$$

$$n_{P_{max}} = 6.200 \text{ rpm}$$

$$n_{M_{max}} = 3.000 \text{ rpm}$$

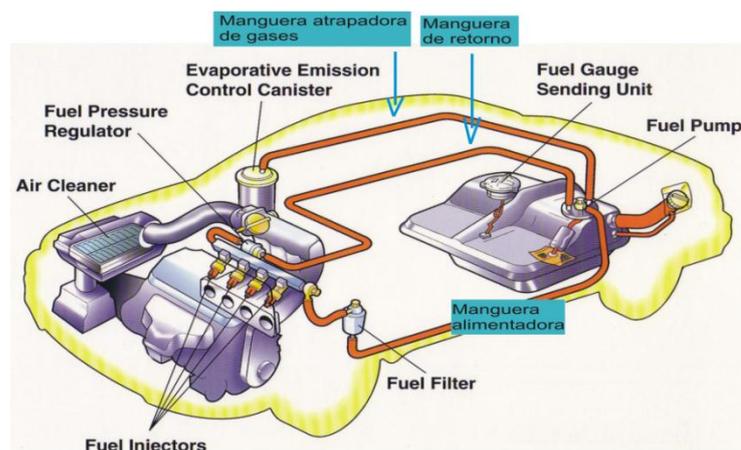
$$Ep = \frac{M_{max}}{M_{P_{max}}} \cdot \frac{n_{P_{max}}}{n_{M_{max}}} = \frac{79,5}{61,6} \cdot \frac{6.200}{3.000} = 1,29 \cdot 2,06 = 2,66$$

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE

3.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los diferentes sistemas de alimentación de combustible en motores de combustión interna tienen por objetivo, almacenar el combustible en un depósito para posteriormente transferirlo hacia la galería de los inyectores, y después enviar este combustible mezclado con una cantidad de aire hacia los cilindros en los tiempos de admisión, en forma de gas, estos sistemas de alimentación deben poseer condiciones de diseño que permiten controlar la presión y el caudal del combustible con el fin de cumplir con los requisitos que exigen las diversas condiciones de funcionamiento del vehículo.



Fuente: http://www.accidentologia-1.com.ar/inyeccion_de_combustible.htm

Figura 3.1 Esquema básico de un sistema de alimentación

Durante el arranque inicial o arranque en frío, el sistema de combustible debe suministrar una mezcla rica en combustible en una relación estequiometría de 9/1, es decir 9 libras o kilos de aire por cada libra o kilo

de gasolina; y a medida que el motor se va calentando la mezcla debe ir variando, esta debe ser menos rica en combustible, hasta llegar a una mezcla de 14.9/1, y en condiciones de aceleración debe enriquecerse a gran escala.

3.2 MEDICIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE¹⁴

La medición del consumo de combustible tiene por objeto controlar los costos de operación y verificar el estado de funcionamiento real del motor y mantenerlos dentro de valores razonables.



Fuente: <http://www.aktmotos.com/tipstecnicos/1>

Figura 3.2 Consumo de combustible

Como saber el consumo real de combustible de nuestro vehículo, es una interrogante bastante común entre los propietarios de los vehículos o dueños de flotas vehiculares; al obtener el dato real de cuanto combustible se consume, podremos saber si el motor está en buen estado, o está existiendo fugas no visibles de combustible, o también si la conducción es demasiado agresiva.

Cuando una persona compra un vehículo, junto a este viene un sinnúmero de especificaciones técnicas, entre ellas, el consumo específico de combustible, pero como es bien sabido este valor no es real,

¹⁴ TESIS UPS-DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE CONSUMO Y CONTROL DE COMBUSTIBLE; Bustamante; Rengel; Ecuador; 2009; pág. 11-12

este se encuentra muy por debajo, del consumo real; pues el valor que viene en las especificaciones técnicas del vehículo, se lo obtiene bajo condiciones óptimas de funcionamiento, tanto del propio vehículo, como de las condiciones exteriores como el clima, tipo de carretera por la que circula.

3.2.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

La duda que se presenta sobre si nuestros vehículos están consumiendo la cantidad adecuada de combustible o la posibilidad de existir una extracción indebida de combustible, es un tema que conduce a muchos propietarios de vehículos a cierto estado de desconfianza y de estrés, al saber que los rubros por consumo de combustible son extremadamente elevados en relación al rendimiento mismo del vehículo en carretera.

Existen varios métodos experimentales que se han desarrollado con la finalidad de determinar el valor más exacto, de cuanto combustible ha consumido el vehículo, entre ellos el más común y más práctico es el método de *Tanque Lleno*.

a. Método de Tanque Lleno

Este método es el más sencillo para determinar el consumo de combustible de un vehículo, este método implica que el tanque de combustible debe estar totalmente lleno, al principio y al final de la prueba, y este consumo será relacionado con la distancia recorrida por el vehículo o en caso de maquinaria pesada por las horas de trabajo; el procedimiento a seguir es el especificado a continuación.

Procedimiento:

1. Llenar completamente el tanque de combustible en la mañana al inicio de la jornada de trabajo.

2. Registrar el odómetro en cero o el horómetro en caso de que la prueba se realice en maquinaria pesada.
3. Seleccionar un conductor para que realice la actividad para relacionar el tipo de trabajo con el consumo de combustible, esto es para el caso en que la prueba se la realice en una flota vehicular.
4. Posteriormente al término de la jornada de trabajo se deberá volver a llenar el tanque de combustible, y registrar la cantidad de combustible consumido durante toda la jornada.
5. Además se deberá registrar la distancia recorrida del vehículo, o las horas de trabajo de la maquinaria.
6. Calcular el consumo específico de combustible, dividiendo la cantidad de combustible consumido entre la distancia recorrida o las horas de trabajo para el otro caso.

Esta prueba debe realizársela varias veces, por lo menos una semana que es un tiempo considerable para reunir los datos de todas las actividades normales que se realizan y en diferentes condiciones de trabajo del vehículo, en el ANEXO A se presenta un formato que se puede seguir para registrar los datos obtenidos al final de cada jornada de trabajo y para posteriormente poder analizarlos y sacar conclusiones.

b. Método de la Varilla Calibrada

En este método como su nombre lo indica se utiliza una varilla calibrada, pero los datos que se obtienen en este método son limitados por dos factores muy visibles, como es la tolerancia en la calibración de la varilla y la posición del vehículo o de la máquina en el momento de realizar las mediciones respectivas.

Este método presenta una ventaja, que sus medidas pueden ser todas obtenidas en cualquier momento, el procedimiento es el siguiente.

Procedimiento:

1. Primeramente se debe colocar el vehículo o la maquina en un lugar nivelado verificándolo mediante un nivel.
2. A continuación se deben diseñar las varillas de medición cuando el vehículo se encuentre paralizado o cuando este se encuentre en reparación.
3. Luego se retira todo el combustible del depósito
4. Retirar el tanque de combustible del vehículo, para posteriormente realizar la limpieza interior del mismo.
5. Después de haber realizado la limpieza del tanque de combustible lo colocamos en la posición de trabajo del vehículo
6. Debemos llenar en un depósito cada cinco galones de combustible y depositarlo lentamente al tanque de una manera que el combustible esté lo más quieto posible en el recipiente para una medición.
7. Con la regla graduada procedemos a medir la altura del combustible agregado en el depósito, con la finalidad de obtener una relación en centímetros por galón *cm/gal*, se debe repetir este procedimiento hasta que el tanque se encuentre completamente lleno.
8. Tomamos todos los datos de las medidas de volumen, y longitud que marca la varilla de acero por cada cinco galones de combustible agregados al depósito.
9. Con la varilla calibrada procedemos a codificarla con el número de código de la unidad evaluada. En el momento que se estén realizando las mediciones en el depósito de combustible del vehículo, este debe estar en una zona nivelada con la finalidad de obtener las mediciones lo más exactas posible.
10. Finalmente registramos todos los datos obtenidos en un cuadro de consumo de combustible ANEXO B.

3.3 ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Al iniciar el proyecto se planteó la necesidad de construir un sistema de medición de combustible, que en conjunto con el dinamómetro y un software podamos visualizar la curva característica de consumo específico de combustible. Esta curva más las curvas de torque y potencia que obtenemos en el dinamómetro, nos ayudaran a constatar las condiciones reales de funcionamiento del motor en prueba.

Puesto que la curva característica de consumo específico de combustible de los motores, es necesaria para el complemento de los ensayos sobre curvas características del motor en el dinamómetro.

Para lo cual, en el diseño del sistema de alimentación será imprescindible controlar la presión del combustible a ser entregado en la riel de inyectores, ya que estas varían dependiendo del tipo de vehículo y el sistema de inyección que utiliza.

Esta presión puede variar desde 14,5 hasta 55 psi (libras por pulgada cuadrada). En el caso de sistemas carburados, la presión del sistema generalmente es de 3 a 8 psi (libras por pulgada cuadrada). En todo caso, es necesario consultar la presión del sistema indicada en el manual de servicio del fabricante del vehículo.

Mientras que para el sistema de medición, se utilizara una balanza electrónica capaz de medir la cantidad en peso del combustible consumido.

El control de estos factores nos permitirá tener un seguimiento preliminar del estado del sistema de combustible y constituirá un componente favorable, para controlar el gasto incorrecto de combustible logrando así obtener una disminución en los costos operativos.

3.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de alimentación y medición de combustible, es una herramienta independiente, que a mas de suministrar combustible también deberá medir en peso la cantidad de combustible que es succionado del depósito, para ser entregado en el riel de inyectores del vehículo en prueba.

Con el vehículo en funcionamiento, y el sistema accionado, el combustible será succionado del depósito mediante una bomba de combustible eléctrica y enviado mediante cañerías interconectadas hacia el riel de inyectores pasando por un filtro.

La bomba envía un caudal constante de combustible hacia el riel de inyectores, después se encuentra con un regulador de presión que como su nombre mismo lo indica regula la presión dentro del riel y el exceso de combustible es enviado hacia el depósito por medio de una cañería de retorno. Aquí se colocara una balanza electrónica para medir en peso el combustible existente en el depósito, y así tomando los datos del peso inicial y el peso final podamos determinar el combustible que se ha consumido. Con este dato más la de potencia obtenida en el dinamómetro y las rpm del motor podremos visualizar gracias a un software la curva de consumo específico de combustible.

Los elementos que utilizaremos para tomar los datos serán los siguientes:

- Balanza electrónica
- Medidor de rpm
- Tacómetro
- Depósito de combustible
- Manómetros
- Software

3.5 DIAGRAMA DEL SISTEMA

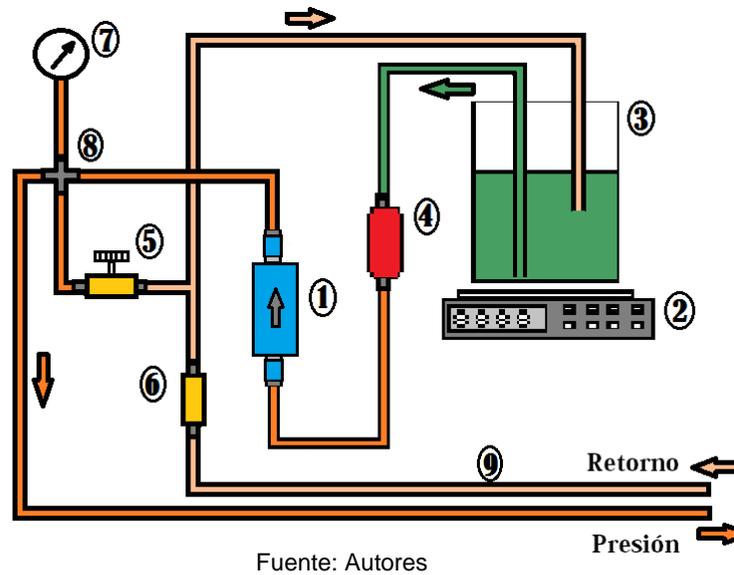


Figura 3.3 Diagrama del sistema

3.5.1 DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA EN AUTOMATION STUDIO 5.0

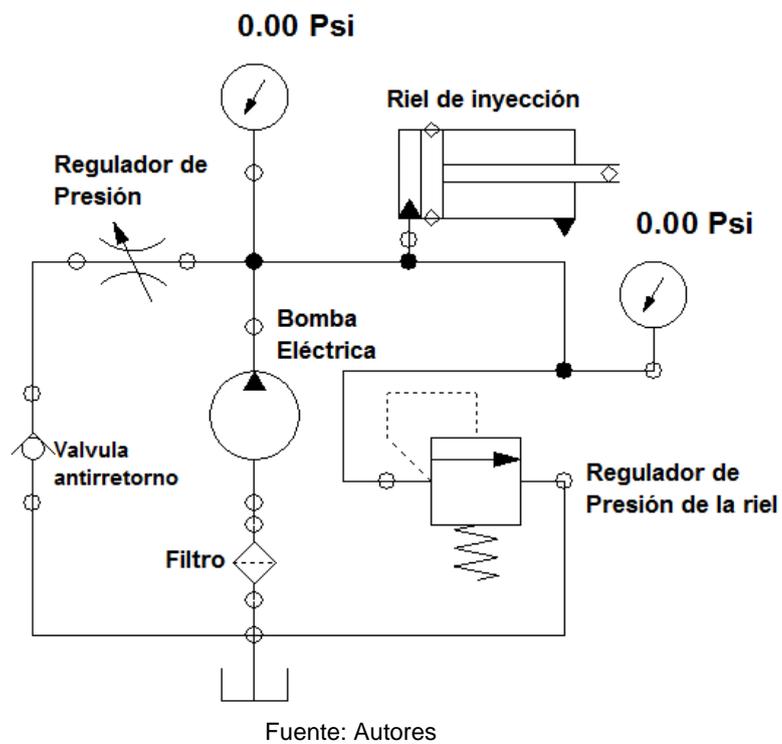
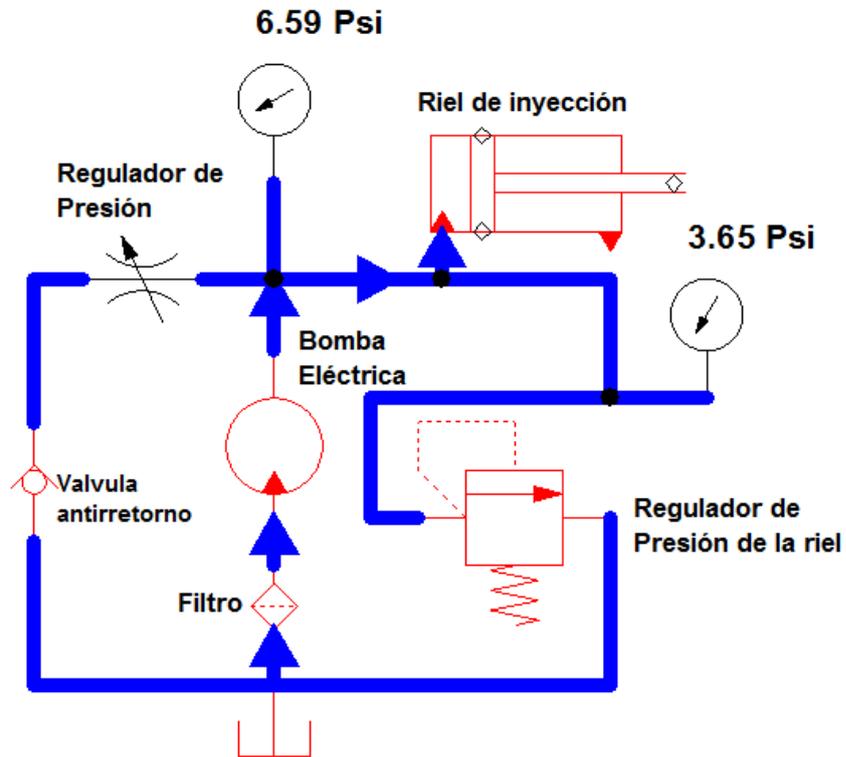


Figura 3.4 Diseño del sistema de alimentación



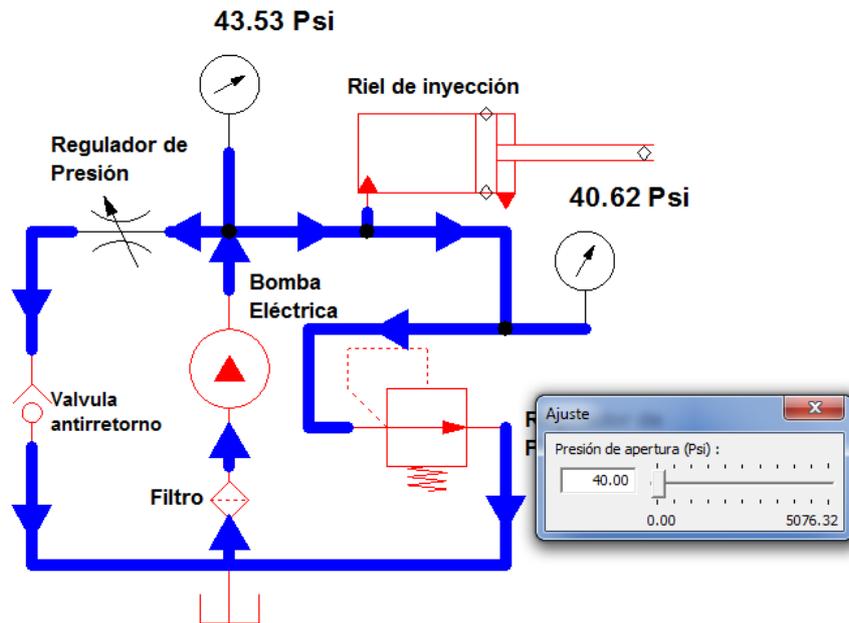
Fuente: Autores

Figura 3.5 Simulación 1 del sistema de alimentación

Para el diseño y simulación del sistema de alimentación de combustible se recurrió a la ayuda tecnológica del Automation Studio 5.0, utilizamos todos los componentes necesarios y calibrados para nuestro proyecto.

El sistema cuenta con una bomba eléctrica que succiona el combustible del depósito para enviarlo a la riel de inyectores a una presión controlada, en la riel de inyectores encontramos un regulador de presión que controla la presión existente en la riel y el sobrante es enviado de regreso al depósito de combustible.

En la figura No. 24 podemos apreciar cuando el regulador de presión abre su camino de retorno ya que a excedido la presión en la riel que indicamos para la simulación de 40 psi.



Fuente: Autores

Figura 3.6 Simulación 2 del sistema de alimentación

3.6 COMPONENTES DEL SISTEMA

Para el presente proyecto utilizaremos elementos mecánicos e hidráulicos, que a su vez están previamente diseñados para uso específico.

Los elementos que utilizaremos son los siguientes:

- ① Bomba de combustible eléctrica externa al tanque.
- ② Balanza electrónica
- ③ Depósito de combustible
- ④ Filtro de combustible
- ⑥ Válvula reguladora de caudal
- ⑥ Válvula antirretorno
- ⑦ Manómetro
- ⑧ Acoples
- ⑨ Mangueras de presión

3.6.1 BOMBA DE COMBUSTIBLE ELÉCTRICA¹⁵

La bomba de combustible es el componente encargado de succionar el combustible del tanque, y darle presión para que, esta corra hacia el riel de inyectores.

Este tipo de bomba de combustible es accionada por un motor eléctrico que bombea el combustible dentro del sistema de inyección, manteniendo una presión constante, un rotor accionado por corriente eléctrica de desplazamiento positivo bombea la cantidad de combustible necesaria.



Fuente: <http://www.virtualvillage.es/bombas-de-gasolina-coche-para-recambio-ford-bmw-dk-049-007600-015.html>

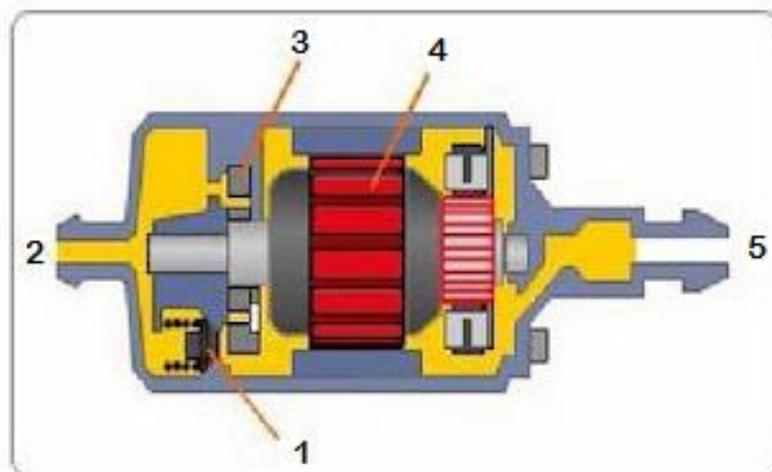
Figura 3.7 Bomba eléctrica de combustible

a. Función:

Bombear combustible de manera eficiente y constante desde el tanque reservorio, hasta la riel de inyectores.

