

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

**“ANÁLISIS DE LOS FACTORES (MEZCLA AIRE COMBUSTIBLE) QUE
INFLUYEN SOBRE LOS PARÁMETROS EFECTIVOS DE LA TOXICIDAD
DE UN MOTOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA Y DUAL (GASOLINA GLP)
EN LA CIUDAD DE PUNO”**

PRESENTADO POR:

FRANK REYNALDO BORDA PILCO

LIDIO SALAMANCA SOSA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PUNO – PERÚ

2015

Universidad Nacional del Altiplano

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA.

“ANÁLISIS DE LOS FACTORES (MEZCLA AIRE COMBUSTIBLE) QUE INFLUYEN SOBRE
LOS PARÁMETROS EFECTIVOS DE LA TOXICIDAD DE UN MOTOR A INYECCIÓN
ELECTRÓNICA Y DUAL (GASOLINA GLP) EN LA CIUDAD DE PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:

FRANK REYNALDO BORDA PILCO.

LIDIO SALAMANCA SOSA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE :


M.Sc. WALTER OSWALDO PAREDES PAREJA

PRIMER MIEMBRO :


M.Sc. NORMAN JESUS BELTRÁN CASTAÑÓN

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA

DIRECTOR DE TESIS :


M.Sc. ALEJANDRO MATEO SALINAS MENA

ASESOR DE TESIS :


M.Sc. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

Área : Ingeniería Mecánica
Tema : Análisis de Toxicidad

Fecha de Sustentación: 30/11/2009

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS.	6
ÍNDICE DE FIGURAS.	7
ÍNDICE DE ANEXOS.	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I.	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	13
1.1. Descripción del problema.	14
1.2. Justificación del problema.	15
1.3. Objetivos de la investigación.	18
CAPÍTULO II.	19
2. MARCO TEÓRICO.	19
2.1. Antecedentes de investigación.	19
2.2. Sustento teórico.	20
2.3. Glosario de términos básicos.	70
2.4. Hipótesis de la investigación.	71
2.5. Operacionalización de variables.	72
CAPÍTULO III.	73
3. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.	73
3.1. Tipo y diseño de investigación.	73
3.2. Población y muestra de investigación.	73
3.3. Ubicación y descripción de la población.	75

3.4. Material empleado.....	77
3.5. Técnicas e instrumentos para recolectar información.....	82
3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.	91
3.7. Procedimiento del experimento.....	92
3.8. Plan de tratamiento de datos.....	93
CAPÍTULO IV.....	94
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	94
4.1. Análisis de la combustión con gasolina.	94
4.2. Análisis de la combustión con GLP.....	96
4.3. Comparación de ambos combustibles.....	99
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla N° 01: Clasificación de datos y procedimiento.	72
Tabla N° 02: Caracterización de la Región Puno.	76
Tabla N° 03: Características del fabricante (motor Toyota 4S – FI).....	80
Tabla N° 04: Factores de emisión estimados con gasolina.	92
Tabla N° 05: Factores de emisión estimados con GLP.	92
Tabla N° 06: Cronograma de actividades del trabajo de investigación.	108
Tabla N° 07: Presupuesto de equipo y/o accesorios del módulo.	109
Tabla N° 08: Presupuesto del trabajo textual de investigación.	110
Tabla N° 09: Presupuesto de intangibles.	111
Tabla N° 10: Detalle del total de la inversión.	111
Tabla N° 11: Ingeniería del proyecto.....	113
Tabla N° 12: Adecuaciones y nuevos equipos.	113
Tabla N° 13: Valor total de la inversión.	114
Tabla N° 14: Resumen de los parámetros de costeo.....	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Grafico 01: Comportamiento de la emanación de hidrocarburos (ppm) en función de rpm, combustión con gasolina.	94
Grafico 02: Comportamiento de la emanación de monóxido de carbono %CO, dióxido de carbono %CO ₂ en función de las rpm, combustión con gasolina.	95
Grafico 03: Comportamiento de la emanación de hidrocarburos (ppm) en función de rpm, combustión con GLP.	97
Grafico 04: Comportamiento de la emanación de monóxido de carbono %CO, dióxido de carbono %CO ₂ en función de las rpm, combustión con gasolina.	98
Grafico 05: Comparación de las emanaciones de hidrocarburos en función de las rpm, de ambos combustibles.	99
Grafico 06: Comportamiento de la emanación de monóxido de carbono %CO en función de las rpm, de ambos combustibles.	100
Grafico 07: Comportamiento de la emanación de dióxido de carbono %CO ₂ en función de las rpm, de ambos combustibles.	101

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 01: Desplazamiento de cilindros en cada tiempo – motor Otto.....	24
Figura 02: Desplazamiento de cigüeñal, cilindros y válvulas – motor Otto.	25
Figura 03: Curva termodinámica teórica de un motor Otto	27
Figura 04: Curva termodinámica real de un motor Otto	28
Figura 05: Circuito de alimentación aire combustible en un motor Otto.....	32
Figura 06: Esquema de la estructura interna de un inyector de gasolina.	34
Figura 07: Esquema sinóptico de un sistema básico de inyección de gasolina con mando electrónico en el que se aprecia el circuito de combustible y el de control.....	37
Figura 08: Vista en corte de un inyector.	38
Figura 09: Esquema de un sistema de alimentación GLP en un motor con carburador.	39
Figura 10: Elementos que forman una instalación GLP para un motor con carburador.....	40
Figura 11: Estructura interna del reductor gasificador.....	40
Figura 12: Estructura de un doble reductor de gas con electroválvula.	41
Figura 13: Esquema del equipo de instalación de GLP de un motor con carburador....	42
Figura 14: Esquema de instalación GLP en motor de inyección multipunto.	43
Figura 15: Esquema de ubicación en automóvil de inyección de gasolina.	44
Figura 16: Variación de η_i en función de la relación de compresión para diferentes formas de cámaras de combustión.	55
Figura 17: Variación de la concentración de C_xH_x y NO_x en los gases quemados de un motor de carburador en función de ϵ para diferentes valores de α	56
Figura 18: Relación entre los rendimientos indicado η_i y térmico η_t y el coeficientes de exceso de aire α en un motor de carburador.	58

Figura 19: Variación de los componentes tóxicos en los productos de combustión en función de α a) y de la carga; b) en un motor de carburador.	60
Figura 20: Esquema de empleo del freno prony.	62
Figura 21: Variantes de freno prony.	63
Figura 22: Coeficiente de descarga C en función del número de Reynolds de la tubería N_R	68
Figura 23: Carburador.	70
Figura 24: Vista de la estructura que soporta el módulo de pruebas.	78
Figura 25: Vista de la estructura ya ensamblada.	78
Figura 26: Motor del módulo (Toyota 4S – FI).	79
Figura 27: Kid de conversión instalado en la estructura.	81
Figura 28: Kid de conversión con suministro de GLP.	81
Figura 29: Venturímetro de aire del módulo.	82
Figura 30: Tambor acoplado al eje del motor para freno prony.	87
Figura 31: Brazo del freno prony, con zapata de asbesto.	88
Figura 32: Ubicación del freno en la estructura.	88
Figura 33: Analizador de gases para la toma de muestras.	89
Figura 34: Contador de revoluciones inductive advance timing analyzer, conectado al terminal de la bujía con conector electromagnético.	90
Figura 35: Pantalla de verificación de datos.	90

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo.1. Cronograma de actividades.	108
Anexo.2. Responsables.	108
Anexo.3. Presupuesto.....	109
Anexo.4. Financiamiento.	112
Anexo.5. Estudio económico.....	112
Anexo.6. Inversión.....	112
Anexo.7. Costos diversos.....	113
Anexo.8. Adecuaciones y equipos complementarios.	113
Anexo.9. Valor total de la inversión.	114

RESUMEN.

El trabajo de investigación denominado “Análisis de los factores (Mezcla Aire Combustible) que influyen sobre los parámetros efectivos de la toxicidad de un motor a inyección electrónica y dual (gasolina GLP) en la ciudad de Puno”, obtiene la relación existente entre los productos o emanaciones tóxicas producidas luego de la combustión como el Monóxido de Carbono “CO”, Dióxido de Carbono “CO₂”, los Hidrocarburos no quemados “C_xH_x”, en función de la velocidad (número de revoluciones) del motor.

Los resultados obtenidos demuestran que el GLP contamina menos que la gasolina, en regímenes de trabajo de mínimo a medio, pero a medida que se incrementa el esfuerzo del motor estos parámetros tienden a converger, como veremos en los datos y gráficos respectivos, haciéndonos concluir que el uso del GLP es apropiado en vehículos que tengan un régimen de trabajo de ligero a medio.