¹⁵ <http://es.scribd.com/doc/62576881/37/Bomba-de-Combustible>

En los motores de inyección electrónica toda bomba de combustible está sobre-dimensionada, ya que la cantidad y la presión que necesitan los inyectores será siempre menor al que puede entregar la bomba. Se diseñaron de esta forma, ya que se trata de mantener una presión y caudal estable en el sistema, para que los inyectores puedan enviar a los cilindros la cantidad necesaria sin restricciones, aún en casos extremos de aceleración, de taponamiento de los filtros, y hasta una mala alimentación de tensión eléctrica a la bomba. Generalmente se han diseñado bombas de combustible para que tengan una vida útil igual que la de un vehículo, razón por la cual generalmente está sellada, sin oportunidad de reparación



Fuente: <http://albeirobuitrago.blogspot.com/>

Figura 3.8 Partes de la bomba eléctrica

Partes de la bomba eléctrica

1. Válvula de seguridad.
2. Aspiración.
3. Elemento de bombeo.
4. Motor eléctrico.
5. Salida.

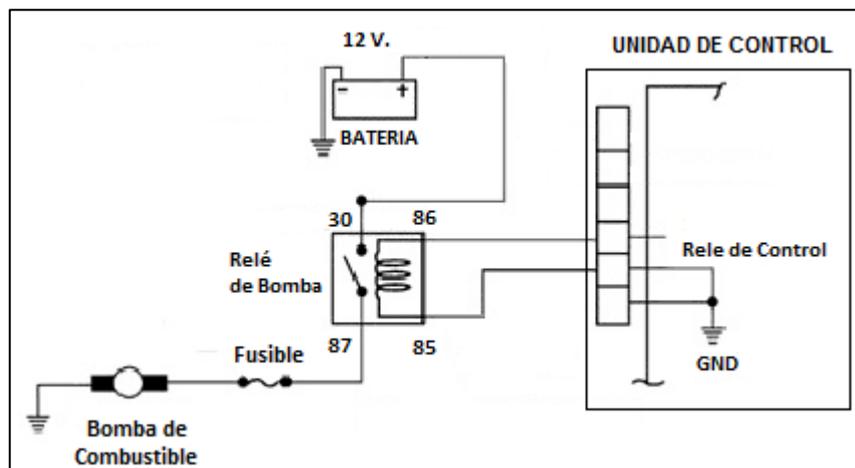
Consta de un motor eléctrico de corriente continua con masas polares permanentes. En el extremo del inducido hay una serie de rodillos que constituyen el elemento de bombeo.

b. Ubicación:

Este tipo de bombas de combustible eléctricas externas al tanque de Bosch, son elementos diseñados para ser autorefrigerados por el combustible que circula en su interior. Se instalan por fuera del depósito de combustible en el chasis del vehículo, son bombas que generan altas presiones y a la vez también generan mucho calor.

c. Descripción:

Las bombas de los sistemas de inyección electrónica a gasolina, vienen de forma totalmente hermética y sellada, con tan solo los orificios de succión, de descarga de combustible y los conectores para la corriente. De modo que si sufre algún daño la única solución es el recambio.



Fuente: Autores

Figura 3.9 Conexión eléctrica de la bomba de combustible

En la figura podemos apreciar la conexión eléctrica de la bomba de combustible, en este diagrama se observa como desde el polo positivo de la batería, da tensión a la ECU, protegida siempre con fusibles. En este caso esta computadora comanda el positivo que alimenta al relé, de modo que cuando se abre el switch, la ECU da la señal positiva y el relé se acciona, para energizar a la bomba

d. Características técnicas

Tabla 3.1 Datos técnicos de la bomba

Fuente: www.boschecuador.com/assets/tecnova/bombasdegasolinayprefiltros.pdf

Referencia	Presión de Prueba. Bar Lbs/pulg ²	Corriente Máxima A	Voltaje V	A Diámetro externo (mm)	B Largo Total (mm)	C Diámetro del tubo de salida (mm)
0 580 254 910	4,5...5,0 bar 64 ... 71 psi	9,8	12	60	203	8

3.6.2 BALANZA ELECTRÓNICA¹⁶

En los últimos años se ha popularizado la incorporación de la electrónica a través de circuitos computarizados en el mecanismo estructural y de medición de las balanzas haciendo muchísimo más eficientes y precisas a las balanzas modernas. Este adelanto tecnológico se logra a través de la incorporación de un elemento eléctrico sensible a la deformación.

¹⁶ <http://www.basculas-torrey.com/bascula-porcionadora>

Esta formado por un alambre muy delgado que cambia la resistencia eléctrica cuando es comprimido o alargado. Este mecanismo está integrado a la columna de la balanza y al colocar la carga sobre estos se produce la denominada variación de resistencia eléctrica la cual puede ser medida por un sensor y calcular la masa del objeto con una precisión 100% perfecta.

En la actualidad en el mercado se encuentran balanzas electrónicas a montón, pero para este proyecto se utilizara una que tenga conexión vía interface la cual nos será de gran ayuda ya que nos indicara en el computador el peso exacto de combustible que tendremos al inicio de la práctica y al final de la misma. La balanza electrónica digital conviene por su gran rango de pesaje y su gran precisión de medición.



Fuente: <http://www.basculas.us/tor-rey-leq-series-portioning-scale-10lb-20lb.html>

Figura 3.10 Balanza electrónica con interface.

Esta balanza digital es un instrumento muy versátil con una buena calidad de pesaje. La precisión de lectura es de 2 gr. de precisión suficiente para el pesaje en nuestro sistema.

La balanza compacta recibe el suministro energético (por medio del adaptador de red del envío), pero también se puede alimentar por medio de baterías. De este modo no será necesario utilizarla en un enclave fijo.

La balanza cuenta con unos pies de ajuste y de fijación para poder nivelarla, otra ventaja de esta balanza es su interfaz RS-232. Junto con el software podrá realizar la transmisión de los datos de pesaje a un PC. Esta balanza digital es el instrumento ideal para el diseño de nuestro sistema, en el control de entrada y de salida, así como para el uso móvil o fijo.

a. Características:

En el proyecto utilizaremos la balanza electrónica Marca Torrey Modelo L-EQ 10/20, que tiene las siguientes características:

- Función de taraje en la mitad del rango (se puede realizar varias veces)
- Iluminación automática de la pantalla (si la balanza compacta está estable, aparece un indicador de estabilidad en la pantalla)
- Puede seleccionar diferentes unidades de pesado a través del teclado (g, kg, oz, lb...)
- Adaptador de red para 230 V de serie en el envío
- Posibilidad de alimentación con baterías
- Indicador de estado de la batería
- Certificado ISO para la balanza digital (ISO 9000)
- División mínima l-eq 10 = 2g/0.005lb/0.1oz
- Conector serial: RS-232

b. Capacidades y Dimensiones:

Tabla 3.2 Capacidad de la balanza

Fuente: <http://www.basculas.us/tor-rey-leq-series-portioning-scale-10lb-20lb.html>

MODELO	L- EQ - 10/20
Capacidad	10 kg / 20 lb / 320 oz
División Mínima	2 g / 0.005 lb / 0.1 oz
Dimensiones de Plato	20 x 24 cm (7.8 x 9.4")



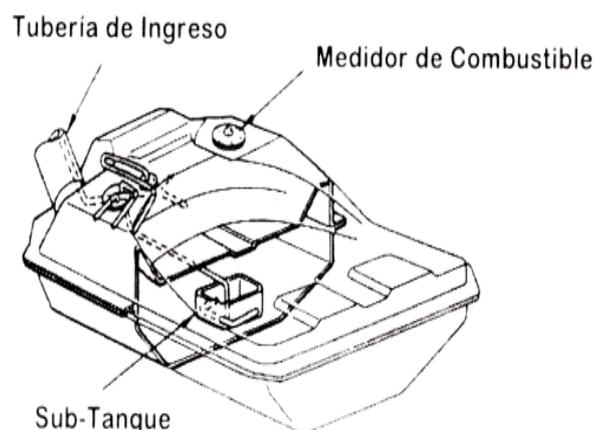
Fuente: <http://www.basculas.us/tor-rey-leq-series-portioning-scale-10lb-20lb.html>

Figura 3.11 Dimensiones de la balanza electrónica.

3.6.3 DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

El depósito de combustible o tanque de combustible es un contenedor seguro para líquidos inflamables, que forma parte del sistema de alimentación del motor, y en el cual se almacena el combustible, que es propulsado (mediante la bomba de combustible) o liberado (como gas a presión) en un motor.

Los depósitos de combustible varían considerablemente de tamaño y complejidad, desde un diminuto depósito de butano para un mechero hasta el depósito externo de combustible criogénico multicámara de naves espaciales.



Fuente: <http://kaskcca-sistalimentacion.blogspot.es/1272056889/>

Figura 3.12 Configuración del tanque de combustible

Para el presente proyecto utilizaremos un depósito pequeño el cual tenga una capacidad de 1500 cc para el combustible que usaremos en la práctica de consumo de combustible, la cual acogerá cierta medida específica al inicio.

Estos bidones son realizados con diversos tipos de materiales poliméricos o plásticos muy resistentes, capaces de soportar solventes y líquidos abrasivos, y ofrecer una seguridad completa tanto para el líquido que se almacena como para el lugar en donde se almacena dicho líquido.¹⁷

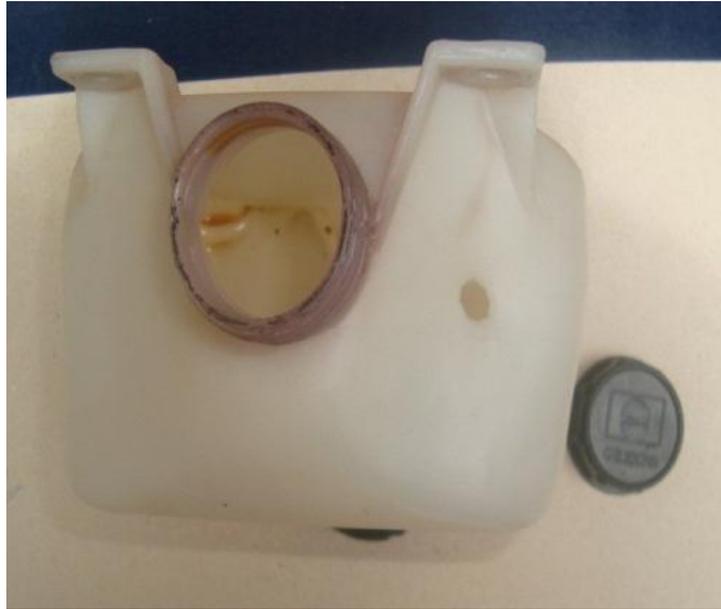


Fuente: Autores

Figura 3.13 Recipiente de combustible.

En el recipiente realizaremos un orificio en la parte superior para introducir la manguera de retorno de combustible.

¹⁷ <http://www.comohacer.eu/como-se-fabrican-los-bidones-de-plastico/>



Fuente: Autores

Figura 3.14 Orificio para el retorno combustible.

El recipiente o depósito constara con una regla graduada en la parte exterior que nos indicara el nivel de combustible restante en el, por lo general un depósito de combustible cuenta con las siguientes características.

a. Características

- ✓ Almacenamiento seguro de combustible.
- ✓ El relleno debe ser sin riesgos (ej. chispas).
- ✓ Almacenamiento sin pérdidas por escape o evaporación.
- ✓ Proveer de un método para determinar el nivel de combustible en el depósito en todo momento. Para ello se utilizara una regla graduada.
- ✓ Venting (en caso de sobrepresión los vapores de combustible deben ser desviados por medio de válvulas).
- ✓ Alimentación del motor (por medio de una bomba).

- ✓ Anticipar posibles daños y riesgos para aumentar el potencial de sobrevivir.



Fuente: Autores

Figura 3.15 Conexión de mangueras y depósito de combustible.

Por este tipo de características es que utilizaremos este tipo de depósito para el almacenaje de combustible que utilizaremos en los ensayos prácticos, tomando en cuenta el indicador de nivel de combustible estampado en el exterior.

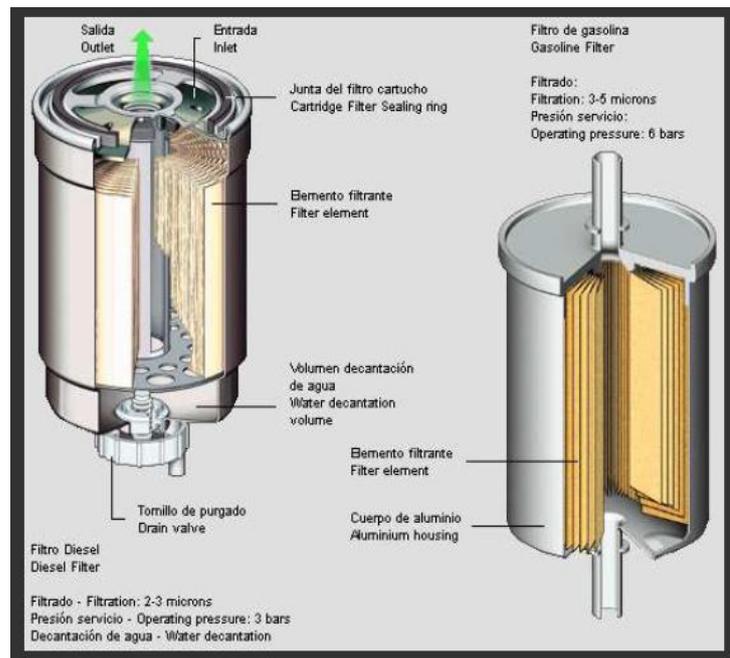
3.6.4 FILTRO DE COMBUSTIBLE

Un **filtro de combustible**, como su nombre lo indica, es un elemento diseñado para filtrar las impurezas contenidas en el combustible, como la gasolina, etanol, diesel, queroseno, etc. Este puede ser fabricado de papel, mallas metálicas, fibra de vidrio, etc. Se encuentra recubierto de un cuerpo metálico o de plástico.¹⁸

¹⁸ <http://www.copartes.com/foros/articulo/6404/como-cambiar-el-filtro-de-combustible-de-un-automovil>

La gasolina y el gasoil son los combustibles más comunes para motores de combustión interna. Los contaminantes (partículas de residuos, agua, etc.) llegan al combustible de varias maneras como detallaremos en los siguientes ítems:

- Contaminación durante la producción, el transporte, almacenamiento, reparaciones, etc.
- Partículas que entran a través del sistema de ventilación del tanque de combustible.
- Contaminación por suciedad y oxidación en el tanque de combustible o las tuberías.
- Agua condensada en el tanque de combustible, debido a cambios en la temperatura.



Fuente: <http://www.reycomotor.com/Reyco/Filter1.htm>

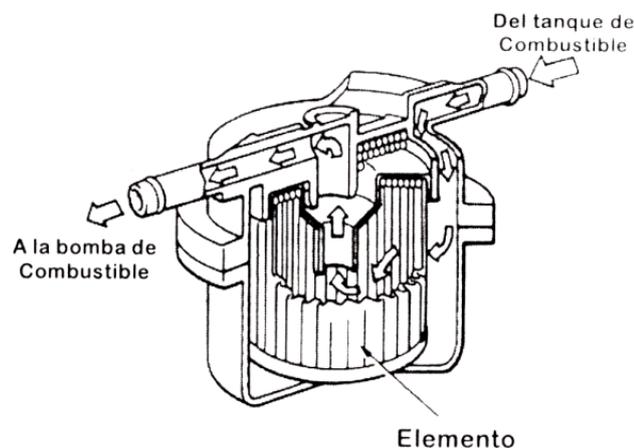
Figura 3.16 Filtro de combustible

Estos contaminantes pueden taponar los inyectores de combustible o carburadores, provocando un mal funcionamiento y deterioro del motor. La suciedad, el óxido, las escamas y el agua son las mayores impurezas que se encuentran en el combustible.

Estas impurezas pueden proceder de tanques de almacenamiento de estaciones de servicio sucios y oxidados y, conforme el vehículo envejece, de la corrosión en los componentes del sistema de combustible. Por consiguiente, se deben eliminar del combustible para evitar averías y mal funcionamiento de los diferentes componentes del sistema de combustible.

a. Funcionamiento

En algunas instalaciones, el sistema de filtro tiene un sensor de detección automática de agua, cuando se alcanza el nivel máximo aceptable de agua en el filtro, una lámpara de control situada en el salpicadero comienza a parpadear. Para reducir la posibilidad de que se forme agua condensada en el tanque de combustible, recomendamos llenar el tanque al final de cada día o semana hasta el máximo, reduciendo el espacio de aire libre por encima del combustible.



Fuente: Autores

Figura 3.17 Configuración del filtro de combustible

Cuanto menos aire haya en el tanque, menos vapor de agua puede condensarse. Se ha añadido una cantidad determinada de aditivos a la gasolina para reducir la posibilidad de que se cristalice la parafina en el combustible (floculación). Esta floculación se produce a temperaturas inferiores a -20°C o incluso por encima de -20°C debido a factores de viento frío. En determinados filtros, se cuenta con un elemento calentador con termostato, evitando de este modo las temperaturas de floculación. Una vez que se haya producido una floculación fuerte, todos los filtros debe ser sustituidos y los conductos de combustible deben limpiarse. El elemento filtrante retiene partículas superiores a 5 a 10 micrones.

b. Características

- Tiene alta resistencia a temperaturas y filtraciones agresivas de presión,
- Entrada y salida de flujo,
- Tapa de filtro,
- Anillo de soporte,
- Elemento filtrante,
- Carcasa de resistente
- Conexión de rosca.

Este es uno de los elementos claves para el buen funcionamiento del motor, y del depósito de gasolina.

El filtro de combustible está situado en la línea de suministro de combustible, que va desde el tanque de combustible a la línea de combustible, lo que significa que será capaz de localizarlo si simplemente sigue la línea de suministro de combustible.

3.6.5 VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL

El caudal o cantidad de líquido que pasa por un conducto, se regula disminuyendo la sección del conducto. Este caudal puede ser regulado en los dos sentidos de circulación del líquido, o bien en uno sólo. Será la encargada de permitir el mínimo o máximo flujo de caudal q envía la bomba eléctrica.



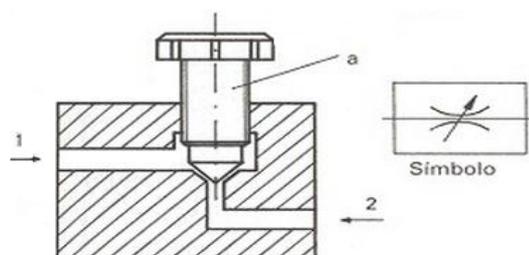
Fuente: <http://www.hidraulicabrasil.com.py/productos/hidraulicahindustrial/valvulas.html>

Figura 3.18 Válvula reguladora de caudal

La válvula reguladora de caudal que utilizaremos es una Modelo NDV cuyas características presentamos a continuación:

a. características

- Tamaños 1/2".
- Cuerpo en Acero al Carbono, zincado bicromado.
- Sello en Viton
- Rango de temperatura: -20C hasta 100C
- Presión operacional de hasta 300 PSI (20,68 bar)



Fuente: http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecno19/4q9_sabermas_2c.htm

Figura 3.19 Esquema y símbolo de la válvula reguladora de caudal

3.6.6 VÁLVULA ANTIRRETORNO Y REGULADORA CAUDAL

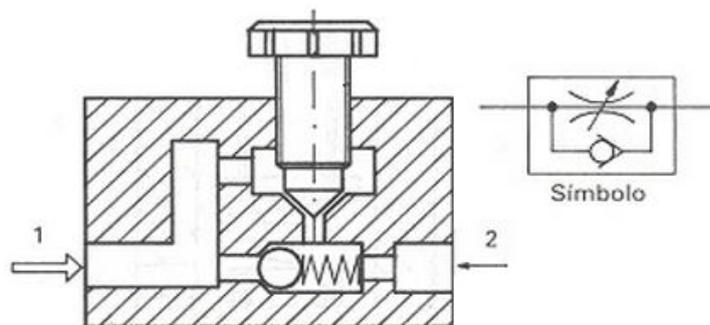
Combina el uso de una válvula antirretorno y una válvula reguladora de caudal, permitiendo el paso libre en un sentido, y la regulación de caudal en el otro.

Encargada de no permitir el paso del líquido que esta retornando al circuito activo del sistema.



Fuente: Autores

Figura 3.20 Válvula estranguladora



Fuente:

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena9/4q9_sabermas_2c.htm

Figura 3.21 Esquema y símbolo de la válvula estranguladora

3.6.7 MANÓMETRO

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

La presión se mide en atmósferas (atm); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional.



Fuente: Autores

Figura 3.22 Manómetro

Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea.¹⁹

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la

¹⁹ <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/manometro/manometro.html>

diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.

Los manómetros que utilizaremos en el presente proyecto tendrán un rango de medida en 0 a 100 psi, suficientes para medir la presión con la que circula el combustible dentro del sistema y la presión de aire que ingresara para alimentar el mismo.

3.6.8 ACOPLES

Están designados acoples, con medidas y dimensiones específicas para cañerías del sistema de alimentación de combustible.

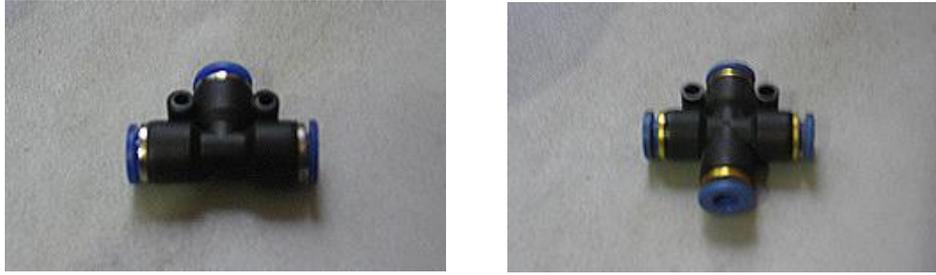


Fuente: Autores

Figura 3.23 Acoples

Para seguridad de las cañerías en el sistema, colocaremos unos acoples rápidos, algunos en forma de T útiles para dividir en 2 salidas una línea de combustible que utilizaremos en la práctica.

Permite la conexión instantánea y el sellado seguro entre las mangueras y el acople.



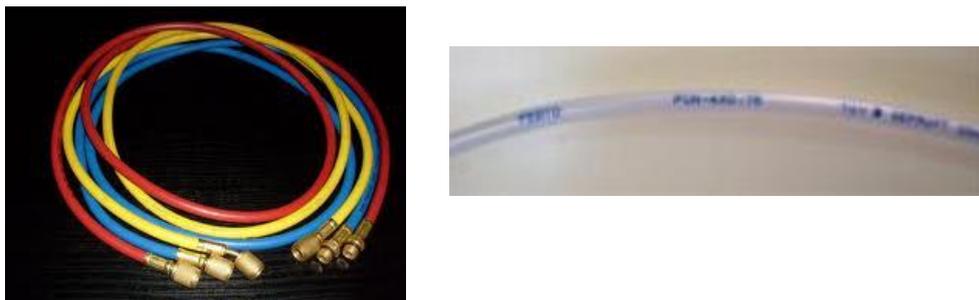
Fuente: Autores

Figura 3.24 Acoples rápidos

Y para el agarre de la manguera utilizaremos un acople de presión que atrapara en el inicio y en el final la cañería a utilizar.

3.6.9 MANGUERAS DE PRESIÓN

Para este proyecto utilizaremos mangueras diseñadas precisamente para la circulación de fluidos que son capaces de soportar densidades y presiones que oscilan de 0 a 100 psi, como la del combustible y aditivos que usaremos para la demostración práctica de nuestro proyecto.



Fuente: Autores

Figura 3.25 Mangueras

La manguera utilizada es una HOSE 5X8 mm, por la cual circulará el combustible hacia todo el sistema.

CAPÍTULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE Y TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se desea visualizar, comparar y realizar cálculos de valores inmersos en el estudio del Consumo Específico de Combustible, de manera que se pueda evaluar el comportamiento de un motor de combustión interna de forma didáctica.



Fuente: Autores

Figura 4.1 Esquema grafico del software

Para lo cual se determinó que la mejor manera de realizar esto es la utilización de una herramienta computacional (labVIEW) que permita no solo realizar las actividades antes mencionadas sino que pueda recoger datos de las variables fundamentales para el estudio tales como Potencia, Torque, Velocidad y Volumen de combustible.

4.2 ANTECEDENTES

Una vez decidió el método para realizar la presentación del estudio es importante definir como se realizará la adquisición de datos que luego del pertinente análisis se visualizará en una pantalla amigable con el usuario. De esto se desprende etapas fundamentales en la implementación del sistema, las cuales son:

- Adquisición de Datos.
- Análisis.

- Visualización.

4.2.1 ADQUISICIÓN DE DATOS

Esta etapa se refiere a la forma de como las variables manipuladas en el experimento pueden llegar a plasmarse como datos en un computador, es así que en primer lugar se debe detallar que variables se van a censar.

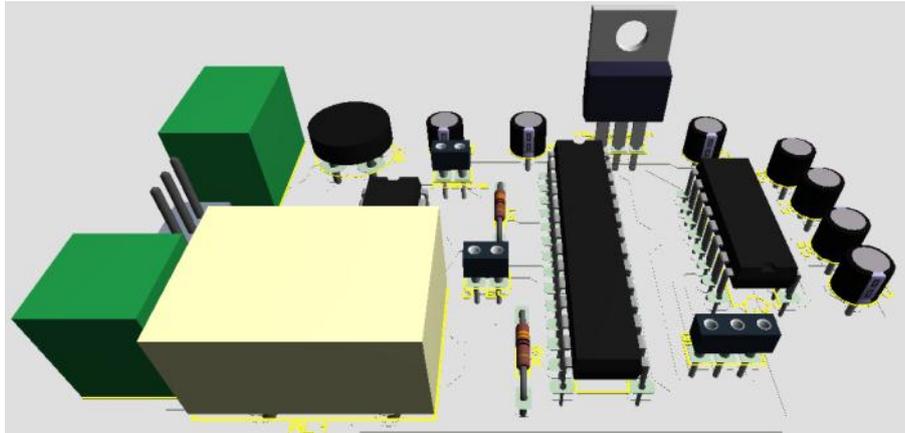
Debido a que un experimento previo (dinamómetro) proporciona valores de Torque, Potencia a determinados valores de Velocidad, no es necesario censar estas variables, por lo cual el presente sistema se enfocara a la medición de Velocidad y volumen de combustible consumido.



Fuente: Autores

Figura 4.2 Adquisición de datos

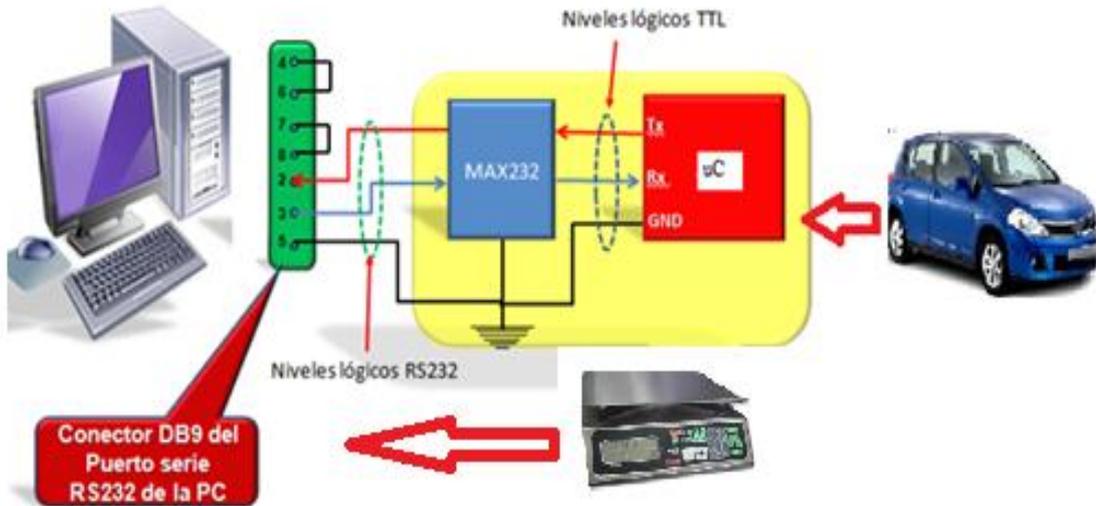
Para medir la cantidad de combustible consumido se usara una balanza electrónica digital, acondicionada previamente para la conexión con el sistema de alimentación del vehículo, y para el número de revoluciones se incorporará un sistema electrónico a base de sensores y elementos semiconductores.



Fuente: Autores

Figura 4.3 Tarjeta de adquisición de datos

Ambos sistemas proporcionan la facilidad de comunicarse de manera serial con otros dispositivos al igual que lo hace una computadora con una impresora, es decir que el medio con el cual se adquirirán los datos será a través de el puerto serial de el CPU.



Fuente: Autores

Figura 4.4 Comunicación serial entre dispositivos

y un nivel de voltaje de +12v como un cero lógico (por su parte, los microcontroladores emplean por lo general 5v como un uno lógico y 0v como un cero lógico).

Existen en la actualidad diferentes ejemplos de puertos que comunican información de manera serial (un bit a la vez). El conocido como “puerto serial” ha sido gradualmente remplazado por el puerto USB (Universal Serial Bus) que permite mayor versatilidad en la conexión de múltiples dispositivos. Aunque en naturaleza serial, no suele referenciarse de esta manera ya que sigue sus propios estándares y no los establecidos por el RS-232.

Luego de definir el medio de comunicación entre los diferentes dispositivos y el computador es necesario establecer el lenguaje que se utilizará para ello, es decir el protocolo de comunicación.

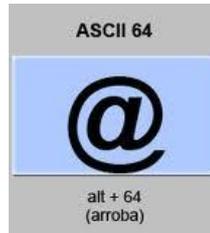
Si bien la es cierto que como se trata de un experimento se podría elaborar una protocolo de comunicación propio, existen ya varias alternativas conocidas tanto en el mercado como industrialmente para el envío y recepción de datos tales como Modbus, Profibus, Ethernet, etc.

Es así que se ha elegido el protocolo ASCII el cual es uno de los más usados especialmente para comunicarse con dispositivos de impresión.

b. Código ASCII.

ASCII (acrónimo inglés de American Standard Code for Information Interchange — Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información) , es un código de caracteres basado en el alfabeto latino, tal como se usa en inglés moderno y en otras lenguas occidentales. Fue creado en 1963 por el Comité Estadounidense de Estándares (ASA, conocido desde 1969 como el Instituto Estadounidense de Estándares Nacionales, o ANSI) como una refundición o evolución de los conjuntos

de códigos utilizados entonces en telegrafía. Más tarde, en 1967, se incluyeron las minúsculas, y se redefinieron algunos códigos de control para formar el código conocido como US-ASCII.



Fuente: <http://www.elcodigoascii.com.ar/codigos-ascii/arroba-codigo-ascii-64.html>

Figura 4.6 Códigos ASCII

El código ASCII utiliza 7 bits para representar los caracteres, aunque inicialmente empleaba un bit adicional (bit de paridad) que se usaba para detectar errores en la transmisión²¹.

En la actualidad define códigos para 33 caracteres no imprimibles, de los cuales la mayoría son caracteres de control obsoletos que tienen efecto sobre cómo se procesa el texto, más otros 95 caracteres imprimibles que les siguen en la numeración (empezando por el carácter espacio).

Casi todos los sistemas informáticos actuales utilizan el código ASCII o una extensión compatible para representar textos y para el control de dispositivos que manejan texto como el teclado. No deben confundirse los códigos ALT+número de teclado con los códigos ASCII.

De todo lo expuesto establece que se necesita de un software capaz de comunicarse de manera serial, que pueda entender el protocolo ASCII y además cuente con las herramientas necesarias para realizar las tareas requeridas.

²¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Portal:Programaci%C3%B3n>

De las diferentes opciones entre los software el que más destaca por su versatilidad y fácil manejo es LABVIEW de National Instrument , el mismo que permitirá realizar las tareas requeridas pues cuenta con herramientas gráficas, de cálculo, y de comunicación con diversos dispositivos.

4.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE EN LABVIEW.

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux. La última versión es la 2011.



Fuente: Autores

Figura 4.7 Icono LABVIEW

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida

Este programa permite realizar aplicaciones de todo tipo no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño sino orientada a la informática y a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas

de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes pues maneja una amplia gama de protocolos y puertos.²²

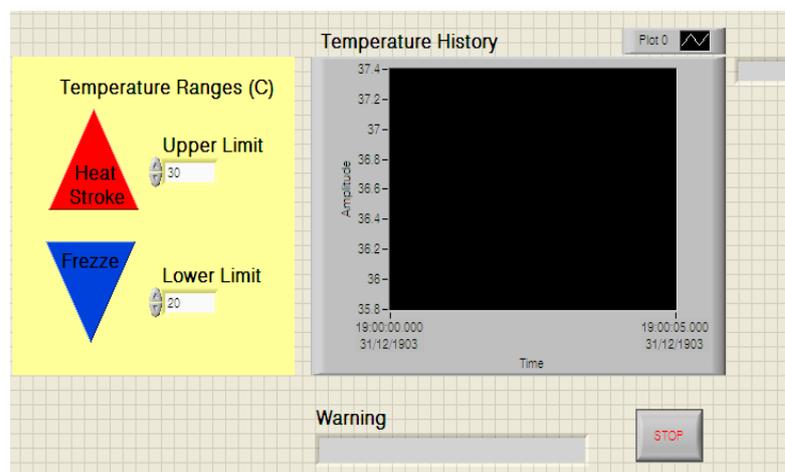
4.3.1 VI's Y SUS PARTES

Los programas desarrollados en LABVIEW son denominados instrumentos virtuales o VI's debido a su similitud con los instrumentos físicos.

LABVIEW contiene un conjunto de VI's y funciones para adquirir, analizar, desplegar y almacenar datos, así como herramientas para desarrollo de código.

Un VI está conformado por las siguientes partes:

a. Panel Frontal



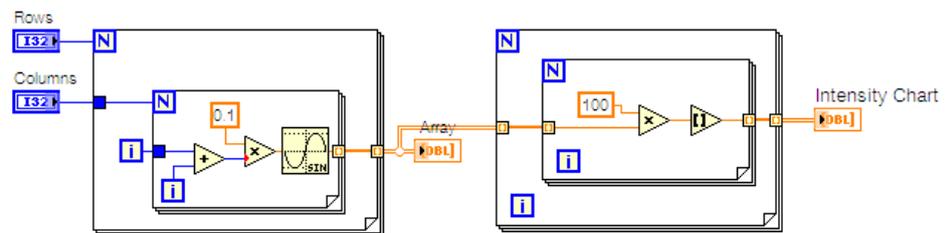
Fuente: Autores

Figura 4.8 Panel frontal de un VI

²² ARÉVALO P. y HERRERA S.; "Manual Labview 8.5 Básico e Intermedio"; Abril 2009.

b. Diagrama de Bloques.

Contiene el código gráfico correspondiente a los elementos colocados en el panel frontal.

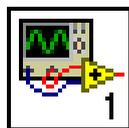


Fuente: Autores

Figura 4.9 Diagrama de bloques de un VI

c. Panel de Ícono/Conector

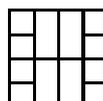
Cada VI despliega un ícono mostrado tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Este ícono puede ser editado a voluntad del programador.



Fuente: Autores

Figura 4.10 Icono conector

Cuando usamos un VI dentro de otro VI, el primer VI es llamado SubVI, y debe tener un panel conector que especifique las entradas y salidas que necesita.

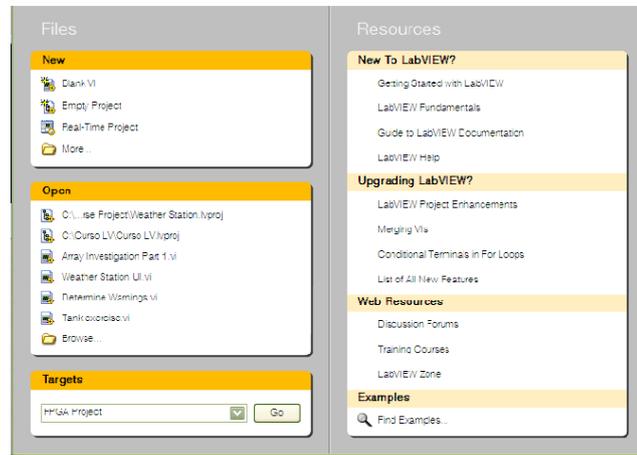


Fuente: Autores

Figura 4.11 Icono SubVI

Al iniciar LABVIEW se despliega la ventana **GettingStarted**, la cual permite crear un nuevo VI, crear un proyecto, abrir VI's o proyectos

existentes, etc. La ventana **GettingStarted** desaparece cuando abrimos o creamos un VI o un proyecto.

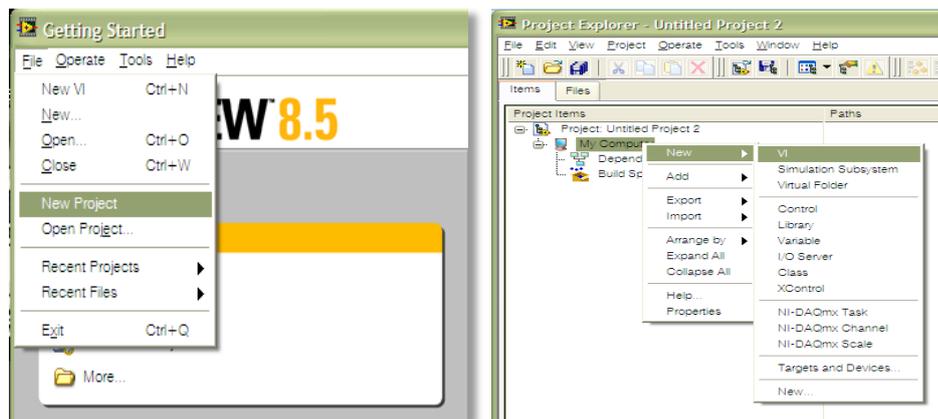


Fuente: Autores

Figura 4.12 Ventana GettingStarted

4.3.2 CREACIÓN DE UN PROYECTO

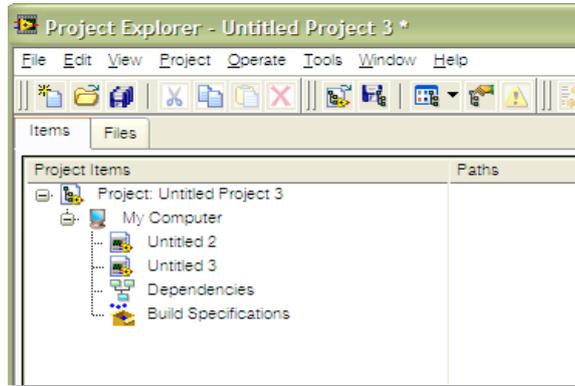
Creando y explorando un Proyecto



Fuente: Autores

Figura 4.13 Iniciando un proyecto en LABVIEW

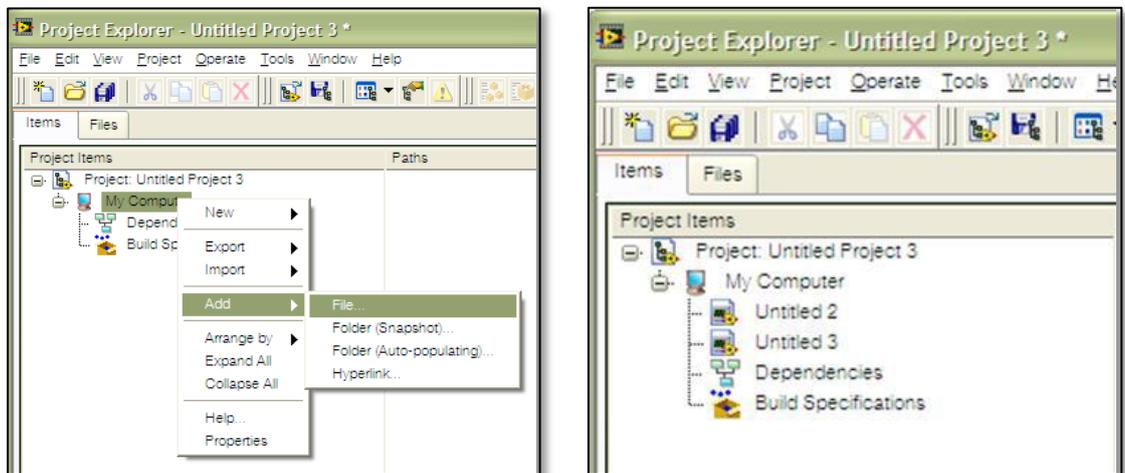
Un proyecto agrupa archivos LABVIEW, permite la creación de aplicaciones, librerías, instaladores, etc.



Fuente: Autores

Figura 4.14 Librerías de LABIEW

Un proyecto puede contener archivos creados desde el explorador de proyectos añadidos desde otra ubicación.

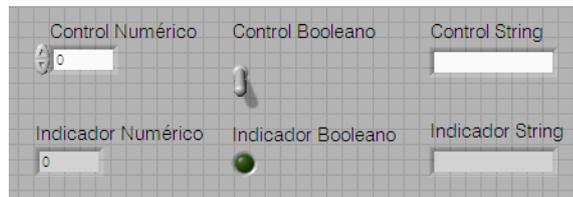


Fuente: Autores

Figura 4.15 Explorador de LABIEW

a. Panel Frontal

El panel frontal contiene controles e indicadores que sirven para desarrollar la interfaz de usuario.