Esta investigación contribuye en el desarrollo teórico de este campo al realizar este trabajo en nuestro medio, también en forma física al implementar un módulo de pruebas elaborado y entregado por los autores a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNA – Puno.

Esta investigación presenta resultados próximos a los teóricos, con una tolerancia de hasta el 15% de error en sus valores, por ello reemplazamos la relación aire combustible, usando en su lugar las revoluciones del motor y brindar datos coherentes, lo cual no afecta las conclusiones a las que llegamos.

Palabras claves: Gasolina, Gas licuado de Petróleo, Composición de los gases de escape.

ABSTRACT.

The research paper entitled "Analysis of factors (Air Fuel Mixture) influencing the effective toxicity parameters of an electronic injection engine and dual (gasoline LPG) in Puno city", gets the relationship between products or toxic fumes after combustion such as carbon monoxide "CO" carbon Dioxide "CO₂" unburned hydrocarbons "C_xH_x", depending on the speed (rpm) of engine.

The results show that LPG pollutes less than gasoline in working regimes from least to half because its emanation of "C_xH_x", "CO" and "CO₂" is reduced, but as motor stress increases these parameters tend to converge, as discussed in the graphics tests on a module, making us conclude that the appropriate use of LPG in vehicles having a duty ratio of light to medium.

This research contributes to the theoretical development of this field to do this work in our country, also in physical form to implement a test module developed and delivered by the authors at the Professional School of Mechanical and Electrical Engineering of the UNA - Puno, which account with an electronic injection engine, which can be powered by gasoline and LPG, it has a Prony brake for power on its axis and flow meters for both air intake and consumption of LPG.

This research presents the theoretical results come with a tolerance of up to 15% error in their values, so replace the air-fuel ratio, instead using engine speed and provide consistent data, which does not affect the conclusions to which we arrived.

Keywords: Gasoline, LPG, Composition of exhaust gases.

INTRODUCCIÓN.

“Análisis de los factores (Mezcla Aire Combustible) que influyen sobre los parámetros efectivos de la toxicidad de un motor a inyección electrónica y dual (gasolina GLP) en la ciudad de Puno”, hace alusión a los parámetros indicados y efectivos de la toxicidad de un motor de combustión interna, estos parámetros son varios, pero por motivos didácticos vamos a agruparlos en dos categorías físicos y del combustible.

Parámetros físicos; que agrupan a todos los que modifican la cámara de combustión en su estructura, como el tamaño de la cámara de combustión o si el pistón tiene una cavidad, la forma de las válvulas de admisión y de escape, el número de bujías, ubicación de los inyectores, y todos aquellos detalles que por su diseño hacen que la llama de combustión pueda en mayor o menor medida quemar todo el combustible.

Parámetros del combustible; partiendo desde el tipo de combustible usado como el petróleo, la gasolina, el gas licuado de petróleo (glp), el gas natural vehicular (gnv), y los biocombustibles como el metano, etanol y biodiesel, entre otros. Y allí mismo las diferencias entre los fabricantes, por la procedencia y los aditivos en el combustible.

Este trabajo de investigación se centra en el segundo aspecto, que son los parámetros del combustible, específicamente en la diferencia entre la gasolina y el gas licuado de petróleo.

Consideramos los parámetros físicos de gran importancia, pero es debido a la falta de tecnología y de costos, el hecho de no realizarlos, sin embargo estas limitaciones nos motivan a realizar este trabajo con mayor dedicación invirtiendo en el los recursos y tiempo necesarios, que son verificados en la lógica de sus resultados.

Precisamos señalar que por un tema técnico como la ausencia en todo el sur del Perú, de analizadores de gases que desagreguen el Óxido de Nitrógeno “NO_x” que sigamos agrupando su emanación dentro de los hidrocarburos.

CAPÍTULO I.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En la ciencia se considera un problema de investigación, al vacío de conocimiento o al conocimiento contradictorio en un área dada. En la tecnología un problema de investigación lo constituye una necesidad insatisfecha, la que puede ser de origen económico, social, político, o militar (Bueno, 2003).

Sin embargo la existencia de un problema en la realidad no define automáticamente un problema (Ishimaya, 2005), por ello nos centramos en el contexto de nuestra realidad como estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano ubicada en la ciudad de Puno a 3827msnm.

Por lo tanto, debemos decir que todos los estudiantes de la EPIME, conocen que un motor de encendido por chispa (Otto) también puede ser usado con GLP, como también de que la gasolina tiene mayor poder calorífico que el GLP lo cual evidencia que contara con mayor potencia en su eje del motor para ser transmitido, pero el GLP brinda también una potencia apropiada dado que la diferencia con la gasolina es mínima y nos da la ventaja de que su combustión es menos contaminante (Obert, 1997).

Saberlo, teóricamente es muy bueno, pero observarlo y comprobarlo sería aún mejor, pero con este mundo cambiante es necesario que no solo conozcamos estos estándares a nivel del mar; esto se justificaba antes cuando las universidades estaban en

este medio. Pero ahora contando con los medios para contribuir con el conocimiento en nuestro medio y siendo personas que habitamos en este; es tiempo de obtener nuestros propios datos, contar con nuestros propias tablas con nuestra propia teoría, así contribuiremos al a incrementar el conocimiento en esta rama de la ingeniería.

1.1.Descripción del problema.

Este trabajo de investigación busca incrementar el conocimiento en materia de emisiones contaminantes en nuestro medio, que lograremos al obtener las relaciones de las emisiones toxicas de la combustión y el coeficiente de exceso de aire α de un motor dual (gasolina - glp) para luego elaborar las correspondientes tablas tanto para la gasolina como para el GLP, para luego hacer la comparación y brindar las conclusiones a las que arribemos luego de las pruebas y resultados finales.

El problema es de tipo explicativo, ya que se cuenta con la forma teórica, que presentaran los productos de la combustión para la gasolina, para los estándares al nivel del mar, los que son una referencia para nuestro medio, en cuanto al GLP seguiremos el mismo procedimiento que para la gasolina (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1998).

1.1.1. Problema central.

¿Qué diferencia existirá entre las emanaciones toxicas del motor tanto con gasolina y gas licuado de petróleo a diferentes regímenes de trabajo?

1.1.2. Problemas específicos.

- ¿Qué diferencia mostrarán las emanaciones de hidrocarburos no quemados con ambos combustibles y a diferentes regímenes?
- ¿Qué diferencia mostrarán las emanaciones de dióxido de carbono con ambos combustibles y a diferentes regímenes?
- ¿Qué diferencia mostrarán las emanaciones de monóxido de carbono con ambos combustibles y a diferentes regímenes?

1.2. Justificación del problema.

1.2.1. Justificación técnica.

Se obtendrá información importante del comportamiento de un motor de combustión interna de inyección electrónica a través de la relación obtenida entre las emisiones tóxicas de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y“, Óxido de Nitrógeno “NO_x “ y la Relación aire combustible (Crouse, 1992), añadiendo el hecho de hacerlo en la ciudad de Puno.

Y al mismo tiempo la contribución que se hará en el área de tecnología y ambiente, tal como lo señala la ley del Ambiente L.Nº 28611.- *Ley General del Ambiente*. (15/10/05), en su Artículo 124º *Del fomento de la investigación Ambiental Científica y Tecnológica*, que señala.

Corresponde al Estado y a las universidades, públicas y privadas, en cumplimiento de sus respectivas funciones y roles, promover:

La investigación y el desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental.

La investigación y sistematización de las tecnologías tradicionales.

La formación de capacidades humanas ambientales en la ciudadanía.

La transferencia de tecnologías limpias.

El interés y desarrollo por la investigación sobre temas ambientales en la niñez y juventud.

La diversificación y competitividad de la actividad pesquera, agraria, forestal y otras actividades económicas prioritarias.

El Estado, a través de los organismos competentes de ciencia y tecnología, otorga preferencia a la aplicación de recursos orientados a la formación de profesionales y técnicos para la realización de estudios científicos y tecnológicos en materia ambiental y el desarrollo de tecnologías limpias, principalmente bajo el principio de prevención de contaminación (Reglamento nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, 1998)

1.2.2. Justificación académica.

Es muy conocido, que la necesidad de realizar la complementación de los diferentes cursos que necesitan además de la teoría, ser ampliados con experiencias de laboratorio, realizando viajes a la universidad nacional de ingeniería de lima, la universidad san Agustín de Arequipa, incluso la universidad de Tarapacá de Chile gracias a su convenio.

Pero existe la posibilidad de no realizar estas experiencias, por razones económicas entre otras como coyunturales, (huelga de maestros, tomas de locales, desgobierno universitario), que imposibilitan complementar nuestra formación y lograr; *experimentar en laboratorio para el afianzamiento de la teoría con la práctica, con un aprendizaje dinámico y sencillo de los conceptos para asimilarlos, poder usarlos y posiblemente contribuir con estos* (Miranda & Medina, 1998).

Esto nos motiva en contribuir en implementar de algún modo nuestro laboratorio, con este fin construimos un módulo de pruebas para la obtención de la relación entre las emisiones tóxicas de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y“, Óxido de Nitrógeno “NO_x “ y la Relación aire combustible, en la ciudad de Puno.

1.2.3. Justificación social y económica.

La determinación de los componentes de los gases de escape no solo beneficiara a los alumnos de la EPIME, sino también a la población en general, *dado que al hacerse más investigaciones en este ámbito se lograrán que se tome conciencia dentro de la población para solucionar problemas como el mejor aprovechamiento del combustible existente* (CONAMA, 2004).

También contribuye en la diversificación de la matriz energética en los medios de transporte lo cual también contribuye en disminuir el problema de la contaminación

ambiental (Régimen de autorización y funcionamiento de las Entidades certificadoras de conversiones, en concordancia a: R. D. N° 3990-2005-MTC-15, 2005).

La presente tesis se ha desarrollado en un módulo de laboratorio, implementado por los autores, el que es totalmente costeado por estos.

La presente tesis pretende hacer algunas mejoras y aportes en cuanto a la instalación del kid para el uso de GLP como combustible en un vehículo, tomando como referencia principal contar con un motor apropiado.

Dado que al paso que van subiendo los precios de la gasolina y el diésel, cada día hay más gente considerando la conversión de sus motores que utilizan gasolina al combustible GNC (Gas Natural Comprimido) o GLP (Gas Licuado de Petróleo). GNC y GLP son combustibles utilizados en varias partes del mundo hace más de 60 años. Hoy existen miles y miles de autos convertidos de gasolina a GNC o GLP en los EE.UU., Canadá, Italia, Rusia, Argentina, Venezuela, India, e otros países.

La conversión es fácil, pero las preocupaciones generadas por los usuarios y mecánicos desactualizados causa miedo al momento de tomar la decisión. Muchos piensan que:

El gas forma depósitos en la cámara de combustión y el escape.

El gas reseca los pistones.

El gas causa mayor desgaste del motor.

El uso de gas permite el uso de un aceite barato.

El gas quita fuerza.

El motor tiene que ser reparado con mayor frecuencia.

Mientras es verdad que hay una pequeña pérdida de fuerza, ésta pérdida es similar a la pérdida de fuerza por operar el aire acondicionado o abrir una ventana a 80 kilómetros por hora en la carretera.

Todos estos mitos son totalmente falsos. A continuación veremos cuál es la causa raíz de estos problemas y como evitarlos.

Desde el principio, tenemos que entender que un motor en mal estado nunca debería ser convertido a gas. Si el motor no tiene compresión, si le falta el termostato, si el agua del radiador esta sin Refrigerante/Anti-Corrosivo, o si el ventilador no está funcionando bien, no se mejorará con la conversión a gas (Lira, 2004).

1.3.Objetivos de la investigación.

1.3.1. Objetivo central.

Realizar la elaboración de las tablas y gráficos en las que se relaciona los componentes tóxicos de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, Dióxido de Carbono “CO₂” y los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y” y el régimen de trabajo del motor a través de las revoluciones del motor, determinando de esta manera datos para nuestro medio en un motor de inyección electrónica, con alimentación dual.

1.3.2. Objetivos específicos.

Primero: Construir un módulo de pruebas, equipado con un motor de inyección electrónica con alimentación dual, e instrumentos de medición del flujo de aire y el combustible tanto gasolina y GLP, sensor de temperatura y freno Proni.

Segundo: Realizar la obtención de los componentes de los gases de escape tanto con gasolina y GLP, y obtención de datos necesarios.

Tercero: Elaborar tablas o gráficos que nos permitan analizar la relación de los componentes tóxicos de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, dióxido de carbono “CO₂” y los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y” y el régimen de trabajo del motor.

CAPÍTULO I.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En la ciencia se considera un problema de investigación, al vacío de conocimiento o al conocimiento contradictorio en un área dada. En la tecnología un problema de investigación lo constituye una necesidad insatisfecha, la que puede ser de origen económico, social, político, o militar (Bueno, 2003).

Sin embargo la existencia de un problema en la realidad no define automáticamente un problema (Ishimaya, 2005), por ello nos centramos en el contexto de nuestra realidad como estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano ubicada en la ciudad de Puno a 3827msnm.

Por lo tanto, debemos decir que todos los estudiantes de la EPIME, conocen que un motor de encendido por chispa (Otto) también puede ser usado con GLP, como también de que la gasolina tiene mayor poder calorífico que el GLP lo cual evidencia que contara con mayor potencia en su eje del motor para ser transmitido, pero el GLP brinda también una potencia apropiada dado que la diferencia con la gasolina es mínima y nos da la ventaja de que su combustión es menos contaminante (Obert, 1997).

Saberlo, teóricamente es muy bueno, pero observarlo y comprobarlo sería aún mejor, pero con este mundo cambiante es necesario que no solo conozcamos estos estándares a nivel del mar; esto se justificaba antes cuando las universidades estaban en

este medio. Pero ahora contando con los medios para contribuir con el conocimiento en nuestro medio y siendo personas que habitamos en este; es tiempo de obtener nuestros propios datos, contar con nuestros propias tablas con nuestra propia teoría, así contribuiremos al a incrementar el conocimiento en esta rama de la ingeniería.

1.1.Descripción del problema.

Este trabajo de investigación busca incrementar el conocimiento en materia de emisiones contaminantes en nuestro medio, que lograremos al obtener las relaciones de las emisiones toxicas de la combustión y el coeficiente de exceso de aire α de un motor dual (gasolina - glp) para luego elaborar las correspondientes tablas tanto para la gasolina como para el GLP, para luego hacer la comparación y brindar las conclusiones a las que arribemos luego de las pruebas y resultados finales.

El problema es de tipo explicativo, ya que se cuenta con la forma teórica, que presentaran los productos de la combustión para la gasolina, para los estándares al nivel del mar, los que son una referencia para nuestro medio, en cuanto al GLP seguiremos el mismo procedimiento que para la gasolina (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1998).

1.1.1. Problema central.

¿Qué diferencia existirá entre las emanaciones toxicas del motor tanto con gasolina y gas licuado de petróleo a diferentes regímenes de trabajo?

1.1.2. Problemas específicos.

- ¿Qué diferencia mostrarán las emanaciones de hidrocarburos no quemados con ambos combustibles y a diferentes regímenes?
- ¿Qué diferencia mostrarán las emanaciones de dióxido de carbono con ambos combustibles y a diferentes regímenes?
- ¿Qué diferencia mostrarán las emanaciones de monóxido de carbono con ambos combustibles y a diferentes regímenes?

1.2. Justificación del problema.

1.2.1. Justificación técnica.

Se obtendrá información importante del comportamiento de un motor de combustión interna de inyección electrónica a través de la relación obtenida entre las emisiones tóxicas de la combustión como son el Monóxido de Carbono “CO”, los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y”, Óxido de Nitrógeno “NO_x” y la Relación aire combustible (Crouse, 1992), añadiendo el hecho de hacerlo en la ciudad de Puno.

Y al mismo tiempo la contribución que se hará en el área de tecnología y ambiente, tal como lo señala la ley del Ambiente L.Nº 28611.- *Ley General del Ambiente*. (15/10/05), en su Artículo 124º *Del fomento de la investigación Ambiental Científica y Tecnológica*, que señala.

Corresponde al Estado y a las universidades, públicas y privadas, en cumplimiento de sus respectivas funciones y roles, promover:

La investigación y el desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental.

La investigación y sistematización de las tecnologías tradicionales.

La formación de capacidades humanas ambientales en la ciudadanía.

La transferencia de tecnologías limpias.

El interés y desarrollo por la investigación sobre temas ambientales en la niñez y juventud.

La diversificación y competitividad de la actividad pesquera, agraria, forestal y otras actividades económicas prioritarias.