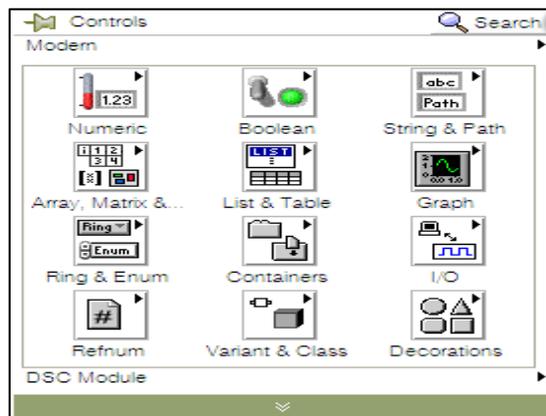


Fuente: Autores

Figura 4.16 Panel Frontal

b. Paleta de Controles

Contiene todos los íconos de controles e indicadores para el desarrollo de la interfaz de usuario. Los controles e indicadores más usados están en la subpaleta **“Modern”**.



Fuente: Autores

Figura 4.17 Paleta de Controles

Barra de Herramientas

-  Run (simulación detenida)
-  Run (VI en ejecución)
-  RunContinuously
-  AbortExecution
-  Pause

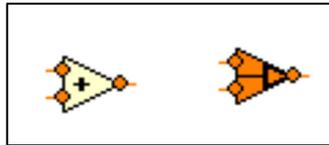


Íconos de distribución de elementos.

c. Diagrama de Bloques

En el diagrama de bloques no solo se muestran los íconos correspondientes a los elementos colocados en el Panel Frontal, sino también las diferentes funciones, constantes, estructuras y cables utilizados en la construcción del código o programa.

Cada elemento del diagrama de bloques tiene terminales de entrada y/o salida.



Fuente: Autores

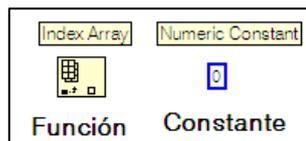
Figura 4.18 Diagrama de Bloques

Los elemento del Panel Frontal pueden ser vistos en el diagrama de bloques como ícono o como el tipo de dato que representan.



(Clic derecho sobre el ícono y cambiar la opción "View as Icon")

Las funciones, constantes, SubVI's del Diagrama de Bloques, no tienen representación en el Panel Frontal.



Fuente: Autores

Figura 4.19 Funciones de un VI's

d. Tipos de Datos

Los datos usados en LABVIEW tienen un color y un tipo de cable característicos.

Booleanos

Enteros de 32 bits

Doble Precisión (punto flotante)

Strings (cadena de caracteres)

Control Booleano



Control Numérico 2



Control Numérico

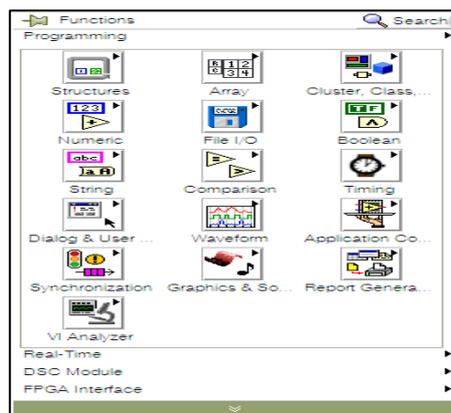


Control String



e. Paleta de Funciones

Contiene los VI's, funciones y constantes usadas para construir el código en el diagrama de bloques. Las funciones más usadas están en la subpaleta "Programming".



Fuente: Autores

Figura 4.20 Paleta de Funciones

Barra de Herramientas

A más de los íconos comunes al Panel Frontal, el diagrama de Bloques tiene íconos que permiten administrar la simulación del código.



Highlight Execution



Retain Wire Values

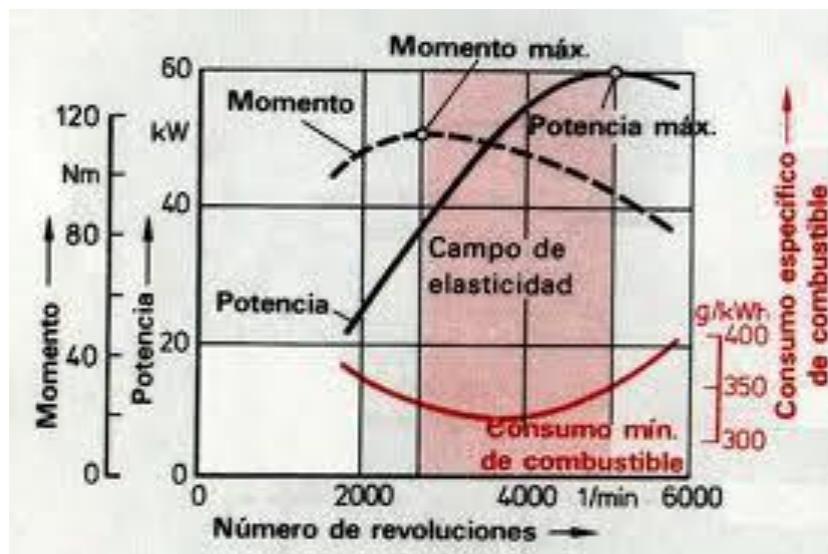


Step Into / Step Over / Step Out

Una vez vista la estructura que compone una aplicación en LABVIEW y de una breve reseña de la implementación de esta, el siguiente paso es definir el tipo de análisis y tratamiento que se le dará a las señales recogidas por el programa.

4.3.3 ANÁLISIS DE DATOS

El estudio del consumo de combustible está compuesto del análisis de las curvas de Potencia, Torque, y Consumo Especifico del motor en función a su velocidad, de tal manera que pueda observarse el comportamiento de la máquina a bajas y altas velocidades.



Fuente: Autores

Figura 4.21 Análisis de Datos

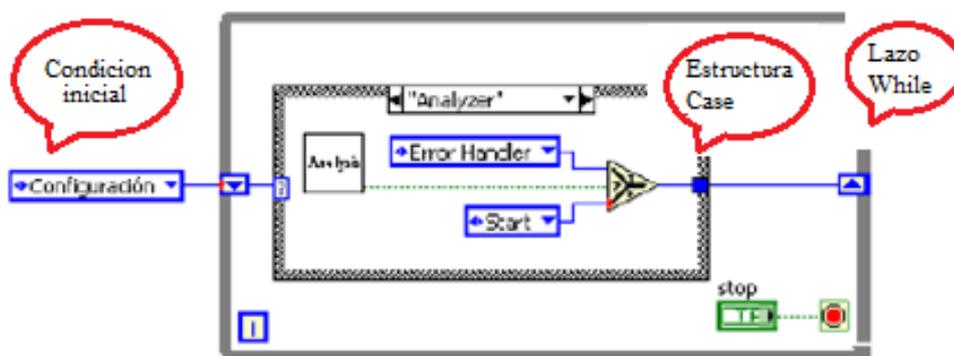
De lo mencionado se concluye que para poder mostrar una gráfica se debe tener una cantidad de datos de cada una de las variables mencionadas, es así que se necesita importar los datos de Potencia Torque y velocidad generados en el dinamómetro (experimento previo), y

en base a estos aproximar una curva de comportamiento con métodos de mínimos cuadrados.

Luego de tener las curvas aproximadas de torque y potencia el siguiente paso es recolectar datos de consumo de combustible en función a la velocidad, para lo cual se hará uso de la balanza que proporcionará valores de masa la cual en conjunto con el valor de la densidad del combustible dará como resultado valores de volumen y con este a su vez se obtendrán valores de consumo específico, claro está tomando en cuenta los valores de potencia y velocidad.

4.3.4 ESTRUCTURA DEL SOFTWARE

Para realizar un algoritmo eficiente que cumpla con todas las funciones requeridas se ha optado por implementar una estructura de programación denominada máquina de estados la cual es una mezcla de funciones propias del programa que permitirán dividir al proceso por etapas de tal forma estas se ejecuten una tras otra en un orden pre establecido en base a condiciones dadas por el programador en base a las necesidades del usuario.



Fuente: Autores

Figura 4.22 Maquina de estados

En el lenguaje de bloques usado por Labview una Máquina de Estados consiste en hacer que dentro de un lazo While que permite hacer continuo todo lo que en este se encuentre, se generen un número de casos (estructura case) que puedan ser comandados por un mando externo (enum) en base a funciones integradas en un caso previo o en condiciones iniciales.

Esta forma de programación no solo nos permite realizar el proceso por etapas sino también manejar de mejor manera los datos pues la escritura, lectura y análisis solo se realizan cuando es necesario y no constantemente, lo que conlleva que los recursos del computador puedan destinarse a otras tareas, y el programa no sea muy pesado.

Una vez descrita la forma en que se va a operar, es necesario determinar las etapas que el programa va a tener dando como resultado la siguiente estructura.



Fuente: Autores

Figura 4.23 Diagrama de Flujo Del Software

Cabe mencionar que se dejara el espacio para operaciones y pasos intermedios como tiempos de espera, confirmaciones de fin de etapa, y alarmas.

Es entonces que el programa se compone de la siguiente manera:

a. Condiciones Iniciales.

En esta parte del programa se definen los valores con los que el programa arranca, los cuales solo se leen una sola vez y que luego pueden ser cambiados según las necesidades. Entre estos tenemos:

- Configuración de los puertos de comunicación serial que consiste en definir la velocidad de comunicación, la identificación del puerto y bits de parada (9600 kbps; COM 1, 2, 3; 1, 2), Es importante destacar que para la designación de los puertos se dispondrá de una pantalla que se mostrara en el arranque del programa.

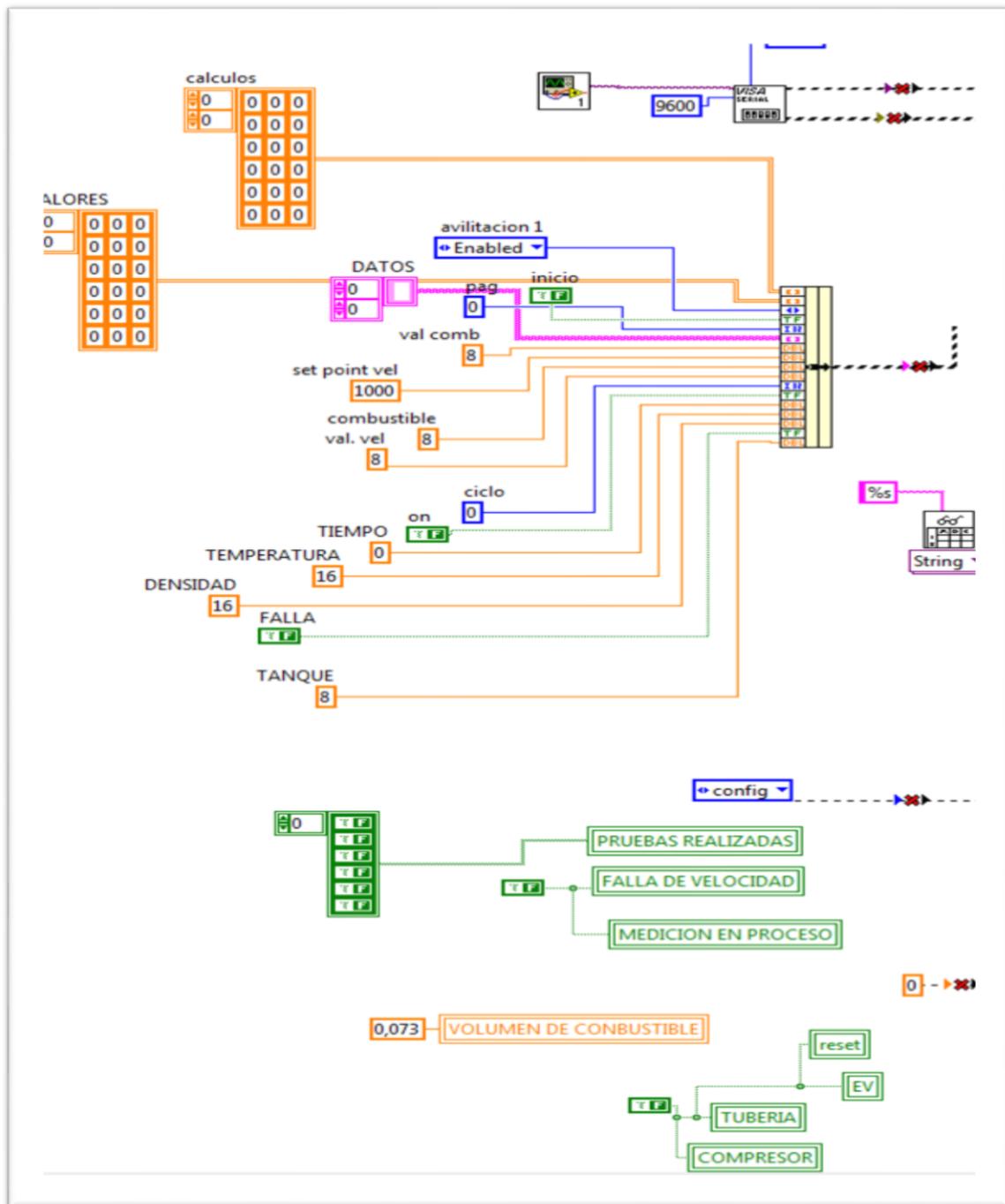


Fuente: Autores

Figura 4.24 Selección de puertos

- Definición de constantes, valores por default, y espacio de memoria para variables y arreglos para cálculos posteriores.
- Creación y lectura de archivos de donde se obtendrá y se escribirá respectivamente los datos relacionados con el análisis.

Condiciones Iniciales.

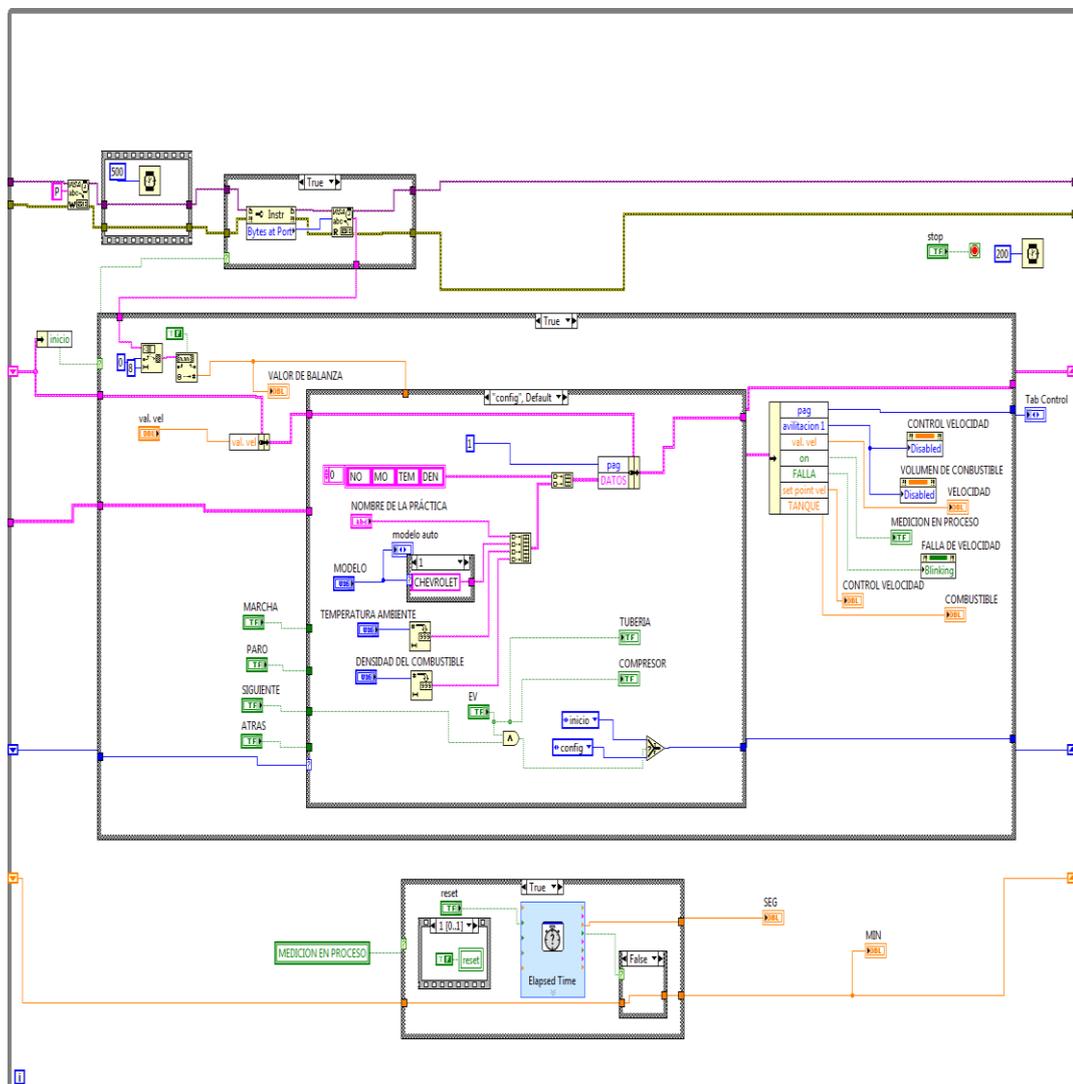


Fuente: Autores

Figura 4.25 Condiciones iniciales del Software

b. Laso Principal.

Esta parte del programa que se encuentra a continuación de las condiciones iniciales se encuentra constituida por un lazo principal que permitirá ejecutar el programa de manera continua, dentro de este se encuentra todas las etapas que el programa seguirá durante su funcionamiento así como subrutinas y sub VIs necesarios en ciertas partes del programa.



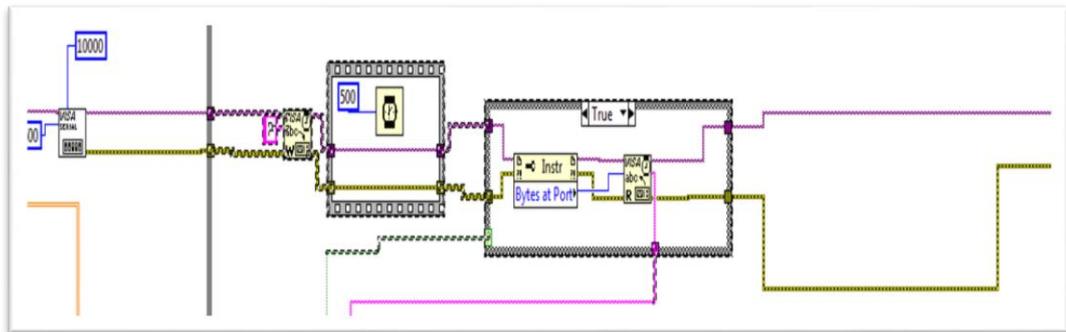
Fuente: Autores

Figura 4.26 Laso Principal Del Software

c. Adquisición de datos.

Una vez configurado los puertos de comunicación es necesario elaborar un arreglo tanto para la escritura como para la lectura ya sea para la balanza o para la tarjeta de adquisición, este arreglo se encuentra dentro del lazo principal pues debe la lectura y escritura de datos se realiza continuamente.

Hay que tomar en cuenta que para recibir el dato de la balanza es necesario enviar el carácter "P", y para la tarjeta de adquisición solo se necesita leer el dato de velocidad y enviar los caracteres "a" y "f" para encender y apagar la electroválvula respectivamente.

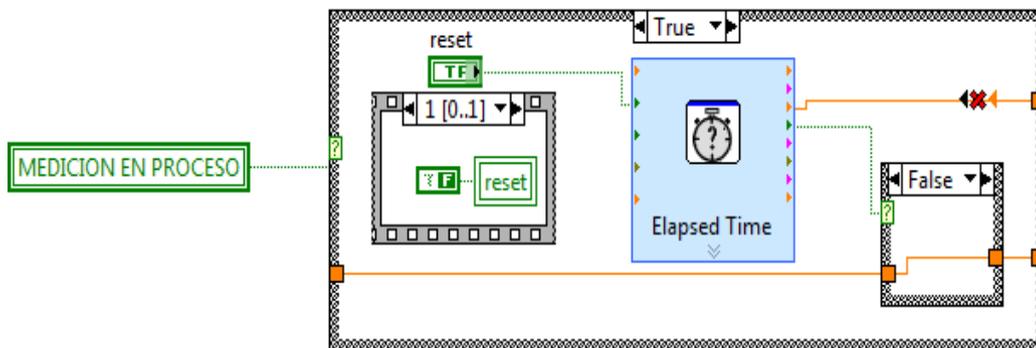


Fuente: Autores

Figura 4.27 Adquisición de datos del Software

d. Subrutina de Cronometro.

Debido a que el conteo del tiempo debe ser independiente de los ciclos de máquina del programa es necesario hacer esta parte por separado pero que se accione en base a una variable local que se encuentra relacionada con un control de una de las pantallas.