El Estado, a través de los organismos competentes de ciencia y tecnología, otorga preferencia a la aplicación de recursos orientados a la formación de profesionales y técnicos para la realización de estudios científicos y tecnológicos en materia ambiental y el desarrollo de tecnologías limpias, principalmente bajo el principio de prevención de contaminación (Reglamento nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, 1998)

1.2.2. Justificación académica.

Es muy conocido, que la necesidad de realizar la complementación de los diferentes cursos que necesitan además de la teoría, ser ampliados con experiencias de laboratorio, realizando viajes a la universidad nacional de ingeniería de lima, la universidad san Agustín de Arequipa, incluso la universidad de Tarapacá de Chile gracias a su convenio.

Pero existe la posibilidad de no realizar estas experiencias, por razones económicas entre otras como coyunturales, (huelga de maestros, tomas de locales, desgobierno universitario), que imposibilitan complementar nuestra formación y lograr; *experimentar en laboratorio para el afianzamiento de la teoría con la práctica, con un aprendizaje dinámico y sencillo de los conceptos para asimilarlos, poder usarlos y posiblemente contribuir con estos* (Miranda & Medina, 1998).

Esto nos motiva en contribuir en implementar de algún modo nuestro laboratorio, con este fin construimos un módulo de pruebas para la obtención de la relación entre las emisiones tóxicas de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y“, Óxido de Nitrógeno “NO_x “ y la Relación aire combustible, en la ciudad de Puno.

1.2.3. Justificación social y económica.

La determinación de los componentes de los gases de escape no solo beneficiara a los alumnos de la EPIME, sino también a la población en general, *dado que al hacerse más investigaciones en este ámbito se lograrán que se tome conciencia dentro de la población para solucionar problemas como el mejor aprovechamiento del combustible existente* (CONAMA, 2004).

También contribuye en la diversificación de la matriz energética en los medios de transporte lo cual también contribuye en disminuir el problema de la contaminación

ambiental (Régimen de autorización y funcionamiento de las Entidades certificadoras de conversiones, en concordancia a: R. D. N° 3990-2005-MTC-15, 2005).

La presente tesis se ha desarrollado en un módulo de laboratorio, implementado por los autores, el que es totalmente costeado por estos.

La presente tesis pretende hacer algunas mejoras y aportes en cuanto a la instalación del kit para el uso de GLP como combustible en un vehículo, tomando como referencia principal contar con un motor apropiado.

Dado que al paso que van subiendo los precios de la gasolina y el diésel, cada día hay más gente considerando la conversión de sus motores que utilizan gasolina al combustible GNC (Gas Natural Comprimido) o GLP (Gas Licuado de Petróleo). GNC y GLP son combustibles utilizados en varias partes del mundo hace más de 60 años. Hoy existen miles y miles de autos convertidos de gasolina a GNC o GLP en los EE.UU., Canadá, Italia, Rusia, Argentina, Venezuela, India, e otros países.

La conversión es fácil, pero las preocupaciones generadas por los usuarios y mecánicos desactualizados causa miedo al momento de tomar la decisión. Muchos piensan que:

El gas forma depósitos en la cámara de combustión y el escape.

El gas reseca los pistones.

El gas causa mayor desgaste del motor.

El uso de gas permite el uso de un aceite barato.

El gas quita fuerza.

El motor tiene que ser reparado con mayor frecuencia.

Mientras es verdad que hay una pequeña pérdida de fuerza, ésta pérdida es similar a la pérdida de fuerza por operar el aire acondicionado o abrir una ventana a 80 kilómetros por hora en la carretera.

Todos estos mitos son totalmente falsos. A continuación veremos cuál es la causa raíz de estos problemas y como evitarlos.

Desde el principio, tenemos que entender que un motor en mal estado nunca debería ser convertido a gas. Si el motor no tiene compresión, si le falta el termostato, si el agua del radiador esta sin Refrigerante/Anti-Corrosivo, o si el ventilador no está funcionando bien, no se mejorará con la conversión a gas (Lira, 2004).

1.3.Objetivos de la investigación.

1.3.1. Objetivo central.

Realizar la elaboración de las tablas y gráficos en las que se relaciona los componentes tóxicos de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, Dióxido de Carbono “CO₂” y los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y” y el régimen de trabajo del motor a través de las revoluciones del motor, determinando de esta manera datos para nuestro medio en un motor de inyección electrónica, con alimentación dual.

1.3.2. Objetivos específicos.

Primero: Construir un módulo de pruebas, equipado con un motor de inyección electrónica con alimentación dual, e instrumentos de medición del flujo de aire y el combustible tanto gasolina y GLP, sensor de temperatura y freno Proni.

Segundo: Realizar la obtención de los componentes de los gases de escape tanto con gasolina y GLP, y obtención de datos necesarios.

Tercero: Elaborar tablas o gráficos que nos permitan analizar la relación de los componentes tóxicos de la combustión como son en Monóxido de Carbono “CO”, dióxido de carbono “CO₂” y los Hidrocarburos no quemados “C_xH_y” y el régimen de trabajo del motor.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes de investigación.

El servicio de transporte en todo el mundo constituye uno de los sectores más dinámicos de toda economía, puesto que ninguna actividad que involucre productos físicos es ajena al desplazamiento de estos, involucrando costos de flete en sus diferentes vías.

En Perú, *este servicio es cubierto por vía terrestre en un 90 %, tomando en cuenta el desplazamiento de carga, particulares y servicio público; usando vehículos de combustión interna tanto diésel como gasolina y hace algunos años GLP, es por ello que contar con un combustible que conlleve a una reducción de costos, tanto por su precio y por un menor daño al motor, como se explica en (Evaluación Experimental de los índices de economía y ecología de los motores de encendido por chispa trabajando con GLP, 1999).* Frente a la necesidad de comparar en función a los costos estos combustibles.

En la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, se han elaborado dos trabajos de investigación que incluyen la utilización de los valores de los productos de la combustión en motores de combustión interna, estos son:

Estos trabajos (Modulo para determinar el balance térmico de un motor de combustión interna para ser usado en el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica,

2004), “Evaluación del performance de los motores de encendido por chispa con alimentación dual de gasolina y gas licuado de petróleo (glp) a 3824 msnm” (Carcausto & Alvarez, 2007).

Obtienen sus datos de un módulo que usa un motor de encendido por chispa con carburador centrándose en pruebas de esfuerzo y torque, haciendo una explicación del comportamiento con el uso de ambos combustibles, limitándose a desarrollar el tema de los gases en forma teórica, debido a la imposibilidad de contar con un equipo que realice esta prueba; es frente a la necesidad de contar con los datos y realizar comparaciones de las emanaciones toxicas en nuestro medio, que el presente trabajo complementa las investigaciones ya desarrolladas, y añade algunas mejoras como el uso de un motor de encendido por chispa de inyección electrónica.

2.2.Sustento teórico.

Desde la invención de la rueda y del carro tirado por bueyes, asnos, caballos y otros animales significó un adelanto en los medios de transporte, en la historia, mas con el transcurrir del tiempo, la tracción animal resultó insuficiente y se buscaron otras formas de energía como el viento. Pero éste era poco seguro por ser muy variable o faltar por completo. Era, pues, necesario inventar un vehículo que se moviera (con la ayuda de un motor) por sí mismo, es decir, un automóvil.

Hacia fines del siglo XVII se empezó que para ello podía utilizarse el vapor. El primer intento lo realizó un ingeniero militar, Nicolás Cugnot, quien en 1769 construyó un vehiculote de tres ruedas, de gran tamaño, que tenía en la parte delantera un pesado caldero que lo hacía difícil de conducir y a causa de ello, terminó su breve carrera contra una pared. Se construyó entonces un segundo vehículo en 1771 para remolcar armas de fuego para el ejército, pero era tan lento que se perdió el interés en él.

La máquina de vapor que accionaba a estos vehículos contaba con un embolo que era empujado hacia uno y otro extremo del cilindro por el vapor que proporcionaba una caldera. El vapor entraba por unos agujeros que había en los extremos del cilindro llamadas compuertas, primero en un extremo y luego en el otro, empujando al embolo hacia delante y hacia atrás. Un sistema biela-manivela transformaba el movimiento alternativo del embolo en un movimiento circular.

A comienzos del siglo XIX se comprobó que si encendía un gas dentro de un cilindro cerrado la fuerza de éste movía el pistón. En 1859, Esteban Lenoir construyó un motor de gas, encendido por una chispa eléctrica y lo llamo motor de combustión interna por que el combustible se quemaba dentro. Unos años después, el ingeniero alemán Nicolás Otto perfeccionó el motor que pasó a llamarse de cuatro tiempos. Este tipo de motor se usa en la mayoría de los automóviles. En la década de 1870 había motores lo suficientemente pequeños y ligeros como para caber en un vehículo y el combustible era portátil y barato.

En 1885, Karl Benz, un ingeniero alemán, fue el primero en colocar un motor de explosión de diseño propio accionado por gasolina en un vehículo, que constaba de tres ruedas. El motor tenía un cilindro y alcanzaba la velocidad de 15 km. por hora (Jóvaj, 1982).

El encendido del motor se producía girando una rueda en el sentido de las agujas del reloj; esto hacia mover el pistón y absorbía la gasolina, la cual, encendida por una chispa y por la fuerza de la explosión, provocaba el movimiento continuado del pistón.

Prácticamente a la par que Benz, otro ingeniero alemán, Gottlieb Daimler, estuvo experimentando con motores de gasolina. En 1885, Daimler desarrolló su propio motor y lo colocó en una bicicleta; el año siguiente, compró un carruaje y lo adaptó para colocarle

un motor. Tres años más tarde construía automóviles para vender. Las compañías de Benz y Daimler terminaron asociándose bajo la marca Mercedes-Benz.

Los motores de cuatro tiempos fueron reduciendo su tamaño con el pasar de los años, disminuyendo el consumo de combustible y aumentando la potencia. Algunos motores actuales reemplazaron el carburador por un sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente por una computadora que vigila las revoluciones del motor, la posición del acelerador, la velocidad del vehículo y la temperatura del refrigerante. Mediante todo esto, calcula la mezcla de aire y combustible necesaria para reducir a un mínimo el gasto de combustible y producir una máxima potencia. Luego transmite una señal a los inyectores (uno por cilindro) para indicarles cuándo y por cuánto tiempo debe inyectar el combustible (Kates & Luck, 1982).

El motor diésel fue ideado en 1893 por Rudolph Diésel, quien modificó el motor perfeccionado por Otto. Este motor empleó un combustible más denso y más económico. A diferencia del motor de gasolina, el diésel aspira aire puro y no necesita la chispa de una bujía para encender el combustible. El aire, con una presión de 30 atmósferas (30 veces más que la presión normal) provocada por la compresión, adquiere una temperatura elevada, que cuando se inyecta el combustible, éste se inflama a medida que va penetrando. El ciclo de este motor es igual al del motor de cuatro tiempos (Alvitres, 1996).

El motor de dos tiempos fue perfeccionado por varios inventores norteamericanos e ingleses, entre los que destacaron Douglas Clerk y Joseph Day. Es de estructura más simple y, por consiguiente, menos costoso; tiene una diferencia fundamental con respecto al de cuatro tiempos: carece de válvulas y las aberturas de admisión y escape son abiertas y cerradas por el pistón en su carrera.

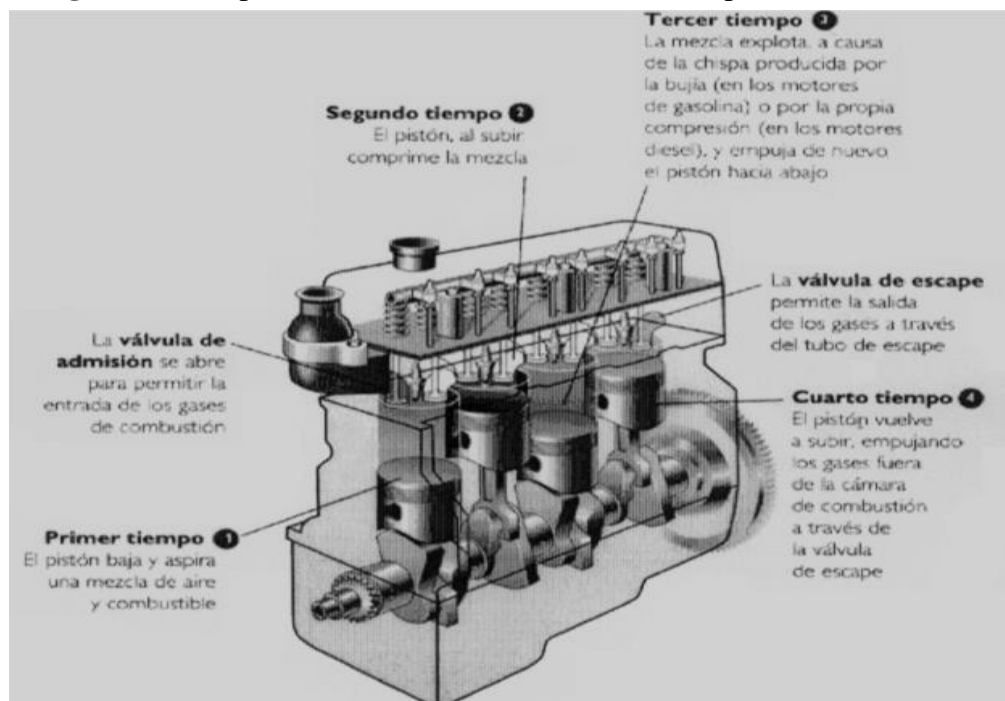
Los motores han evolucionado, obteniendo diferentes formas dentro de las que más destacan se encuentran los motores en línea, en V.

2.2.1. Funcionamiento de un motor Otto.

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, es decir, que el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia el cabezal cerrado del cilindro y dos hacia atrás. Durante la primera fase del ciclo el pistón se mueve hacia atrás mientras se abre la válvula de admisión. El movimiento del pistón durante esta fase aspira hacia dentro de la cámara la cantidad necesaria de la mezcla de combustible y aire. Durante la siguiente fase, el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro y comprime la mezcla de combustible contenida en la cámara. Cuando el pistón llega hasta el final de esta fase y el volumen de la cámara de combustión es mínimo, la bujía se activa y la mezcla arde, expandiéndose y creando dentro del cilindro la presión que hace que el pistón se aleje; esta es la tercera fase. En la fase final, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo.

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión, la proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o de 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a 25% (o sea, que sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica).

El motor Otto, funciona gracias a cada una de las fases o tiempos que desarrolla, los que provocan el movimiento del cigüeñal que es transmitido a las partes móviles para su aprovechamiento (Jóvaj, 1982).

Figura 01: Desplazamiento de cilindros en cada tiempo – motor Otto.

Fuente: (Jóvaj, 1982).

El tiempo de admisión (succión): el motor de arranque eléctrico o la inercia del cigüeñal hace mover el pistón hacia abajo y aumenta el tamaño del espacio del cilindro de combustión, se reduce la presión en su interior y como la presión atmosférica exterior es más alta que el vacío que se genera, succiona una mezcla nueva de aire y gasolina hasta el interior del espacio de combustión a través de la apertura de la válvula de admisión.

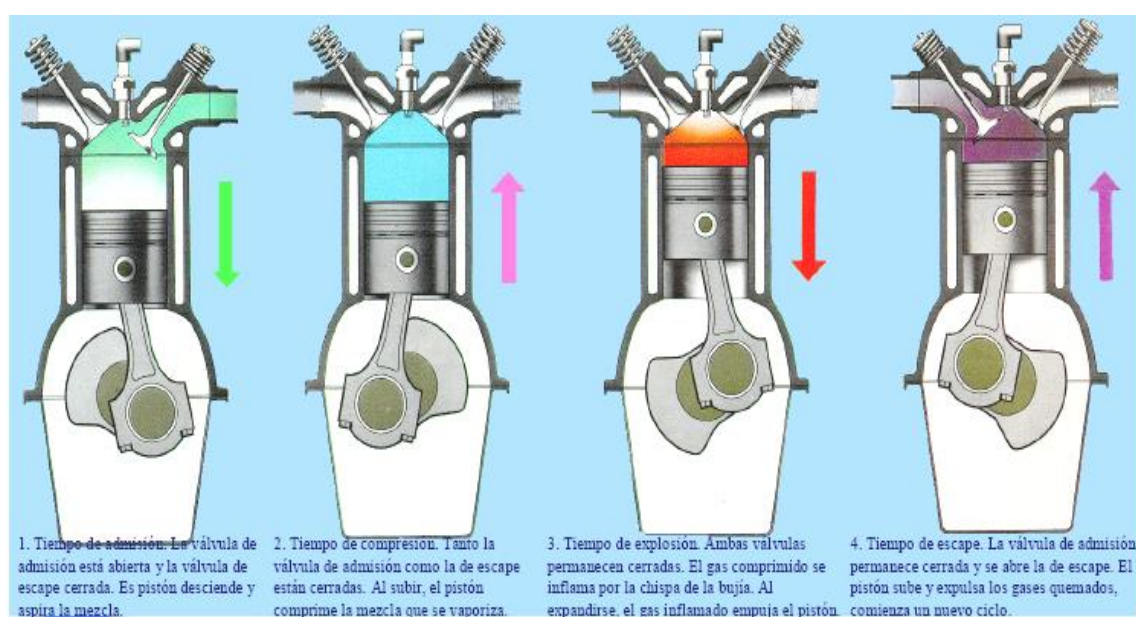
El tiempo de compresión: cuando el pistón llega hasta su extremo inferior se cierra la válvula de admisión y se inicia un movimiento ascendente que hace una mezcla más integrada del aire y la gasolina aprovechando adicionalmente el calor producido por la compresión. Se produce una combinación más estrecha entre las partículas de aire y gasolina, pero por la combustión suele ser irregular y lenta, con la inherente producción de residuos contaminantes.