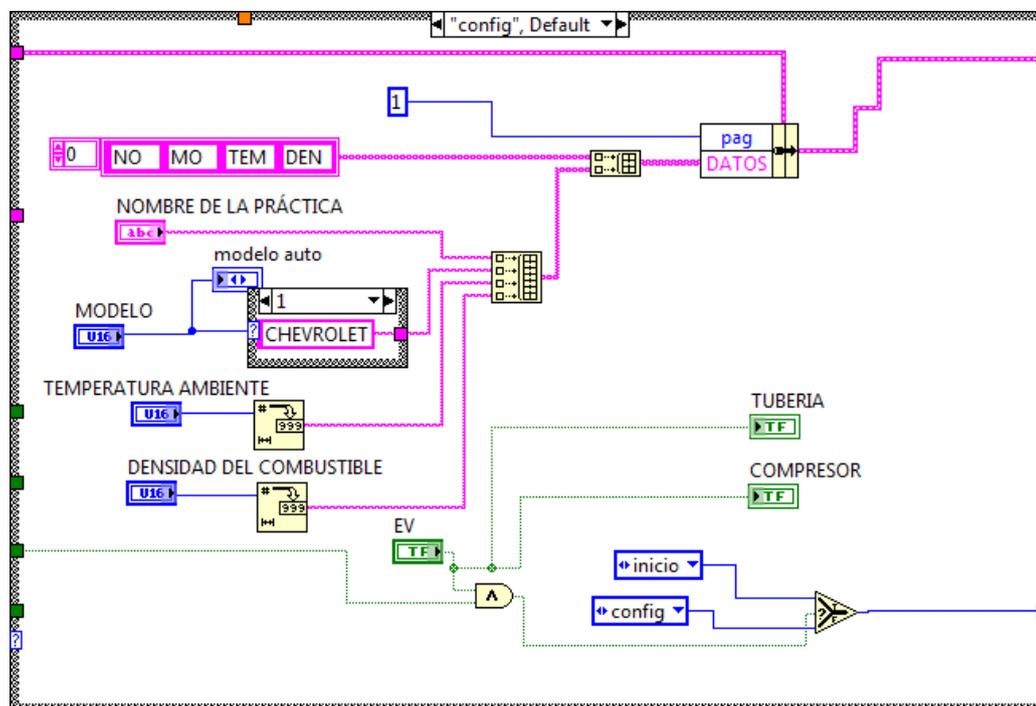


Fuente: Autores

Figura 4.28 Subrutina de Cronometro.

e. Configuración.

Esta es la primera etapa perceptible al usuario pues en esta se pide introducir datos de la práctica tal como el modelo del automotor, nombres y valores que se registraran posteriormente.

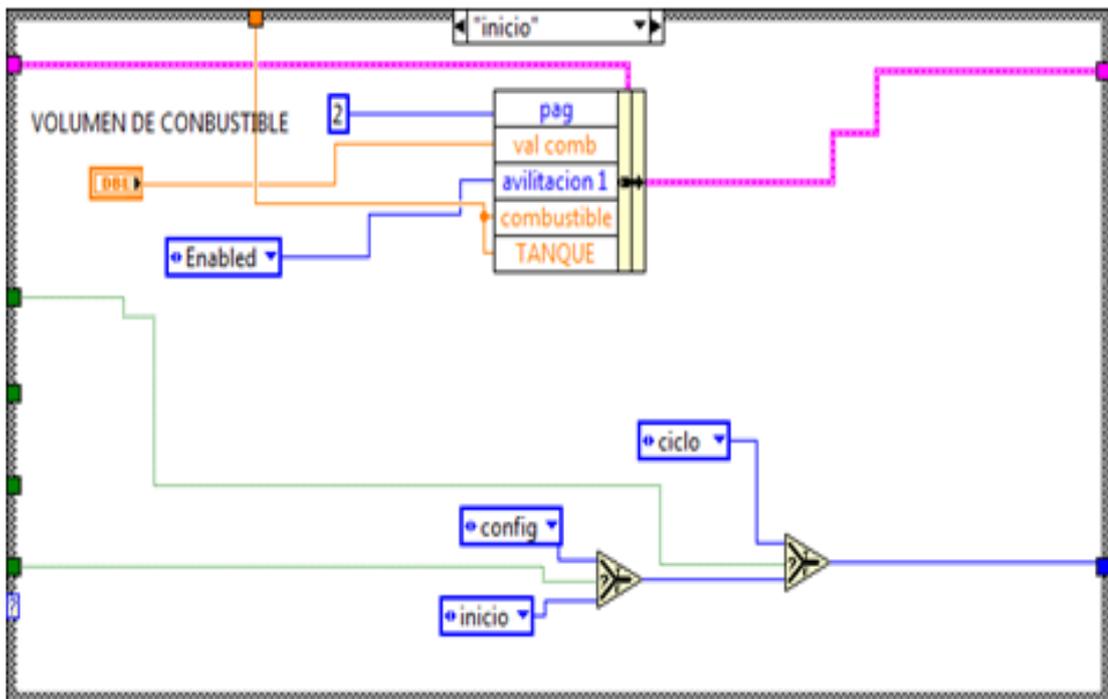


Fuente: Autores

Figura 4.29 Configuración

f. Inicio

Aquí el programa cambia de pantalla y pide al usuario fijar valores de combustible a censar y permite visualizar las condiciones de combustible y velocidad antes de proseguir con la práctica.



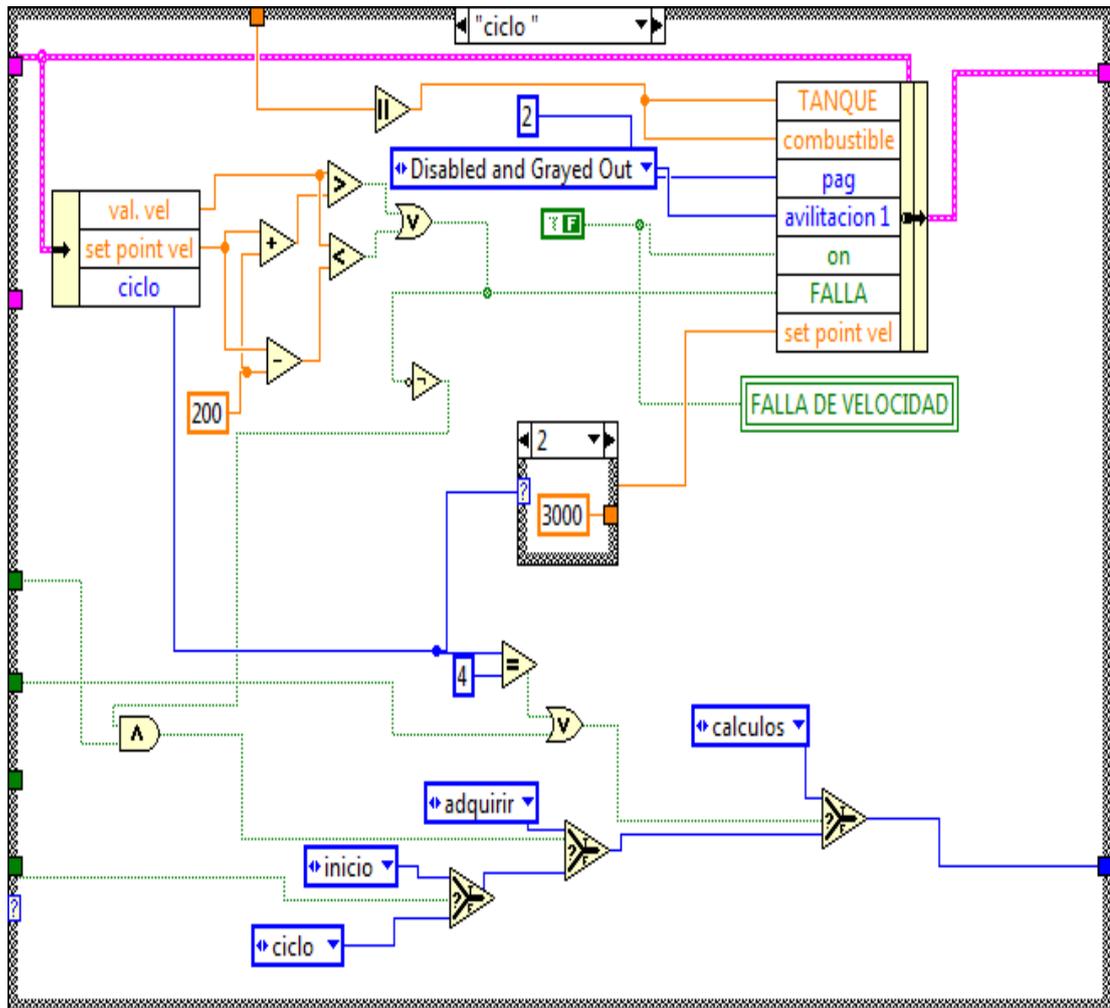
Fuente: Autores

Figura 4.30 Inicio de programa

g. Ciclo.

Luego de fijar los valores el usuario debe presionar continuar para que el proceso pase a chequear la velocidad a la cual debe hacerse la medición, en esta etapa el operador puede subir y bajar la velocidad con el fin de ubicarse en un rango aceptable para proseguir con el proceso.

Esta etapa se ejecutara al inicio de cada medición con el fin de poder ajustar la velocidad a diferentes valores.

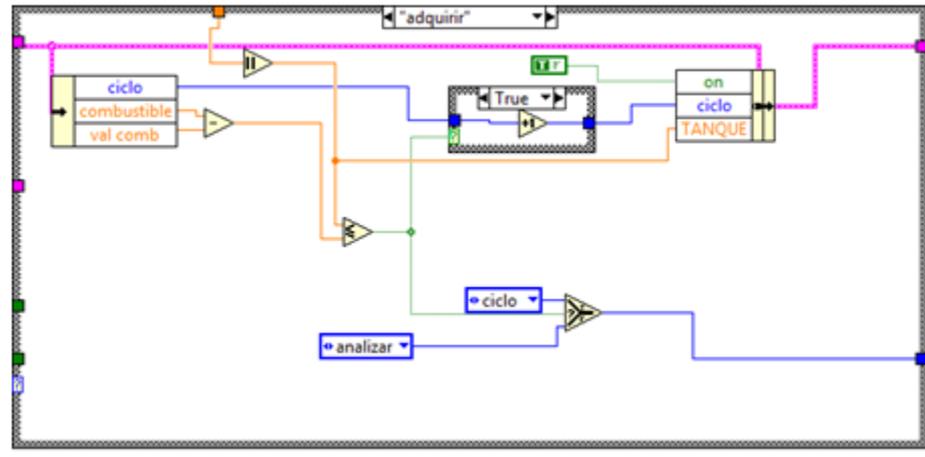


Fuente: Autores

Figura 4.31 Estructura Ciclo

h. Lectura de Datos.

Si el valor de la velocidad esta dentro del rango el operador puede proseguir con la toma de valores, es decir que es en esta etapa donde el programa chequea el valor de combustible con el valor antes seteado, y se da paso al conteo del tiempo hasta que el volumen decrezca lo previamente establecido.

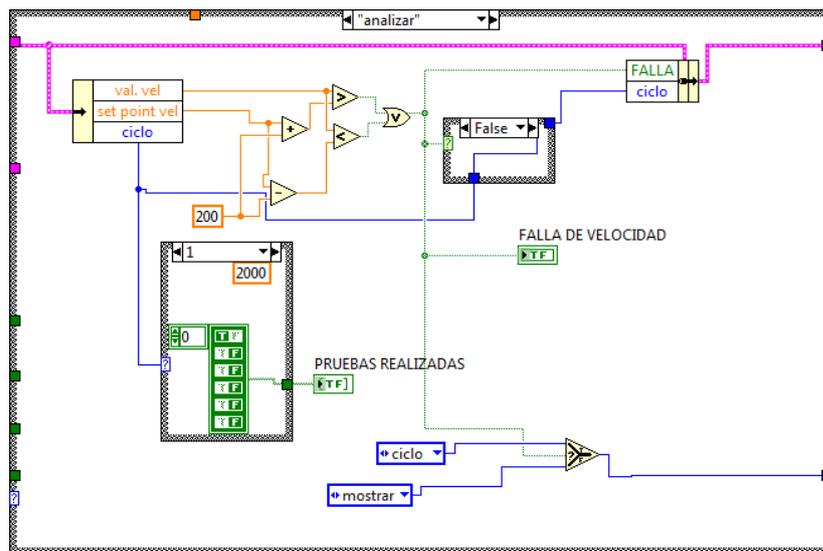


Fuente: Autores

Figura 4.32 Lectura de datos

i. Analisis.

Con la finalidad de prevenir datos erroneos en la medida por parte de la velocidad de ha incorporado un paso que se ejecuta continua y secuencialmente con el anterior, este permite chequear el valor de velocidad y emitir una alarma visual cuando los valores salen del rango, claro esta que si ocurre el evento la medida se resetea y se vuelve a las condiciones para la toma de la misma medicion.

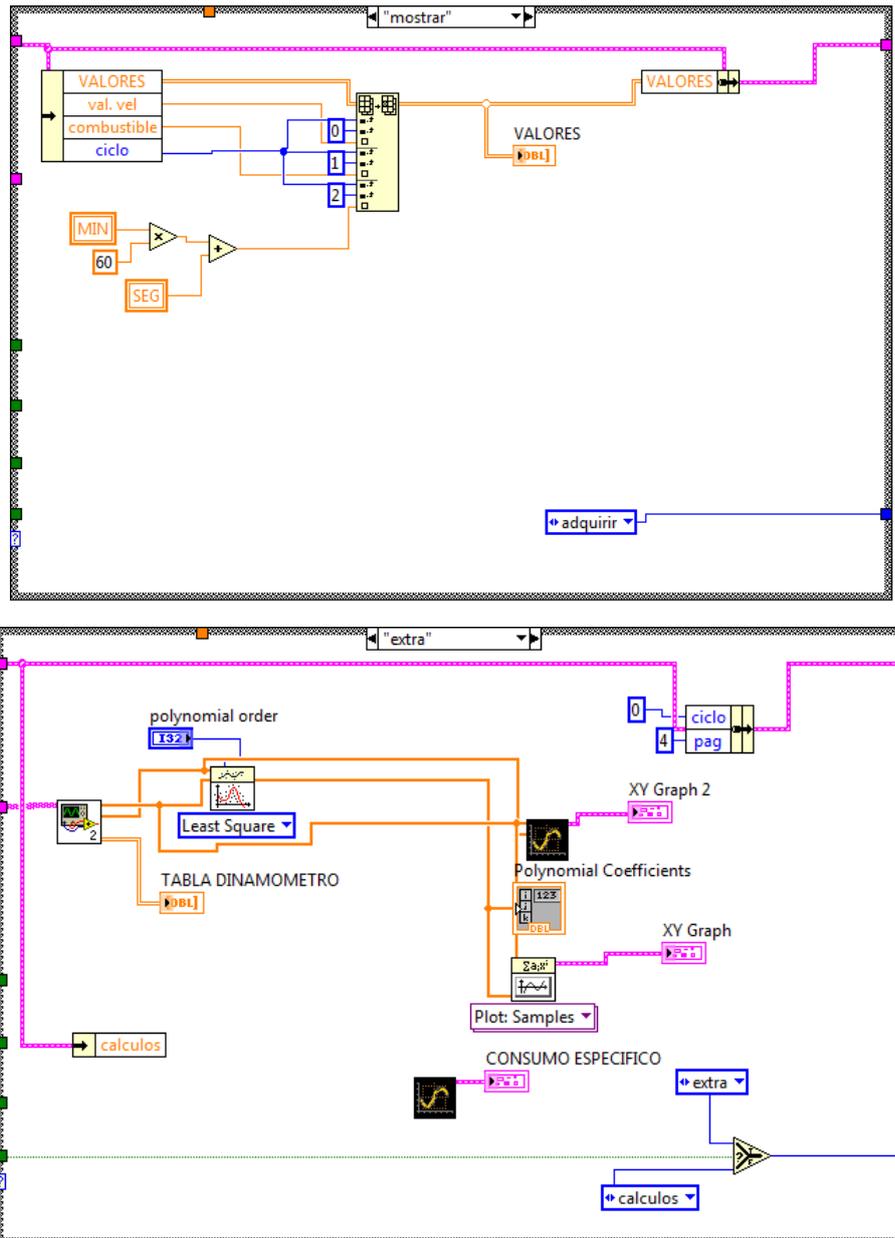


Fuente: Autores

Figura 4.33 Análisis de datos

j. Mostrar.

Siguiendo con la cadena de eventos adquirir, analizar y mostrar esta etapa como su nombre lo indica presenta los valores de proceso en una tabla en la pantalla, actualizando estos en cada medición.

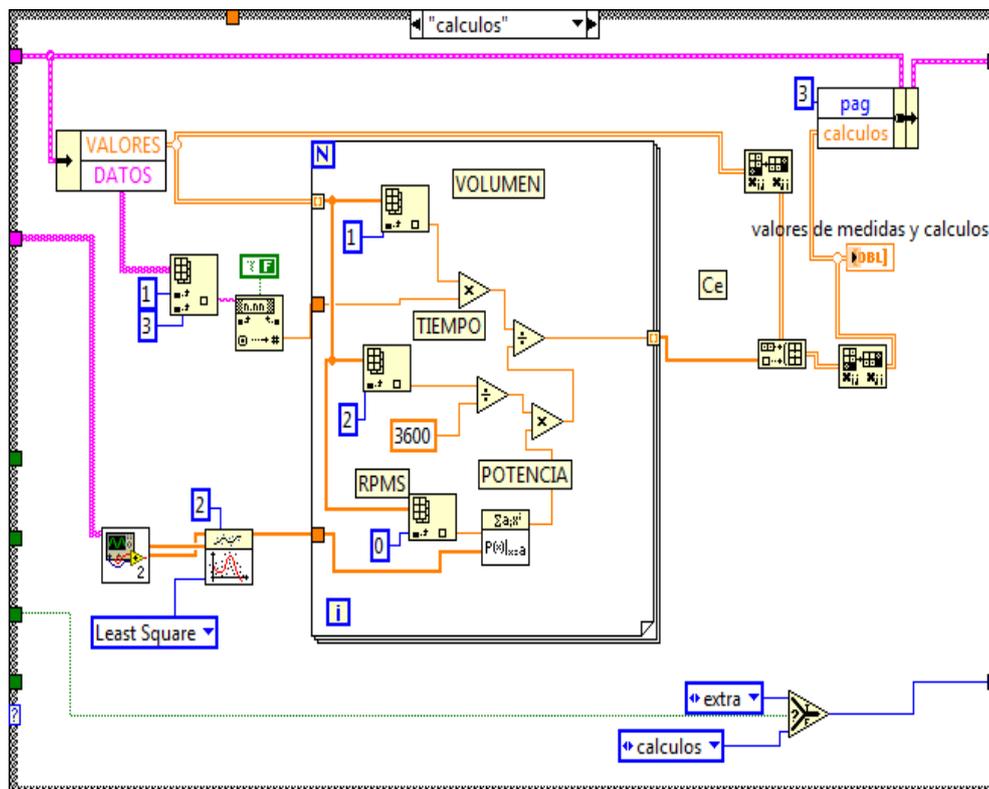


Fuente: Autores

Figura 4.34 Estructura mostrar

k. Cálculos.

Una vez concluidas las mediciones es necesario realizar los cálculos pertinentes para poder mostrar los resultados en graficas tanto de potencia, torque, y consumo específico, para lo cual se ha dispuesto de dos etapas en donde primero se realiza el cálculo y luego en otra etapa se realiza el arreglo de los valores para mostrarlos en una grafica.



Fuente: Autores

Figura 4.35 Estructura cálculos

l. Guardar.

Por último al final del ciclo el programa ejecuta las instrucciones necesarias para guardar los datos en un archivo de Excel.

4.3.5 VISUALIZACIÓN

Luego de obtener un conjunto de datos es necesario mostrarlos de una forma ordenada de tal manera que guarde relación con la secuencia del experimento. Adicionalmente para una comprensión mejor del proceso se incorporará indicadores gráficos que reaccionen de igual forma que las variables censadas, sin olvidar las gráficas comparativas de Potencia, Par, y Consumo Especifico.

En este punto es necesario recalcar que los controles e indicadores deben formar una pantalla interactiva accesible al usuario, es decir que el programa deberá contar con el mínimo de controles posibles que permitan realizar todas las tareas concernientes al análisis.

Para lograr dar una secuencia de ejecución ordenada del proceso se dispondrá de una serie de pantallas que aparecerán secuencialmente con el fin de ir recolectando y mostrando la información gradualmente para tener una mejor asimilación de la práctica por parte del usuario.



Fuente: Autores

Figura 4.36 Pantalla de Presentación del Software



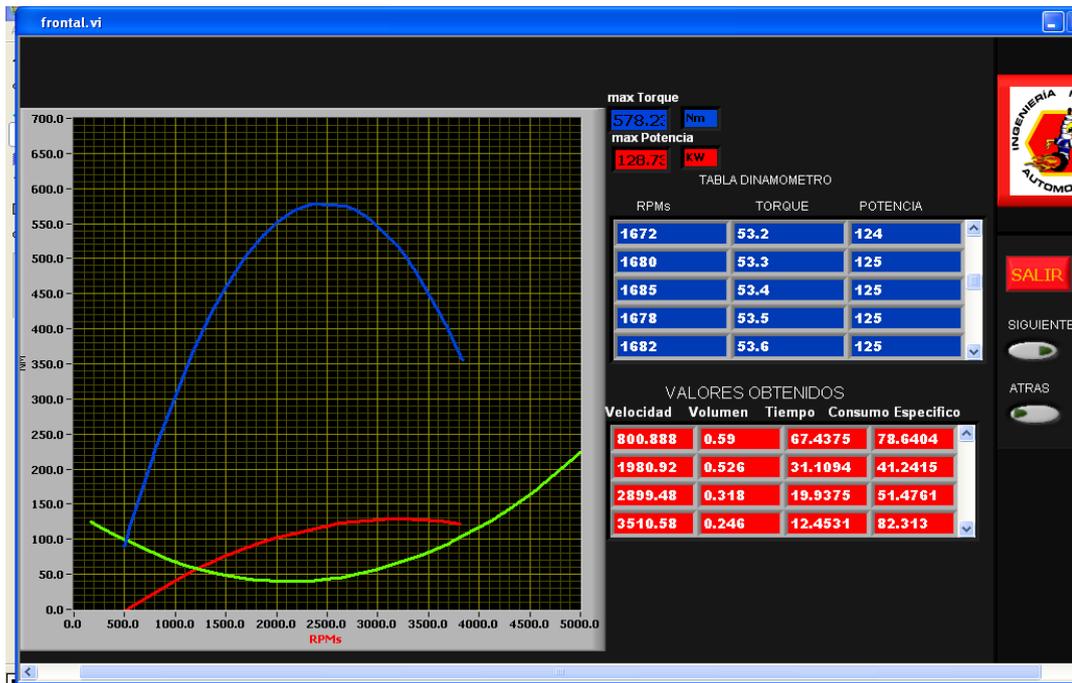
Fuente: Autores

Figura 4.37 Pantalla de Ingreso de datos



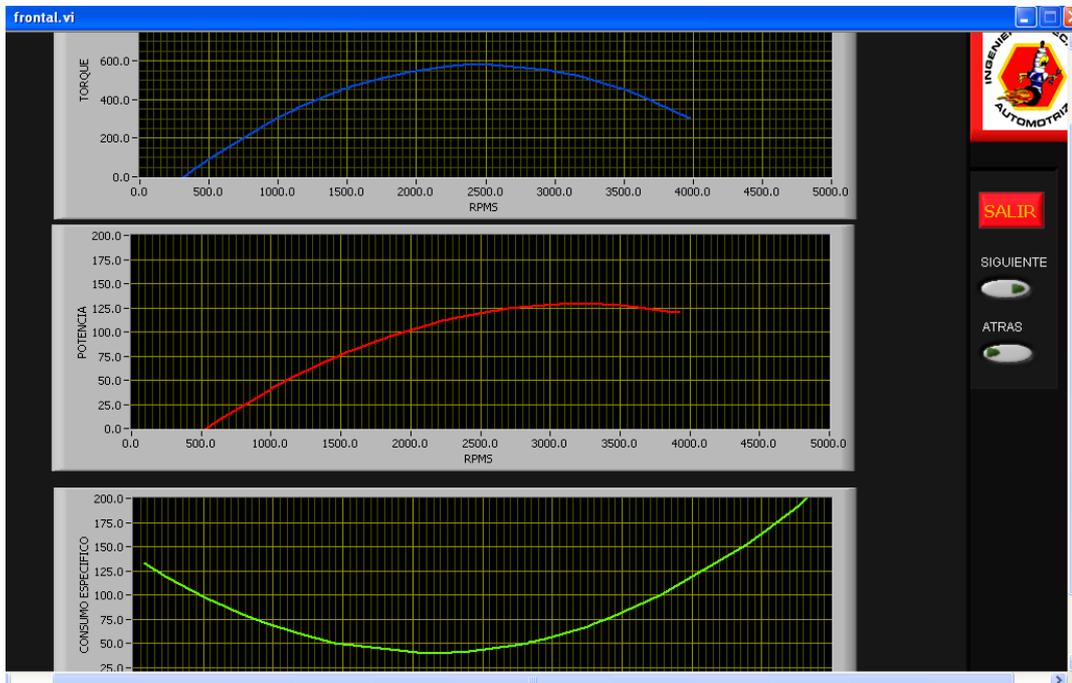
Fuente: Autores

Figura 4.38 Pantalla de Obtención de datos



Fuente: Autores

Figura 4.39 Pantalla de Presentación de graficas y datos



Fuente: Autores

Figura 4.40 Pantalla de Presentación de Graficas

4.4 DESARROLLO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Para la adquisición del dato de velocidad se dispondrá de elementos electrónicos capaces de contar el número de revoluciones en base a una marca en un elemento giratorio (rodillo del dinamómetro), todos estos montados e interconectados en una baquelita.

Es de esta manera primeramente se necesita establecer las etapas que compondrán el sistema.



Fuente: Autores

Figura 4.41 Diagrama de flujo de la tarjeta

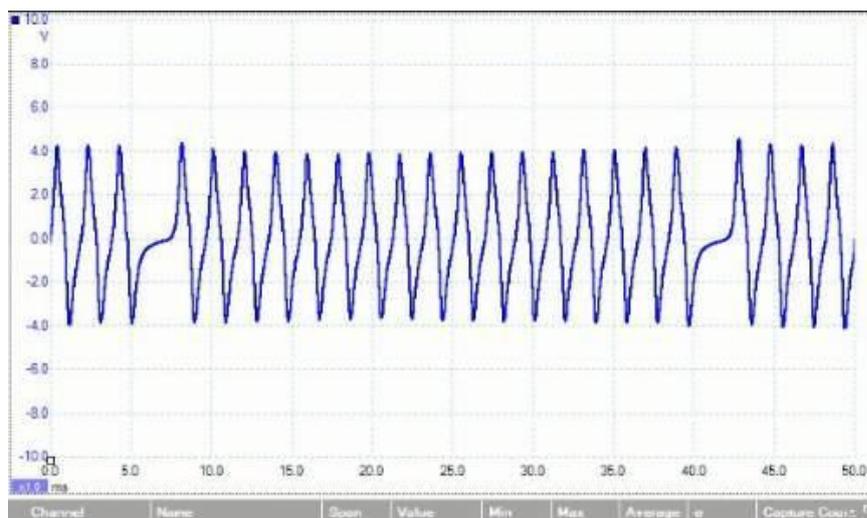
4.4.1 Instrumentación.

Para lograr contar el número de revoluciones se hará uso de un sensor inductivo especial para este tipo de aplicaciones, este tiene la particularidad de emitir una señal discreta cuando hay un desfase de distancias en la rueda fónica emitido entre emisor y receptor, debido a que esta hecho en base a semiconductores este puede trabajar a altas frecuencias y no tiene la necesidad de un acondicionamiento especial para su utilización más que un arreglo de resistencias.

Esta formado por un imán permanente y una bobina, funcionando en base a la interrupción del campo magnético por el paso de los dientes en el volante.

Generalmente este sensor posee 2 cables aunque alguno puede presentar 3 cables, tratándose en este último caso de un protector coaxial para impedir interferencias que afecten la señal

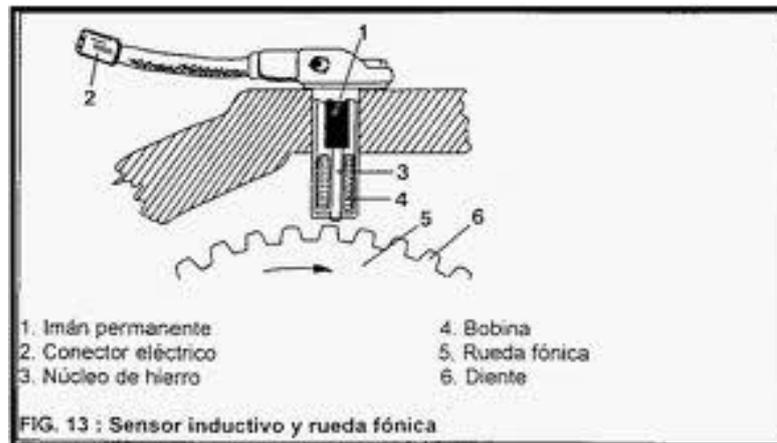
La comprobación se realiza conectando el conector y midiendo la onda del cable de señal cuando el motor es arrancado.



Fuente: <http://www.2carpros.com/articles/how-a-crank-shaft-angle-sensor-works>

Figura 4.42 Sensor y Señal Inductivo CKP

El sensor de revoluciones inductivo CKP se utilizo para medir en tiempo real la velocidad del motor dato necesario para poder graficar la curva de consumo especifico de combustible en las practicas, se lo a conectado en el eje de uno delos rodillos del dinamómetro.



Fuente: Autores

Figura 4.43 Posición del Sensor Ckp

4.4.2 Acondicionamiento.

Si bien el sensor brinda una señal discreta sin la necesidad de realizar un arreglo complicado, debido a la distancia esta señal puede atenuarse por lo cual es necesario acoplar el arreglo a una etapa de acondicionamiento

que cuenta solamente con un amplificador operacional dispuesto como seguidor, es decir con ganancia 1 de tal forma que solo sirva para acoplar la señal y no cambie el valor de origen.

4.4.3 Procesamiento.

Una vez que la señal en forma de pulsos esta estable es necesario procesarla, para ello se ingresara los pulsos a un microcontrolador que registrara los pulsos y los interpretará como un valor de revoluciones y seguidamente este dato se enviara por el puerto serial hacia el computador.

Otra de las funciones de este elemento es comandar la electroválvula de paso atreves de un pequeño relé.

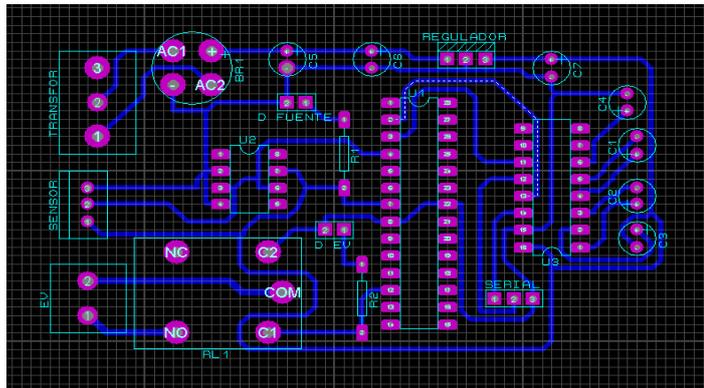
4.4.4 Comunicación

Como se menciona anteriormente la comunicación será de manera serial, para ello es necesario transformar los nivele lógicos de voltaje de TTI (5Vdc) a valores aptos para la PC, el elemento capaz de realizar esta tarea es un integrado MAX 232 propio para esta aplicación.

4.4.5 HARDWARE UTILIZADO

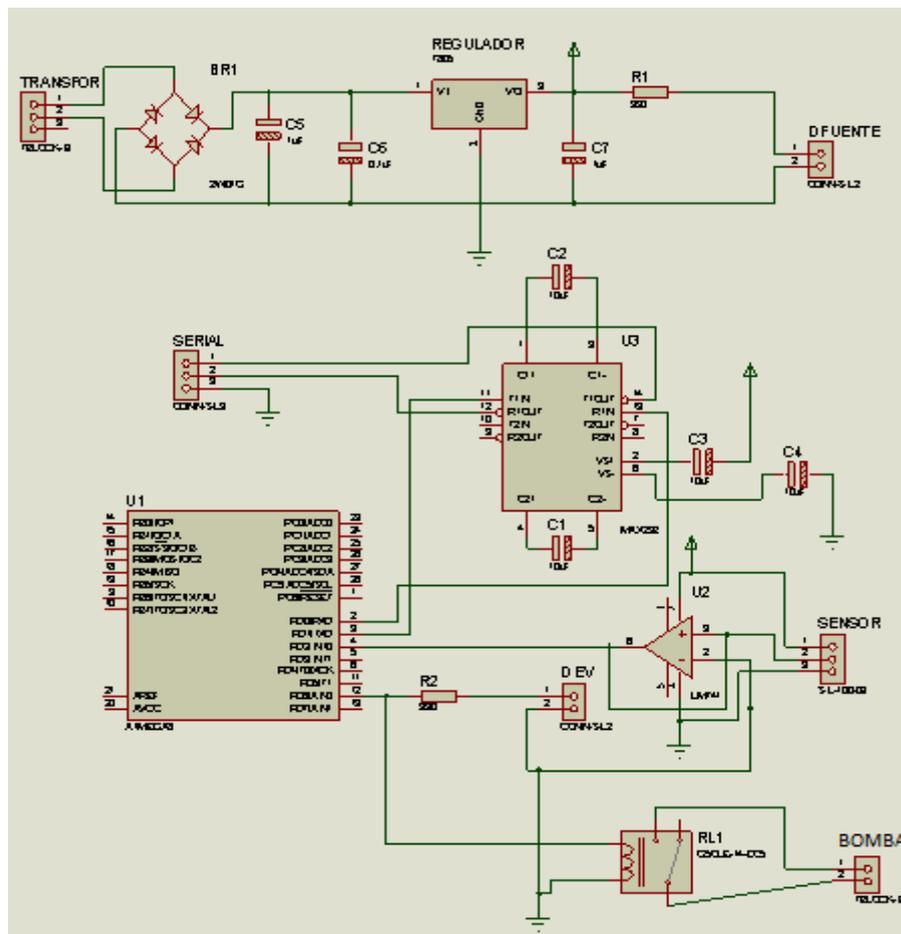
Para la elaboración del circuito se ha hecho uso de una herramienta de simulación denominada PROTEUS el cual permite realizar la interconexión de los elementos necesarios y simular su funcionamiento en conjunto sin la necesidad de tener el circuito físicamente armado, esto con el fin de detectar posibles fallas en el diseño.





Fuente: Autores

Figura 4.44 Planos del circuito de adquisición de datos



Fuente: Autores

Figura 4.45 Programación de la tarjeta de adquisición de datos

Adicionalmente el programa permite exportar los elementos a una aplicación que permite diseñar una placa física con todas las partes y conexiones involucradas en la implementación del circuito.

4.4.6 SOFTWARE UTILIZADO

Como parte fundamental del procesamiento esta el algoritmo implementado en el microcontrolador el cual constara de partes esenciales tales como:²³

- **Configuración.-** Parte principal donde se designa el tipo de elemento a usar, velocidad a la cual va a trabajar, parámetros de comunicación, puertos a utilizar, definición de entradas y salidas, y valores de referencia.
- **Designación de variables.-** Consiste en crear y definir variables y constantes con espacios de memoria apropiados para su posterior uso.
- **Lazo de principal.-** Involucra todas las consideraciones para los cálculos, interpretaciones y sentencias que deben intervenir en la lectura y envío de señales y datos.
- **Subrutinas.-** Partes del programa que solo se ejecutan en función de un evento particular, en esta aplicación se utilizara para realizar un conteo de tiempo para establecer una relación con el número de pulsos y así determinar una velocidad aproximada.
- **Interrupciones.-** Parte del programa que se ejecuta cuando un evento externo se manifiesta en una entrada especial del elemento. Para esta aplicación usada para contar los pulsos sin importar el ciclo del lazo principal.

²³ Aplicaciones Electrónicas con microcontroladores AVR, Ing. Ramiro Valencia. 2008

Para realizar este algoritmo se hará uso de una herramienta computacional en base a lenguaje C llamada Bascom propia para la elaboración de programas en microcontroladores AVR tal como el ATmega 8 usado en la presente aplicación.



Fuente: Aplicaciones Electrónicas con microcontroladores AVR

Figura 4.46 Bascom AVR

CAPÍTULO 5

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MEDIDOR DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

5.1 INTRODUCCIÓN

El medidor de consumo específico de combustible al cual de aquí en adelante lo denominaremos como “equipo” es una herramienta de experimentación, inherente al banco de pruebas (Dinamómetro) del laboratorio de motores Gasolina-Diesel de la ESPEL, que aplicado a los automóviles (motores), tienen por objetivo principal obtener los datos necesarios para mediante un software graficar las curvas características de los motores.



Fuente: Autores

Figura 5.1 Medidor de consume específico de combustible

5.2 OPERACIÓN DEL EQUIPO

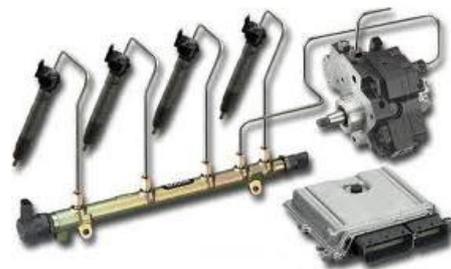
El equipo puede ser utilizado para realizar pruebas tanto a motores con sistemas de alimentación mecánica o electrónica y que utilicen gasolina o diesel como combustible.

A continuación se detalla los pasos a seguir para una óptima toma de datos y un correcto funcionamiento del equipo en las siguientes situaciones:

- Operación del equipo en motores con inyección electrónica a gasolina.
- Operación del equipo en motores con carburador a gasolina.
- Operación del equipo en motores diesel.



a)



b)



c)

Fuente: Autores

Figura 5.2 a) Carburadores, b) inyección electrónica gasolina, c) Bomba Diesel

5.2.1 OPERACIÓN DEL EQUIPO EN MOTORES CON INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA

1. Realizar la prueba de torque y potencia en el dinamómetro existente en el laboratorio de motores de la ESPEL.
2. Definir el tipo de motor a ser comprobado, electrónica o mecánica controlada.
3. Localizar las tuberías de alimentación y retorno de combustible del motor.
4. Conectar la tubería de retorno del motor a la tubería de retorno azul (marcado "RETORNO") del equipo con un conector apropiado.
5. Arranque el motor para suministrar combustible al depósito del equipo, mediante la tubería de retorno previamente conectada, hasta un nivel específico para la realización de la práctica.
6. (Ningún dispositivo de retorno es necesario si no hay ningún tubo de retorno en el motor, pero la gasolina en el depósito del equipo debería ser añadida manualmente a un nivel específico).
7. Desconecte el tubo de entrada de combustible del motor, y conecte el tubo de salida de combustible de color rojo (marcado "PRESIÓN") del equipo, con un conector apropiado.
8. Retire el fusible de la bomba de combustible, ubicado en la caja de fusibles.
9. En lugar del sistema de alimentación de combustible del vehículo, el equipo proporcionara combustible para el motor durante la práctica.

10. Gire en el sentido de las agujas del reloj la perilla de la válvula de presión de combustible (marcada "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE") del equipo, despacio hasta que el puntero del manómetro se balancee ligeramente. (En el sentido de las agujas del reloj la vuelta aumenta la presión y en sentido contrario a las agujas del reloj disminuye la presión).
11. Compruebe si hay alguna fuga en las tuberías y conectores, repare según requiera antes de realizar el siguiente paso.
12. Siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE") hasta que el combustible de retorno se desborde en el depósito de combustible del equipo. Ahora la presión del combustible en el equipo es alta suficiente para arrancar el motor.
13. Haga funcionar el motor y siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE"), si el motor requiere más presión de combustible para su funcionamiento normal.

5.2.2 OPERACIÓN DEL EQUIPO EN MOTORES CON CARBURADOR A GASOLINA

1. Realizar la prueba de torque y potencia en el dinamómetro existente en el laboratorio de motores de la ESPEL.
2. Definir el tipo de motor a ser comprobado, motor de carburador.
3. Localizar las tuberías de admisión y retorno de combustible del motor.

4. Desconecte el tubo de retorno en el motor y conectarlo en la tubería de retorno azul (RETORNO) del quipo con un conector adecuado.
5. Arranque el motor para suministrar combustible al depósito del equipo, mediante la tubería de retorno previamente conectada, hasta un nivel específico para la realización de la práctica.
6. No hay necesidad de conectar la tubería de retorno del equipo si el carburador no tiene ninguna tubería de retorno, pero la gasolina en el depósito del equipo debería ser añadida a un nivel específico.
7. Desconecte el tubo de entrada de combustible al motor (conectado a la entrada del carburador), y conecte el tubo de salida de combustible de color rojo (marcado "PRESIÓN") del equipo, con un conector apropiado.
8. Retire el fusible de la bomba de combustible, ubicado en la caja de fusibles. En caso que la bomba sea mecánica extraer la tubería de entrada de combustible (conectado al tanque de combustible) bombear y bloquear para evitar fugas.
9. En lugar de la bomba y el depósito de combustible del vehículo, el equipo proporcionara combustible para el motor durante la práctica.
10. Compruebe si hay alguna fuga en las tuberías y conectores, repare según requiera antes de realizar el siguiente paso.
11. Gire en sentido de las agujas del reloj la perilla de la válvula de presión de combustible (marcada "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE") del equipo, despacio hasta que el puntero del manómetro se balancee ligeramente y su lectura se acerque a 20 PSI.

12. Siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE"), si el motor requiere más presión de combustible para su funcionamiento normal.