El tiempo de expansión (potencia): el pistón llega al extremo superior de su carrera y se induce la combustión en la mezcla de aire y gasolina mediante la chispa que

produce la bujía, la expansión de los gases, ejerce una presión sobre el cilindro y el pistón que se mueve hacia abajo para producir el trabajo que se transmite al cigüeñal.

El tiempo de escape (expulsión o salida): antes de llegar a su extremo inferior el pistón, se abre la válvula de salida, los gases quemados se escapan por la fuerza de expansión. En su trayectoria hacia arriba el pistón empuja los gases restantes con lo que se completan los 4 tiempos (Arias, 2001).

Figura 02: Desplazamiento de cigüeñal, cilindros y válvulas – motor Otto.



Fuente: (Arias, 2001)

En estos cuatro tiempos hay varios aspectos que son claves para la mejor eficiencia del motor, uno de ellos es la calidad de la mezcla de aire y gasolina que succiona el cilindro. La mezcla perfecta contiene por cada parte de gasolina, 15 partes de aire, cuando se logra esta proporción, la mezcla se quema de manera óptima, sin producir un exceso de aire o de combustible, las desproporciones de aire y gasolina producen los siguientes efectos:

Si falta aire: se reduce la cantidad de oxígeno, se desperdicia combustible, y se generan más gases contaminantes producto de la combustión incompleta.

Demasiado aire: el combustible se quema lentamente y se desperdicia potencia.

A los límites de las proporciones de aire y gasolina se le conoce como la gama de proporciones y oscilan entre:

Límite superior de combustión (20 partes de aire por una de gasolina).

Límite inferior de combustión (entre 7 y 10 partes de aire por una de gasolina).

La calidad de la mezcla tiene un efecto directo en la variable conocida como RC.

Relación de Compresión (RC): la relación de volumen de la mezcla en el cilindro cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior comparado con el volumen de la mezcla cuando el pistón se encuentra en su punto muerto superior.

Otro aspecto importante es la cantidad de la mezcla que se introduce en el cilindro durante el tiempo de la admisión, es la variable se conoce como (EV).

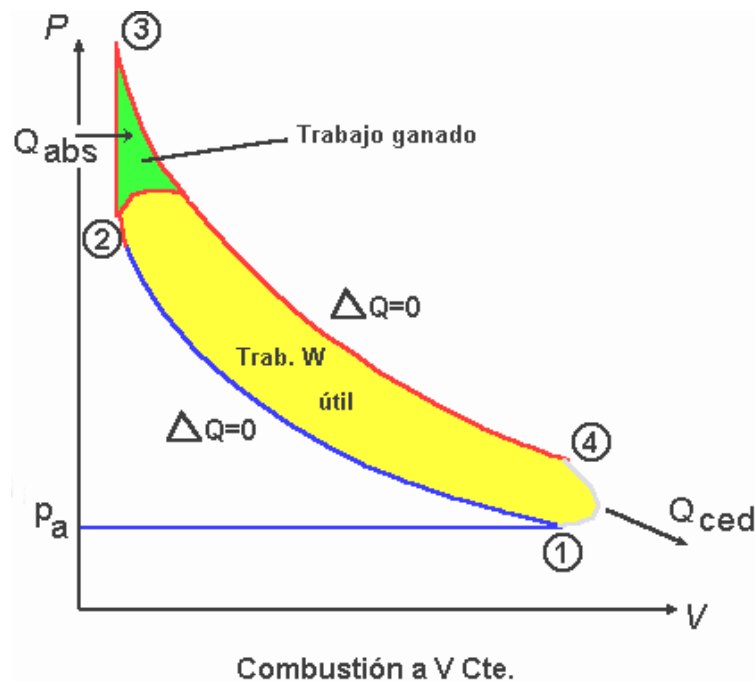
Eficiencia Volumétrica: se define como el volumen de la mezcla de combustible y aire que se succiona hasta dentro del cilindro a la presión atmosférica durante el tiempo de admisión comparado con el volumen del cilindro, entre mayor sea el volumen mayor será la potencia que el pistón desarrolle cuando se queme la mezcla.

En la eficiencia volumétrica inciden variables como: el diseño del tiempo dentro del cual actúan las válvulas, el carburador, y la abertura de la válvula reguladora.

En resumen, para mejorar la potencia y reducir el consumo de gasolina y la emisión de contaminantes es necesario introducir la mayor cantidad de combustible y aire en las proporciones adecuadas dentro del cilindro para tener una mejor Eficiencia Volumétrica lo que a su vez producirá una mejor Relación de Compresión como consecuencia de una combustión completa y limpia para de esta forma generar la mayor potencia con el menor gasto de gasolina. Sin embargo, el funcionamiento normal de un motor de gasolina a medida que aumenta la velocidad del motor, aumenta también la succión. La limitación más seria en el carburador de tubo sencillo es que el flujo de combustión en la espera aumenta bajo la succión en forma más rápida que el

correspondiente flujo de aire, lo que da por resultado que llegue a los cilindros una mezcla que es más rica en gasolina a medida que aumenta la velocidad del motor.

Figura 03: Curva termodinámica teórica de un motor Otto.



Fuente: (Giacosa, 1970)

El motor Otto de cuatro tiempos cuyo ciclo mecánico se completa con 4 carreras del embolo y dos revoluciones del cigüeñal en teoría sigue el proceso siguiente:

Proceso de Aspiración (0 - 1): Corresponde a la evolución en que el pistón va desde el punto muerto superior PMS al punto muerto inferior PMI y la válvula de admisión se abre permitiendo el llenado del cilindro con una mezcla de aire y combustible todo esto manteniendo a su vez la válvula de escape cerrada. Para que esto ocurra se necesita aportar trabajo al sistema.

Proceso de Compresión (1-2): Acá el pistón comienza a ascender desde el PMI al PMS manteniendo las válvulas de admisión y de escape cerradas provocando una compresión adiabática de la mezcla. Para que esto ocurra, al igual que en la evolución anterior, se debe aportar trabajo al sistema.

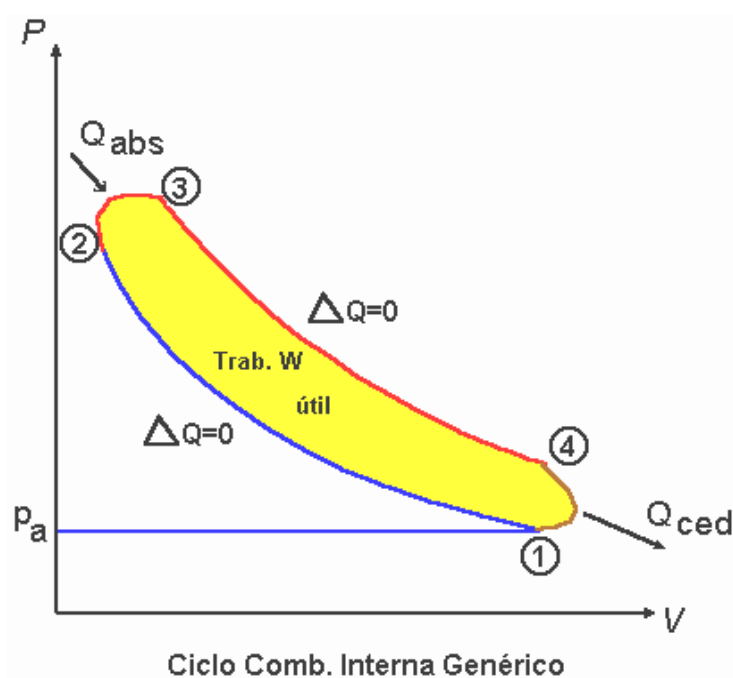
Proceso de Combustión (2-3): Este proceso ocurre por medio de las bujías que aportan la chispa para el encendido de la mezcla manteniendo ambas válvulas cerradas. Esto se realiza cuando el pistón se encuentra en su PMS y en teoría es instantáneo. La combustión de la mezcla provoca un aumento en la presión.