5.2.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO EN MOTORES DIESEL

1. El equipo puede ser utilizado para prácticas en camiones de tamaño medio y pequeño y los coches con motor diesel.
2. Realizar la prueba de torque y potencia en el dinamómetro existente en el laboratorio de motores de la ESPEL.
3. Definir el tipo de motor a ser comprobado, motor diesel.
4. Localizar las tuberías de admisión y retorno de combustible del motor.
5. Conectar la tubería de retorno del motor a la tubería de retorno azul (marcado "RETORNO") del equipo con un conector apropiado.
6. Arranque el motor para dirigir el flujo de retorno de combustible al depósito de combustible del equipo y hacerlo acumular hasta un nivel correspondiente, para la realización de la práctica.
7. Conecte el tubo de salida de combustible (marcada "PRESIÓN") al conector de entrada de la bomba diesel en el motor. (Es decir, para eliminar la entrada de la bomba diesel).
8. Comprobar si hay alguna fuga en la tubería de entrada y de retorno.
9. Arranque el motor y siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE"), si el motor requiere más presión de combustible para su funcionamiento normal.

5.2.4 RESUMEN DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

Aquí se generaliza el proceso de operación del equipo en forma resumida

1. Definir la tubería entrada y de retorno (la tubería de entrada de combustible es un poco más grueso y la tubería de retorno es un poco más delgada.)
2. Conectar las tuberías de entrada y retorno de combustible del motor a las respectivas tuberías de presión (PRESIÓN) y retorno (RETORNO) del equipo, como se ha descrito anteriormente.
3. Hale y gire en sentido de las agujas del reloj la válvula de presión de aire (para aumentar la presión) hasta que el puntero se balancee ligeramente, lo que indica la presión del combustible es lo suficientemente alta como para arrancar el motor.
4. Compruebe si hay alguna fuga en las tuberías y conectores.
5. Arranque el motor siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE"), si el motor requiere más presión de combustible para su funcionamiento normal.

5.3 MANEJO DEL SOFTWARE

El software es una herramienta tecnológica interactiva desarrollada en lenguaje de programación grafica G "**LabVIEW**", la cual utilizamos como interfaz de comunicación entre la balanza electrónica y la PC, para su correcto funcionamiento a continuación se detalla el proceso a seguir.

1. Ejecutamos el programa llamado "Medidor" que lo encontraremos como acceso directo en el escritorio de la PC.

- Ingresamos y debemos seleccionar los puertos de comunicación (interfaz de comunicación) COM1 ó COM2, depende de que puertos se utilicen para la conexión.



Fuente: Autores

Figura 5.3 Selección de puertos

- Seleccionamos el archivo que contenga la tabla de datos de nuestro vehículo, previamente obtenidos de la práctica de Torque y Potencia en el dinamómetro.



Fuente: Autores

Figura 5.4 Selección del archivo del dinamómetro

- Ingresamos el mismo nombre de la práctica anterior realizada en el dinamómetro, seleccionamos modelo del vehículo, densidad del combustible, temperatura ambiente y activamos la bomba para activar al “Equipo”.



Fuente: Autores

Figura 5.5 Ingreso de datos del vehículo

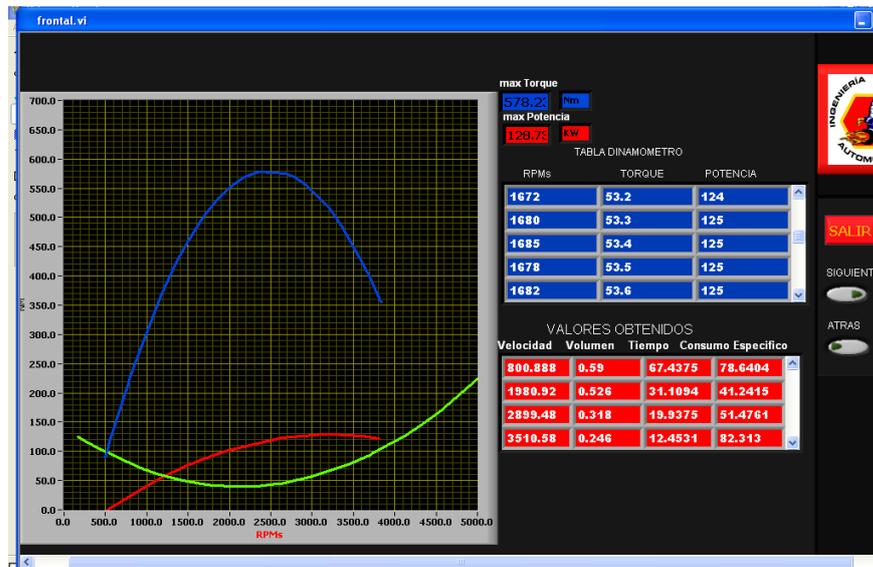
- Verificamos que en el equipo haya suficiente combustible para realizar la practica (700 cc).
- Encendemos el vehículo.
- Seleccionamos el régimen de velocidad del motor y volumen de combustible para realizar la primera medición (1000rpm, 100cc), y con la misma carga seleccionada en el dinamómetro damos marcha al vehículo a un régimen del motor de aproximadamente 1000 rpm, y estaremos tomando el tiempo en el que se consume los 100cc de combustible.



Fuente: Autores

Figura 5.6 Medición de consumo

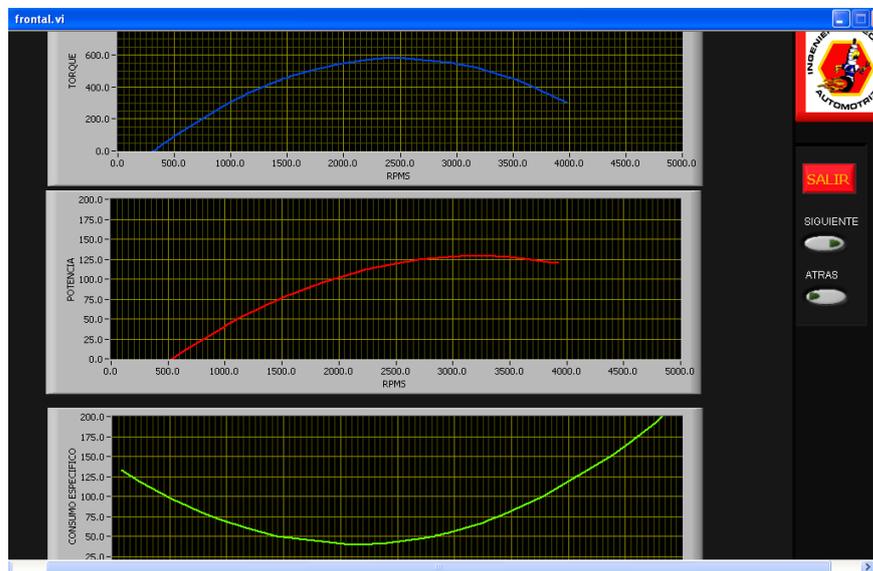
8. Seleccionamos el régimen de velocidad del motor y volumen de combustible para realizar la segunda medición (2000rpm, 100cc), y con la misma carga seleccionada en el dinamómetro damos marcha al vehículo a un régimen del motor de aproximadamente 2000 rpm, y estaremos tomando el tiempo en el que se consume los 100cc de combustible.
9. Repetir el mismo proceso del paso 8 para los regímenes de motor en (3000, 4000, 5000) rpm, si el motor lo permite, o con 3 mediciones será suficiente para graficar la curva de consumo específico.
10. En el caso de que se prenda la luz de “Fallo de Medida” repita el paso 7.
11. Aquí se muestra las tablas de datos obtenidos durante la medición del combustible consumido.



Fuente: Autores

Figura 5.7 tabla de datos obtenidos y calculados

12. Aquí se muestra las graficas de Torque, Potencia y Consumo especifico de combustible.



Fuente: Autores

Figura 5.8 Visualización de graficas

13. Analizar gráficas.

5.4 SEGURIDAD DURANTE LA PRACTICA

5.4.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

No existen dudas de que los combustibles (gasolina, diesel) contienen una gran concentración de compuestos tóxicos, convirtiéndose en el único factor de peligro al momento de realizar la práctica, por lo cual debe manejársela con mucha precaución.

Visión General Sobre las Emergencias: ¡Peligro! Líquido Inflamable. Perjudicial si se ingiere o inhala. Afecta el sistema nervioso central. Elimina la grasa de la piel. Puede causar irritación a los ojos y al tracto respiratorio.



Fuente: http://www.ahb.es/senaletica/senaletica_advertencia/1/ficha1241.htm

Figura 5.9 Precaución líquido inflamable

5.4.2 EFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

a. Inhalación:

Depresión del sistema nervioso central. En baja concentración produce sed y opresión en el pecho. En alta concentración produce dolor de cabeza, irritación de los ojos, nariz, garganta y pulmones, fatiga, descoordinación, somnolencia, náuseas, vómito, convulsiones, shock.

b. Ingestión:

Irritación gastrointestinal, fatiga, pérdida de la conciencia. Puede causar neumonía.

c. Piel:

Elimina la grasa de la piel produciendo resequedad y fisuras.

d. Ojos:

Posible irritación e inflamación, no causa daños permanentes.

e. Efectos crónicos:

El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar dermatitis. Estudios de laboratorio con ratas y ratones muestran que la inhalación crónica puede causar daños al hígado y a los riñones. Este producto puede contener benceno que es cancerígeno. Estudios de salud en humanos, muestran que el benceno puede causar daños en el sistema de producción de sangre como serios desordenes que pueden incluir leucemia.

Evite exposición. Obtenga instrucción especial antes de su uso. En caso de accidente o malestar obtenga ayuda médica.

Altamente inflamable. Puede ser encendido por chispas, llamas o calor intenso. Puede acumular cargas estáticas por agitación o movimiento. El vapor puede causar dolor de cabeza, náuseas, vértigo, somnolencia, inconsciencia. Irritante leve o medio para piel y ojos.

5.4.3 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

a. Inhalación:

Tome precauciones para su propia seguridad (utilice equipo de protección adecuado, retire la fuente de contaminación o mueva a la víctima al aire fresco). Personal entrenado debe suministrar respiración artificial si la víctima no respira, o aplicar resucitación cardiopulmonar si hay paro cardíaco y respiratorio. Evite el contacto directo boca a boca. Obtenga atención médica de inmediato.

b. Contacto con la piel:

Retire rápidamente el exceso de gasolina. Lave por completo el área contaminada con abundante agua y un jabón no abrasivo durante por lo menos 5 minutos, o hasta que el producto sea removido. Debajo de la corriente de agua retire la ropa contaminada, zapatos y artículos de cuero contaminados. Si persiste la irritación repita el lavado. Obtenga atención médica de inmediato. La ropa debe descontaminarse antes de su reutilización.

c. Ingestión:

Si la víctima está consciente, dele a beber uno o dos vasos de agua para diluir el material en el estómago. No induzca al vómito; si éste ocurre naturalmente, mantenga a la víctima inclinada para reducir el riesgo de aspiración. Repita la administración de agua. Obtenga ayuda médica de inmediato.

d. Contacto con los ojos:

Retire rápidamente el exceso de gasolina. Lave de inmediato con abundante agua tibia a baja presión, durante por lo menos 5 minutos o hasta que el producto sea removido, manteniendo los párpados separados. Evite que el agua contaminada caiga sobre la cara o los ojos. Obtenga atención médica de inmediato.

5.5 CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

5.5.1 Controles de Ingeniería:

Ventilación (a prueba de explosión) local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas, estaciones lavaojos y extintores.

5.5.2 Equipo de protección Personal

En el transcurso de las intervenciones que se realicen en el equipo y en si a un sistema de alimentación de combustible, deben llevarse siempre la siguiente protección personal por lo anteriormente expuesto.

- a. **Protección de los ojos y rostro:** Gafas de seguridad



Fuente: <http://www.flickr.com/photos/raineriopl/4180784650/>

Figura 5.10 Protección de la vista

- b. **Protección de la piel:** Guantes de caucho, si hay riesgo de contacto con la piel use ropa de protección química.



Fuente: <http://www.flickr.com/photos/raineriopl/4180784650/>

Figura 5.11 Protección de la piel

- c. **Protección respiratoria:** Respirador con filtro para vapores orgánicos si la concentración de los vapores es alta o si la ventilación es insuficiente.



Fuente: <http://www.flickr.com/photos/raineriopl/4180784650/>

Figura 5.12 Protección respiratoria

d. Protección en caso de emergencia: Equipo de respiración autónomo (SCBA) Self-Contained Breathing Apparatus, y ropa de protección total, en caso de derrame puede utilizarse un respirador con filtro para vapores orgánicos.

5.6 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

El medidor de consumo específico de combustible, es un sistema de alimentación y medición de combustible portátil, que no requieren grandes atenciones ni herramienta especial para lograr que su funcionamiento sea correcto. Las operaciones de mantenimiento son sencillas y se reducen a un control periódico de su funcionamiento y una correcta utilización del mismo, lo que redundará en una mayor durabilidad del sistema con un mínimo margen de error.

5.6.1 LIMPIEZA

El mayor enemigo de un buen mantenimiento es la suciedad, un rastro de suciedad en cualquier punto de las cañerías o de la bomba puede dar lugar al funcionamiento defectuoso del mismo.

5.6.2 BOMBA DE COMBUSTIBLE EXTERNA

Las bombas eléctricas se caracterizan por ser de bajo mantenimiento; el cual, dada su extrema sencillez, puede ser efectuado generalmente por el usuario.

a. Mantenimiento Por El Usuario

Aconsejamos revisar periódicamente el estado de los distintos equipos y accesorios conectados a la bomba, presentes en el sistema a fin de evitar perjuicios sobre la misma. Inspeccione los filtros de las cañerías de succión, el estado de los conductos, etc.

El único mantenimiento que se le puede realizar a una bomba de este tipo es la revisión visual de la presión emitida por este, que se lo puede verificar en el manómetro instalado en el equipo, este no debe ser inferior a 15 psi caso contrario se debe cambiar ya que al tratarse de un elemento sellado no se le puede dar algún tipo de mantenimiento.

5.6.3 FILTRO DE COMBUSTIBLE

No requiere reparación sino únicamente revisiones periódicas para comprobar que no esté obturado, y el cambio definitivo del filtro según requiera.

5.6.4 DEPOSITO DE COMBUSTIBLE

Raro es el caso de un deposito que requiera atención, si se halla en mal estado habrá que repararlo o cambiarlo.

Algunos constructores recomiendan su limpieza una vez al año con el fin de eliminar la suciedad y agua depositados. Pero en este caso dependerá de la frecuencia con la que se utilice el equipo, por lo que se recomienda una breve revisión en cada práctica.

5.6.5 CONDUCTOS DE COMBUSTIBLE

Los conductos de combustible van unidos entre si con las tuberías de entrada y retorno del motor, la bomba y el deposito, por diversos tipos de acoplamientos.

Los conductos de combustible deben hallarse debidamente sostenidos en sus diversos puntos a lo largo del vehículo. Si en alguna parte de su recorrido rozan con alguna esquina o saliente, habrá que separarlos con el fin de evitar su desgaste y posibles fugas. Debe tenerse asimismo en cuenta que conviene eliminar recodos y torceduras bruscas, otra de las causas de posibles roturas y fugas.

En caso de existir obstrucciones entre el depósito y la bomba de combustible, puede realizarse la comprobación desconectando el conducto a la entrada de la bomba y aplicando aire comprimido, quitando previamente el tapón de llenado.

Si se comprueba que el aire no pasa o lo hace con dificultades es que existe obstrucción por suciedad o que en alguna parte del recorrido se ha producido algún ángulo brusco o algún estrangulamiento en algún soporte.

5.6.6 BALANZA ELECTRÓNICA

La balanza electrónica incorporada en el sistema no requiere de grandes atenciones, solamente requiere de dos operaciones sencillas de mantenimiento las cuales se reducen a un control periódico del nivel de carga y el nivel de posición de la batería.

En caso de agotarse la carga de la batería, recargarla utilizando el adaptador incluido, por un lapso de 2 horas.

Debemos verificar que el nivel de posición de la balanza se encuentre paralela al piso, para obtener una mayor precisión en la toma de datos, para lo cual cuenta con unos pies de ajuste y fijación en la base de la misma.

CAPÍTULO 6

GUÍA PRÁCTICA

	Práctica Nº 1	
TEMA: Obtención de la curva característica de consumo específico de combustible en un motor a gasolina		

OBJETIVOS

- Graficar e interpretar la curvas características de los motores de combustión interna.

MATERIALES Y EQUIPO

- Vehículo de Pruebas a gasolina
- Dinamómetro
- Medidor de Consumo Especifico de combustible (Equipo)
- Caja de herramientas
- Combustible (gasolina)
- Mandil Automotriz

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Curvas Características

Las curvas características del motor de combustión interna se grafican a partir de datos obtenidos mediante pruebas en el freno dinamométrico. Representan los valores que toman la potencia, el par motor y el consumo específico de combustible a medida que varía el número de revoluciones

Los puntos más característicos de estas curvas son el régimen de máximo par (n_1) y el régimen de máxima potencia (n_2). En este tramo de revoluciones se obtiene el máximo rendimiento del motor y un óptimo consumo de combustible.

Aunque estos puntos varían dependiendo del tipo y naturaleza del motor, en reglas generales en los motores de combustión interna se comportan como se indica en la figura No.01. En el eje horizontal se representa el crecimiento del régimen de rotación del motor, mientras que en el eje vertical, el crecimiento de la potencia, par motor o torque y el consumo específico de combustible.

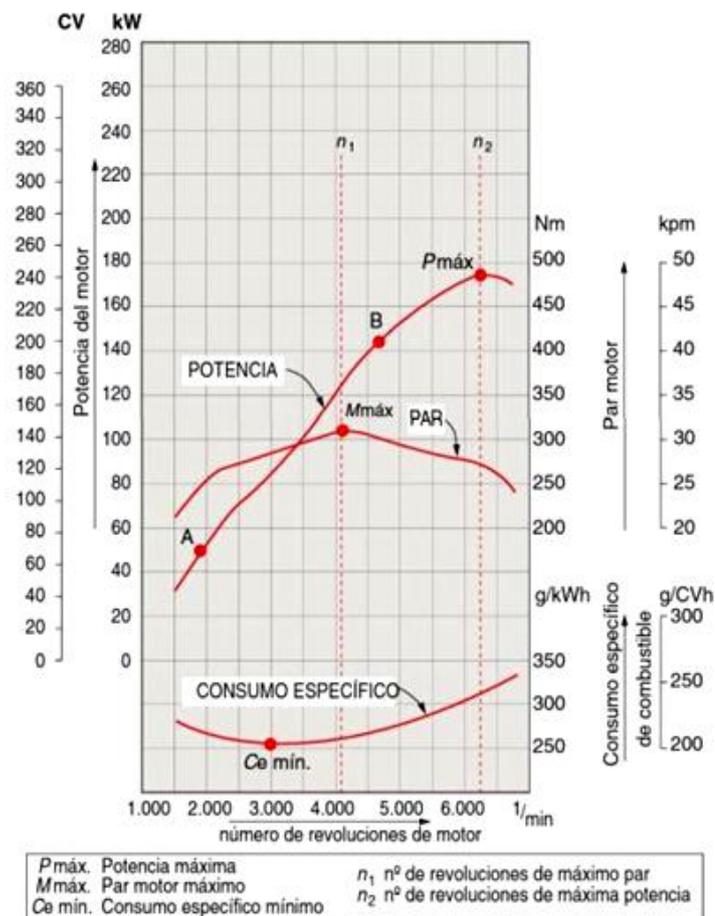


Figura No. 01 Curvas características de los motores de combustión interna

Medidor De Consumo Especifico De Combustible

El medidor de consumo específico de combustible es una herramienta de experimentación, que inherente al banco de pruebas o dinamómetro del laboratorio de motores Gasolina-Diesel de la ESPE-L, y aplicado a los automóviles (motores), tienen por objetivo principal obtener los datos necesarios para mediante un software graficar las curvas características de los motores.

El medidor consta de dos principales sistemas:

- Sistema de alimentación
- Sistema de medición

Sistema de alimentación

Encargado de suministrar combustible al vehículo durante la práctica, es un sistema totalmente independiente y portátil cuenta con una bomba neumática encargada de succionar combustible desde el depósito pasando por un filtro para entregar combustible en la riel de inyectores a una presión y caudal controlados por regulador de presión y regulador de caudal respectivamente, existe también un retorno de combustible encargado de recibir el combustible en exceso de la riel de inyectores.

Sistema de medición

Este sistema es de gran importancia, ya que de este, depende la máxima precisión en la toma de datos, consta de una balanza electrónica capaz de medir en peso la cantidad de combustible consumido por el motor en un periodo de tiempo, está adaptado bajo el depósito de combustible ya que en este lugar obtenemos en peso la cantidad exacta del combustible consumido de la diferencia del combustible inicial y final.

Tenemos también un sensor inductivo Ckp que nos ayudara a obtener el dato de las revoluciones del motor al momento de la práctica, se

encuentra ubicada en uno de los rodillos del dinamómetro e interconectada vía conexión serial a la PC.