Proceso de Expansión (3-4): La combustión de la mezcla provoca que el pistón baje desde el PMS al PMI generándose trabajo positivo. Esto ocurre manteniendo ambas válvulas cerradas (VE y VA) y se supone proceso adiabático.

Apertura de Válvula de Escape (4-1): Cuando el pistón se encuentra en el PMI se abre sólo la válvula de escape lo que genera una caída de presión que en teoría es instantánea.

Proceso de Expulsión (1-0): En esta carrera se liberan los gases a la atmósfera al abrir la válvula de escape y el pistón sube desde PMI al PMS. Dado que las presiones dentro del cilindro y en la atmósfera son las mismas, el trabajo requerido en esta evolución es nulo.

Figura 04: Curva termodinámica real de un motor Otto.



Fuente: (Giacosa, 1970).

0 – 1 ASPIRACIÓN

La válvula de admisión se abre y se aspira una carga de aire y combustible a una presión, teóricamente, igual a la atmosférica, provocando el descenso del pistón. La válvula de escape permanece cerrada.

1 – 2 COMPRESIÓN

No existe intercambio de calor entre el gas y las paredes del cilindro. La válvula de admisión y la de escape están cerradas y el pistón comienza a subir, comprimiendo la mezcla que se vaporiza.

En el ciclo real, el gas cede calor al cilindro, por consiguiente el gas se enfría y adquiere menos presión.

2 – 3 COMBUSTIÓN

Ambas válvulas permanecen cerradas. Al llegar el pistón a la parte superior de su carrera, el gas comprimido se inflama por la chispa de la bujía. La combustión de toda la masa gaseosa es instantánea, por lo tanto el volumen no variará, y la presión aumentará rápidamente. En el ciclo real la combustión no es instantánea y el volumen de la mezcla va variando mientras se propaga la inflamación.

En este caso, el principal perfeccionamiento que se puede aportar, para la obtención de un máximo trabajo, será en la elección del instante preciso en que ha de producirse el encendido. La chispa debe saltar antes de que el pistón haya terminado la carrera de compresión, de esta manera aumenta considerablemente la presión alcanzada después de la combustión y de esta forma el trabajo ganado será significativo.

3 – 4 EXPANSIÓN

El gas inflamado empuja al pistón. Durante la expansión, no hay intercambio de calor, al aumentar el volumen, la presión aumenta.

El aumento de la temperatura en el interior del cilindro durante la combustión produce, en la expansión, que los gases cedan calor al cilindro y se enfrían, dando como resultado una presión menor.

4 – 1 ESCAPE

Cuando el pistón se encuentra en el extremo inferior de su recorrido, la válvula de admisión permanece cerrada y se abre la de escape, disminuyendo rápidamente la presión, sin variar el volumen interior. Luego manteniéndose la presión igual a la atmosférica, el volumen disminuye.

En la realidad el escape no se hace instantáneamente, sino que en este periodo los gases tienen aún una presión superior a la atmosférica (Giacosa, 1970).

Por lo tanto, en el ciclo real la válvula de escape se abre antes de que el pistón llegue al extremo inferior de su recorrido, de este modo la presión del gas tendrá tiempo de disminuir mientras el pistón acaba su carrera descendente, al verificar este su carrera ascendente solo encontrará delante de él gases expansionados ya casi por completo. La válvula de admisión se abre antes de que el pistón llegue al extremo superior de su recorrido, produciendo una cierta depresión en el cilindro que hace que la aspiración sea más enérgica.

Dado que en la realidad los procesos no son ideales, el ciclo otto real experimenta algunas variaciones con respecto al ciclo otto teórico que tienen su origen en las siguientes aproximaciones:

La transferencia de calor en un motor otto real no es nula por lo que el supuesto de la existencia de procesos adiabáticos es solo aproximadamente correcta durante la compresión, sin embargo el aumento de la temperatura en el interior del cilindro durante la combustión hace que la transferencia de calor durante todo el proceso de expansión no sea despreciable (y a su vez necesaria para proteger los materiales del motor). Otro

aspecto a considerar es el hecho que el proceso de combustión, pese a ser muy rápido no es instantáneo, lo cual trae consigo que el proceso no ocurra a volumen constante. En motores cuyo ajuste pretende obtener una máxima eficiencia, la chispa salta entre 40 y 10 grados antes de alcanzar el PMS, esto provoca una combustión temprana que produce un aumento en la presión por sobre el valor teórico, sin embargo, como la combustión no es instantánea, la presión máxima se alcanza a unos 15 grados después del PMS llegando a un valor mucho menor que el teórico. Además, durante todo el proceso de expansión la presión real se mantiene por debajo de la predicha por el modelo teórico.

Las reacciones no son ideales, por lo que en la realidad la combinación de varios efectos provocan que la combustión no sea completa aun en presencia de mezclas pobres (mezcla con poco combustible) lo que genera que los gases de escape presenten un cierto porcentaje de monóxido de carbono, hidrogeno e hidrocarburos no quemados. Todo esto trae como consecuencia una disminución en la eficiencia de conversión del combustible en comparación con el modelo teórico. Por otro lado el efecto de disociación del combustible que a altas temperaturas provoca que cierta cantidad de moléculas de los productos de combustión se fraccione, genera una disminución de la temperatura máxima de los productos (aun a volumen constante) en comparación con la teórica.

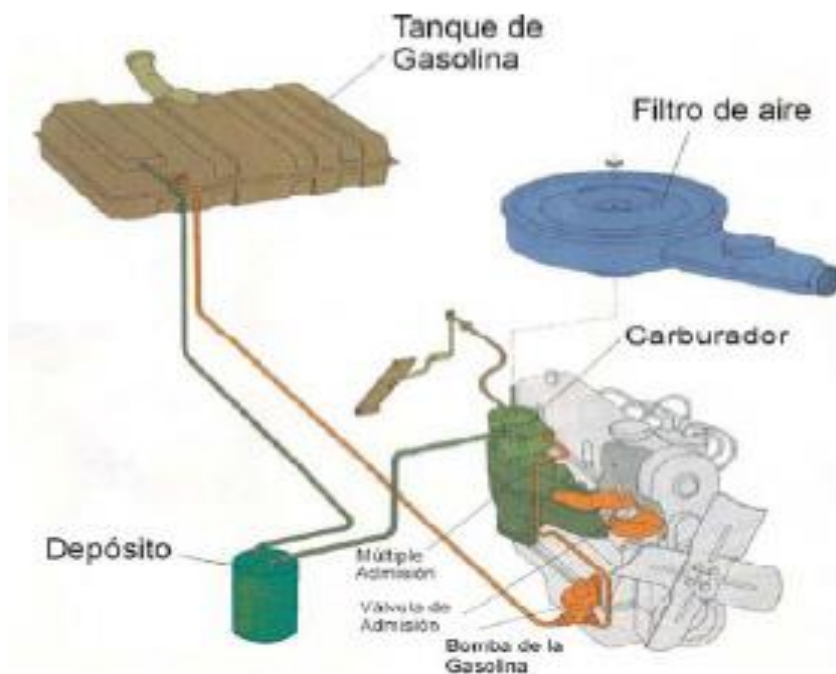
Finalmente, también contribuye a reducir el rendimiento real, el momento en que se abren las válvulas. La válvula de escape se abre antes del PMI (pto. 4) con lo cual la expansión de los gases de escape es incompleta y la presión, a partir de ese punto cae rápidamente. Similarmente la válvula de admisión se cierra después del PMI (pto. 0), provocando que la presión antes de la combustión sea menor que la teórica.

El resultado de combinar todas estas diferencias es que la eficiencia interna del motor, es decir, el cociente entre la presión interna real y la potencia teórica este entre 0.8 y 0.9.

Partes de un sistema de suministro de combustible en un motor con carburador.

1. Tanque o depósito de combustible
2. Filtro de combustible
3. Líneas de combustible
4. Bomba de combustible mecánica (de diafragma)
5. Múltiple de admisión
6. Carburador
7. Ahogador o “choke”
8. Válvula de aceleración
9. Línea de retorno
10. Filtro de aire

Figura 05: Circuito de alimentación aire combustible en un motor Otto.



Fuente: (Giacosa, 1970).