Contamos con un Software programado en lenguaje grafico LabVIEW, que nos ayudara a receptar las señales tanto de peso de la balanza como las rpm's del sensor inductivo ckp y también a tener acceso a la tabla de valores obtenidos en la practica de torque y potencia en el dinamómetro, para la obtener una tabla de datos del consumo especifico de combustible, procesar los datos para la visualización mediante graficas de las curvas.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Procedimiento 1

Aquí se procede a instalar el medidor al vehículo de pruebas.

1. Realizar la prueba de torque y potencia en el dinamómetro existente en el laboratorio de motores de la ESPE-L.
2. Definir el tipo de motor a ser comprobado, electrónica o mecánica controlada.
3. Localizar las tuberías de admisión y retorno de combustible del motor.
4. Conectar la tubería de retorno del motor a la tubería de retorno azul (marcado "RETORNO") del equipo con un conector apropiado.
5. Arranque el motor para suministrar combustible al depósito del equipo, mediante la tubería de retorno previamente conectada, hasta un nivel especifico para la realización de la práctica, y apague el motor.

6. Ningún dispositivo de retorno es necesario si no hay ningún tubo de retorno en el motor, pero la gasolina en el depósito del equipo debería ser añadida manualmente a un nivel específico.
7. Desconecte el tubo de entrada de combustible del motor, y conecte el tubo de salida de combustible de color rojo (marcado "PRESIÓN") del equipo, con un conector apropiado.
8. Retire el fusible de la bomba de combustible, ubicado en la caja de fusibles.
9. En lugar del sistema de alimentación de combustible del vehículo, el equipo proporcionara combustible para el motor durante la práctica.
10. Gire en el sentido de las agujas del reloj la perilla de la válvula de presión de combustible (marcada "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE") del equipo, despacio hasta que el puntero del manómetro se balancee ligeramente hasta obtener la presión deseada. (En el sentido de las agujas del reloj la vuelta aumenta la presión y en sentido contrario a las agujas del reloj disminuye la presión).
11. Compruebe si hay alguna fuga en las tuberías y conectores, repare según requiera antes de realizar el siguiente paso.
12. Siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE") hasta que el combustible de retorno se desborde en el depósito de combustible del equipo y luego presione el botón. Ahora la presión del combustible en el equipo es alta suficiente para arrancar el motor.
13. Haga funcionar el motor y siga girando la perilla de la válvula de presión de combustible (marcado "PRESIÓN DE COMBUSTIBLE"),

si el motor requiere más presión de combustible para su funcionamiento normal.

Procedimiento 2

Aquí se procede a la adquisición, procesamiento y visualización de datos en forma de graficas, con la ayuda de nuestro Software

1. Ejecutamos el programa llamado “Medidor” que lo encontraremos como acceso directo en el escritorio de la PC.
2. Ingresamos y debemos seleccionar el puerto de comunicación (interfaz de comunicación) COM1 ó COM2, depende de que puerto se utilice para la conexión.



Figura No : Selección de puertos

3. Seleccionamos el archivo que contenga la tabla de datos de nuestro vehículo, previamente obtenidos de la práctica de Torque y Potencia en el dinamómetro.
4. Ingresamos el mismo nombre de la práctica anterior realizada en el dinamómetro, seleccionamos modelo del vehículo, ingresamos densidad del combustible, ingresamos temperatura ambiente y activamos la electroválvula para dar arranque al “Equipo”.

5. Verificamos que en el equipo haya suficiente combustible para realizar la practica (700 cc).
6. Encendemos el vehículo.
7. Seleccionamos el régimen de velocidad del motor y volumen de combustible para realizar la primera medición (1000rpm, 100cc), y con la misma carga seleccionada en el dinamómetro damos marcha al vehículo a un régimen del motor de aproximadamente 1000 rpm, y estaremos tomando el tiempo en el que se consume los 100cc de combustible.
8. Seleccionamos el régimen de velocidad del motor y volumen de combustible para realizar la segunda medición (2000rpm, 100cc), y con la misma carga seleccionada en el dinamómetro damos marcha al vehículo a un régimen del motor de aproximadamente 2000 rpm, y estaremos tomando el tiempo en el que se consume los 100cc de combustible.
9. Repetir el mismo proceso del paso 8 para los regímenes de motor en (3000, 4000, 5000) rpm, si el motor lo permite, o con 3 mediciones será suficiente para graficar la curva de consumo específico.
10. En el caso de que se prenda la luz de “Fallo de Medida” repita el paso 7.
11. Aquí se muestra las tablas de datos obtenidos durante la medición del combustible consumido.
12. Aquí se muestra las graficas de Torque, Potencia y Consumo específico de combustible.
13. Analizar graficas.

RESULTADOS

Escribir los valores obtenidos en la prueba de torque y potencia (Dinamómetro), y los valores obtenidos de los pasos 7, 8 y 9 de la prueba de medición del consumo, que son el volumen y el tiempo que tarda en consumirse el combustible para cada régimen del motor.

Tabla No. 01: Datos Obtenidos de la Práctica

DINAMÓMETRO			MEDIDOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
RÉGIMEN (RPM)	PAR MOTOR ()	POTENCIA ()	VOLUMEN (cc)	TIEMPO (seg.)
1000				
2000				
3000				
4000				
5000				
6000				

Con la siguiente formula obtener los valores de consumo específico de combustible para cada régimen de motor

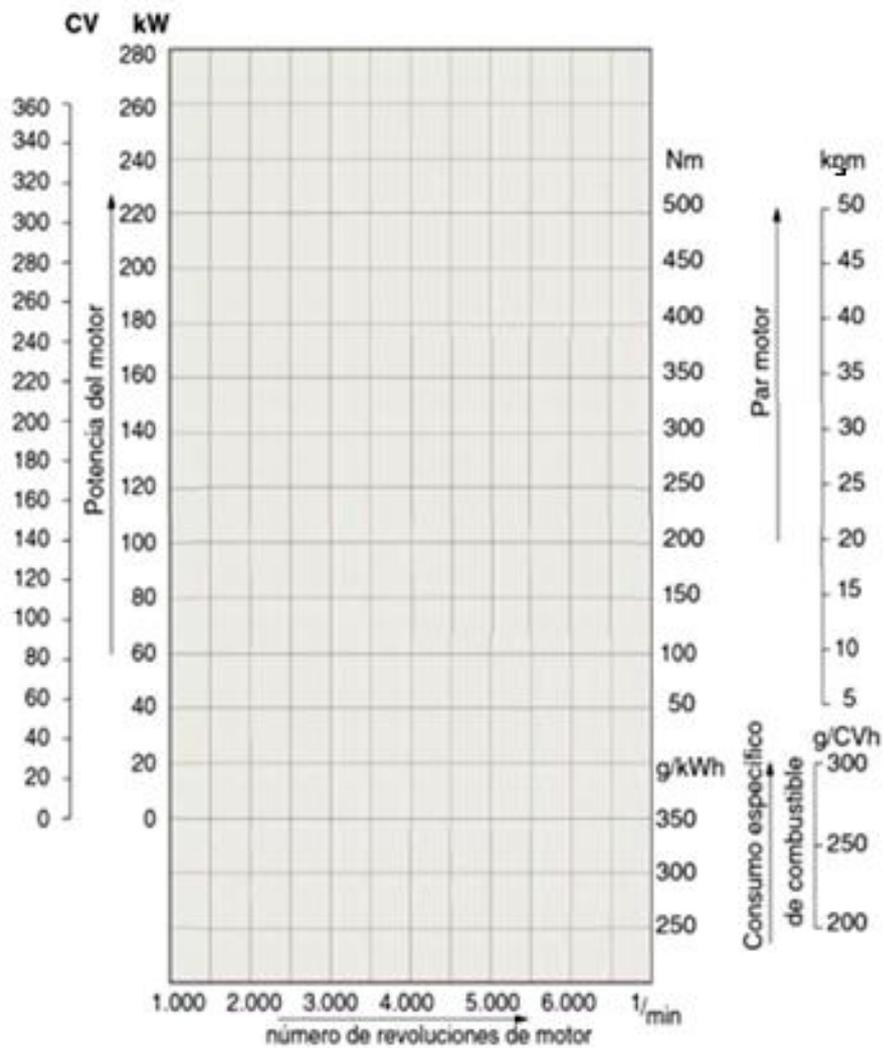
$$C_e = \frac{100 \cdot d}{P \cdot \frac{t}{3600}} \quad (g/kW \cdot h) \text{ ó } (g/CV \cdot h)$$

CÁLCULOS

Tabla No. 02: Datos calculados

DINAMÓMETRO			RESULTADO DE CÁLCULOS
RÉGIMEN (RPM)	PAR MOTOR ()	POTENCIA ()	CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE ()
1000			
2000			
3000			
4000			
5000			
6000			

Graficar las curvas características de los motores



Grafica No. 01: Curvas Características de los m.c.i.

Según la grafica obtener la elasticidad del motor con la siguiente formula:

$$Ep = \frac{M_{max}}{M p_{max}} \cdot \frac{n_{p_{max}}}{n_{M_{max}}}$$



Los valores medios de elasticidad están entre 1,5 y 4. Se consideran motores poco elásticos cuando dan valores entre 1,5 y 2, y motores muy elásticos para valores de 3 a 4.

PREGUNTAS

1. ¿Qué son las curvas características de los motores de combustión interna?
2. ¿Qué es el consumo específico de un motor?
3. ¿Existe diferencias entre las curvas que Ud. Visualizo en la pantalla del Software con la que Ud. dibujo?
4. ¿Qué es un motor elástico?
5. ¿Según los cálculos realizados se podría decir que se trata de un motor elástico?
6. ¿En que régimen el consumo específico de combustible es óptimo?
7. ¿Cuál es la fórmula para graficar la curva de consumo específico de combustible?

Conclusiones

Recomendaciones

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se realizo el diseño y construcción de una maquina para medir el consumo específico de combustible bajo diferentes parámetros de funcionamiento de los motores de combustión interna.
- Se diseño un software para la adquisición, procesamiento y visualización de datos, bajo parámetros de programación en lenguaje grafico (G) LABVIEW.
- Para el cálculo del consumo especifico de combustible, lo ideal es medir el tiempo en que se consume un determinado volumen de combustible a diferentes revoluciones del motor.
- Se realizaron las curvas de torque, potencia y consumo específico de combustible teniendo en consideración los datos obtenidos preliminarmente en el dinamómetro.
- Se determino que el consumo específico de combustible medido con nuestro equipo, en un vehículo con motor V6 y 3200cc, nos dio como resultado un consumo medio de $295 \text{ (g/kW} \cdot \text{h)}$, dato real y que se aproxima con lo que dicta la teoría en el capítulo 2.
- Las variables como temperatura ambiente, presión atmosférica y densidad del combustible ingresadas en el software al inicio de la práctica influyen directamente en el cálculo de los datos para la grafica de las curvas.

7.2 RECOMENDACIONES

- Para realizar la práctica se recomienda leer y tener en cuenta las medidas de precaución sobre peligros, ya que se trabajara con combustibles inflamables y llevar siempre la protección personal.
- Poner a cargar el compresor unos 5 minutos antes de iniciar la practica.
- Antes de agregar combustible al depósito del “equipo” primero encender la balanza electrónica para una óptima toma de datos.
- Ingresar los datos del vehículo que se ingreso en la práctica de torque y potencia realizado en el dinamómetro.
- Siempre que se repare o cambie algún componente, evitar que ingrese cualquier tipo de impurezas al sistema para prevenir el deterioro de sus componentes.
- El mantenimiento preventivo del sistema prolonga su utilidad y asegura un buen rendimiento en prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

- SANZ S.; Motores – Mantenimiento de Vehículos Autopropulsados; Editorial Editex, S.A.; España; 2007
- MANUAL CEAC DE AUTOMÓVIL; Grupo Editorial Ceac S.A.; Barcelona España; 2002.
- TESIS UPS - diseño y construcción de un sistema de consumo y control de combustible; Bustamante; Rengel; Ecuador; 2009
- <http://www.km77.com/glosario/p/potencia.asp>
- <http://www.salesianosburgos.com/DEPARTAMENTOS/Autos/apuntes/Apuntes%20de%20Motores/02Relacion%20compresion%20Cilindrada.pdf>
- <http://mepuedeservir.es/wp2/wp-content/uploads/2012/03/2.-CURVAS-CARACTERISTICAS-DE-MOTORES-Y-VEHICULOS-Recomprimidos..pdf>
- <http://www.motorroll.com/dinamometros.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_membrana
- <http://www.basculas-torrey.com/bascula-porcionadora>
- <http://www.comohacer.eu/como-se-fabrican-los-bidones-de-plastico>
- <http://www.copartes.com/foros/articulo/6404/como-cambiar-el-filtro-de-combustible-de-un-automovil>

ANEXOS

ANEXO A

“FORMATO DE REGISTRO DE DATOS MÉTODO DE TANQUE
LLENO”

Datos del Vehículo						
Tipo		Marca				
Modelo		Capacidad del Tanque de Combustible (Catalogo)				
Actividad Realizada Durante la Jornada						
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
Fecha	Hodómetro		Distancia Recorrida	Cantidad Combustible consumido	Consumo gal/Km	Trabajo
	Inicial	Final				
TOTAL SEMANAL						

ANEXO B

“FORMATO DE REGISTRO DE DATOS MÉTODO DE LA VARILLA
CALIBRADA”

Datos del Vehículo								
Tipo			Marca					
Modelo			Capacidad del Tanque de Combustible (Catalogo)					
Actividad Realizada Durante la jornada								
1.	_____							
2.	_____							
3.	_____							
4.	_____							
5.	_____							
6.	_____							
7.	_____							
Fecha	Hodómetro		Distancia		Combustible consumido	Distancia Recorrida	Consumo gal/Km	Trabajo
	Inicial	Final	Inicial	Final				
TOTAL SEMANAL								

ANEXO C

“ARTICULO DEL PROYECTO”

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE CON LA UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DINAMÓMETRO DEL LABORATORIO DE MOTORES DIESEL-GASOLINA”

Edison Vladimir Pilataxi Yungan,
Kléber Santiago Palomo Palomo. AUTORES,

Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejercito
extensión Latacunga,

Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

E-mail: eddy_py@hotmail.com
kleberthiago7@hotmail.com

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objeto, obtener los datos necesarios para graficar la curva de consumo específico de combustible de cualquier vehículo que funcione con un motor de combustión interna. Para lo cual se ha construido un sistema de alimentación portátil externo capaz de suministrar combustible al vehículo en todas sus etapas de funcionamiento ya sea a ralentí o plena carga, capaz también de medir en peso la cantidad de combustible consumido durante un periodo de tiempo.

Para la visualización de la gráfica se ha diseñado un software amigable con el usuario capaz de recibir y procesar los datos obtenidos en la práctica.

ABSTRACT

This project aims to obtain the data necessary to plot the curve of specific fuel consumption of any vehicle operating on an internal combustion engine. To which has been built an external portable power supply system capable of supplying fuel to the vehicle at all stages of operation either idling speed or full load, that also measures the amount by weight of fuel consumed during a period of time.

For visualization of the graph we have designed user friendly software capable of receiving and processing the data obtained in practice.

I. INTRODUCCION

La efectividad en el proceso de transformación de calor en trabajo, así como las pérdidas

térmicas y mecánicas propias del funcionamiento de un motor, determinan su capacidad de rendimiento.

Las características más importantes que definen las cualidades de un motor son **el par motor, la potencia y el consumo específico de combustible**. Estos datos nos dan una idea del tipo de motor y de sus prestaciones sobre el vehículo. El fabricante suministra estos datos obtenidos mediante ensayos en el banco de potencia o dinamómetro.

El sistema de alimentación y medición de combustible, es una herramienta independiente, que a más de suministrar combustible también deberá medir en peso la cantidad de combustible que es succionado del depósito, para ser entregado en el riel de inyectores del vehículo en prueba.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto denominado “diseño y construcción de un sistema de medición de consumo específico de combustible con la utilización de un software para la optimización del dinamómetro del laboratorio de motores diesel-gasolina” consta de 4 etapas:

1. Marco Teórico.
2. Análisis de curvas.

3. Diseño y construcción del sistema de medición.

4. Creación de un software para la medición del consumo.

Dentro de la etapa 1, se presentara una reseña teórica sobre las curvas características de los motores de combustión interna y sobre factores que intervienen en su obtención.

En la etapa 2, se tendrá el análisis, proceso de obtención e interpretación de las curvas características y se resaltarán varios métodos óptimos para medir el consumo de combustible de un vehículo.



Figura 1. Medidor de consumo específico de combustible

En la etapa 3, se realizara el diseño y simulación del sistema de alimentación y medición de combustible en un software de diseño AUTOMATION, que nos servirá como apoyo para la construcción.

En la etapa 4, con la ayuda computacional del LabVIEW, se

creara un software que nos servirá para la adquisición de datos procesarlos y ser mostrados en forma de gráficas.

III. PROCEDIMIENTO

Inicialmente se procede a realizar la prueba de par motor y potencia en el freno dinámico del laboratorio de motores de la ESPE-L, en la figura vemos la realización de la prueba.



Figura 2. Prueba dinamómetro

Una vez realizada la prueba del dinamómetro obtendremos una tabla de datos y procedemos a conectar el equipo.



Figura 3. Conexión del equipo al vehículo de prueba

Activamos el software de adquisición de datos y

procedemos a tomar datos para diferentes regímenes de motor.



Figura 4. Ingreso al software

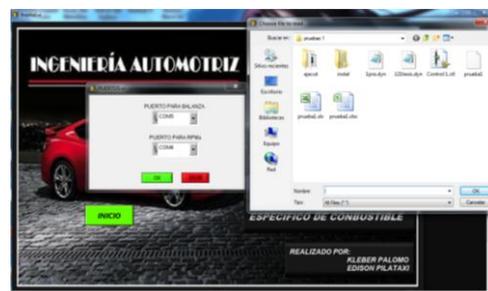


Figura 5. Selección de archivos del dinamómetro



Figura 6. Ingreso de datos



Figura 7. Toma de datos

Estos datos se visualizaran en la pantalla como graficas, curvas características de los motores para luego ser analizadas.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

El software (Medidor), nos entregara resultados en forma grafica del par motor, potencia y consumo específico de combustible en función de las revoluciones del motor.

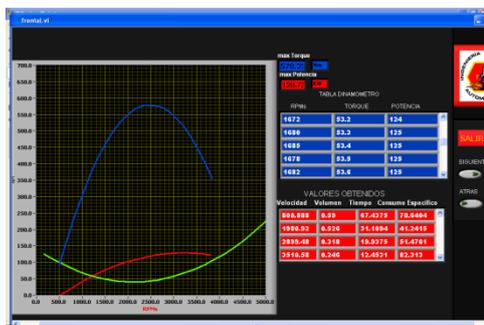


Figura 8. Presentación de resultados

Como podemos observar en las graficas las curvas muestran el comportamiento real de funcionamiento de un motor de combustión interna.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño y construcción de una máquina para medir el consumo específico de combustible bajo diferentes parámetros de funcionamiento de los motores de combustión interna.

- Se diseñó un software para la adquisición, procesamiento y visualización de datos, bajo parámetros de programación en lenguaje gráfico (G) LABVIEW.

- Para el cálculo del consumo específico de combustible, lo ideal es medir el tiempo en que se consume un determinado volumen de combustible a diferentes revoluciones del motor.

- Se realizaron las curvas de torque, potencia y consumo específico de combustible teniendo en consideración los datos obtenidos preliminarmente en el dinamómetro.

- Se determinó que el consumo específico de combustible medido con nuestro equipo, en un vehículo con motor V6 y 3200cc, nos dio como resultado un consumo medio de 295 ($g/kW \cdot h$), dato real y que se aproxima con lo que dicta la teoría en el capítulo 2.

VI. REFERENCIAS

- SANZ S.; Motores – Mantenimiento de Vehículos

Autopropulsados; Editorial Editex, S.A.; España; 2007

- MANUAL CEAC DE AUTOMÓVIL; Grupo Editorial Ceac S.A.; Barcelona España; 2002.
- TESIS UPS - diseño y construcción de un sistema de consumo y control de combustible; Bustamante; Rengel; Ecuador; 2009

URL:

- <http://www.motorroll.com/dinamometros.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_membrana
- <http://www.basculas-torrey.com/bascula-porcionadora>
- <http://www.comohacer.eu/como-se-fabrican-los-bidones-de-plastico>
- <http://www.copartes.com/foros/articulo/6404/como-cambiar-el-filtro-de-combustible-de-un-automovil>

Latacunga, Noviembre del 2012

LOS AUTORES

Palomo Palomo Kléber Santiago

Pilataxi Yungan Edison Vladimir

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

Ing. Juan Castro

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO

Dr. Rodrigo Vaca

*INGENIERIA
AUTOMOTRIZ*

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE CON LA UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DINAMÓMETRO DEL LABORATORIO DE MOTORES DIESEL-GASOLINA”

ESPE
2012