2.2.2. Motor Otto con eyección electrónica.

Los sistemas de inyección de combustible permiten mejorar la dosificación del combustible debido a que el combustible es inyectado a una presión mayor en la corriente de aire, esto permite un mejor mezclado del aire con el combustible y generalmente se tiene un mejor aprovechamiento del combustible y un nivel menor de emisiones.

Los inyectores utilizados en los motores de gasolina, generalmente son controlados electrónicamente lo cual permite tener un control muy preciso del tiempo de inyección y de la cantidad de combustible inyectada (Blasco, 2005).

Los sistemas de inyección de combustible presentan las siguientes características:

Son sistemas más complicados y tienen más componentes

El principio de funcionamiento es por la presión con la que se inyecta el combustible, lograda por la bomba de alimentación y el regulador de presión del sistema

La velocidad del aire es menor que la del combustible, por lo cual el combustible es mezclado mejor con el aire.

Generalmente proporcionan mezclas aire-combustible pobre

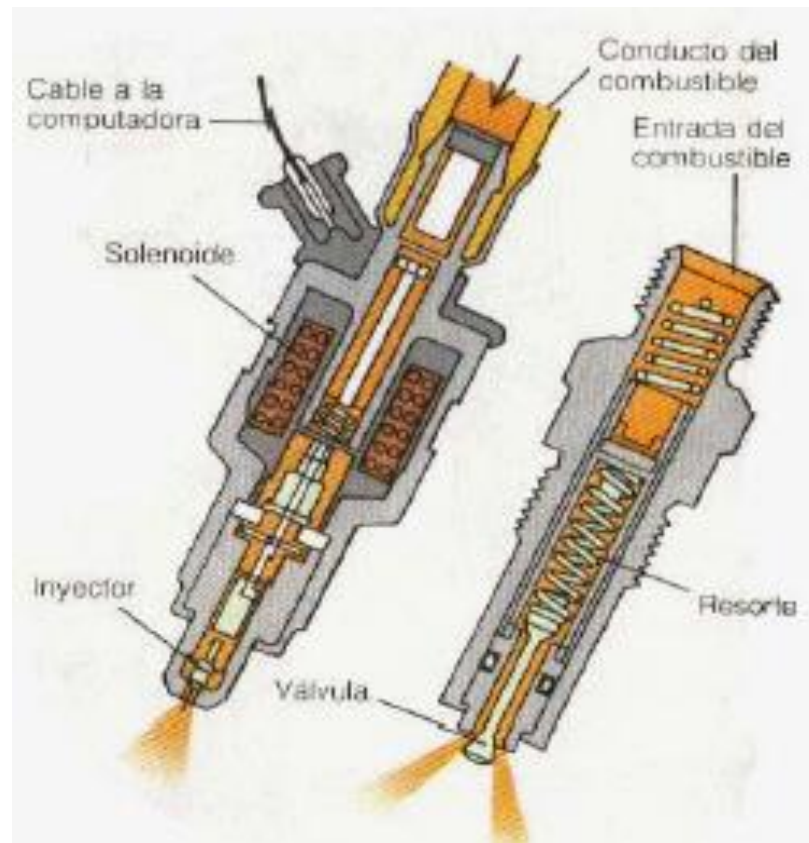
Son de precio medio y alto.

Permiten un control estricto de las emisiones contaminantes.

Permiten una dosificación homogénea a todos los cilindros

La presión del sistema de combustible es del orden de 35 a 70 lb/pulg² en motores de gasolina y mucho mayores en motores diésel (mayores de 3,000 lb/ pulg²).

Figura 06: Esquema de la estructura interna de un inyector de gasolina.



Fuente: (Blasco, 2005)

Sistemas de inyección monopunto, tienen la característica de que un inyector alimenta a más de un cilindro, de tal manera que permiten una mejor dosificación de la mezcla aire combustible. Este inyector se coloca generalmente en el cuerpo de aceleración y es de mayor tamaño que los inyectores utilizados en los sistemas multipuntos.

Partes del sistema de inyección monopunto:

1. Tanque o depósito de combustible
2. Filtro de combustible
3. Bomba de combustible
4. Líneas de combustible
5. Regulador de presión
6. Inyector
7. Cuerpo de aceleración
8. Válvula de aceleración

9. Línea de retorno
10. Módulo de control electrónico (computadora)
11. Sensores de aire
12. Sensor de posición de la válvula de aceleración
13. Sensor de la posición del cigüeñal
14. Sensor de oxígeno

Circuito del combustible, el combustible es succionado del tanque de combustible por la bomba la cual se encuentra generalmente dentro del tanque, pasando por el filtro de combustible.

La bomba incrementa la presión y envía el combustible a través de la línea de combustible hacia el regulador donde se controla la presión a la cual será inyectado. El regulador se encarga de enviar el combustible hacia el inyector el cual se encuentra encima del cuerpo de aceleración donde se tiene la válvula de aceleración la cual está acoplada al pedal del acelerador.

La posición de esta válvula definirá la potencia demandada, la cantidad de combustible necesaria será definida por la computadora (la cual toma la señal de la posición de la válvula de aceleración y de la temperatura del motor entre otras) y suministrada a través del inyector. La cantidad de combustible que no sea requerida se envía al tanque a través de la línea de retorno.

Sistemas de inyección multipunto, tienen la característica de que se tiene un inyector para cada cilindro, de tal manera que permiten una mejor dosificación de la mezcla aire combustible. Estos inyectores se colocan generalmente en el puerto de admisión, que es la zona en la cual se encuentra la válvula de admisión antes de la cámara de combustión; algunos fabricantes le denominan sistema de inyección multipuertos.

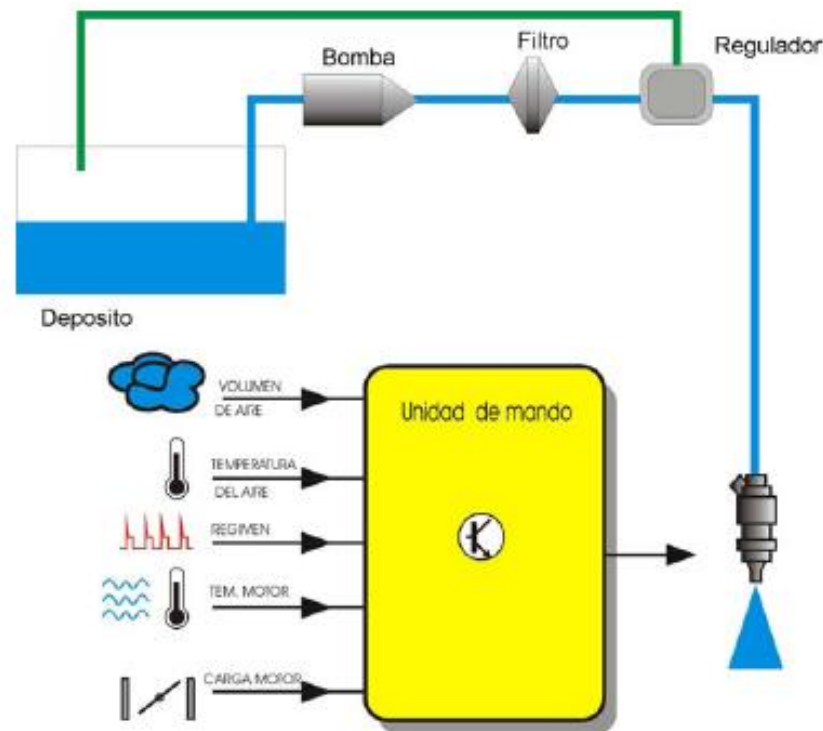
Partes del sistema de inyección multipunto:

- 1.- Tanque o depósito de combustible
- 2.- Filtro de combustible
- 3.- Bomba de combustible
- 4.- Líneas de combustible
- 5.- Regulador de presión
- 6.- Riel de inyectores
- 7.- Inyectores
- 8.- Puerto de admisión
- 9.- Cuerpo de aceleración
- 10.- Válvula de aceleración
- 11.- Línea de retorno
- 12.- Módulo de control electrónico (computadora)
- 13.- Sensores de aire
- 14.- Sensor de posición de la válvula de aceleración
- 15.- Sensor de la posición del cigüeñal
- 16.- Sensor de temperatura del motor
- 17.- Sensor de oxígeno

Los sistemas de inyección de gasolina con mando electrónico, basan su funcionamiento en el control eléctrico de las válvulas de inyección; la frecuencia de apertura y el tiempo que el inyector permanece abierto determinarán el caudal de combustible introducido al motor. La cantidad de gasolina inyectada ha de hallarse perfectamente controlada para que al mezclarse con el aire aspirado por el motor se constituya en una la mezcla inflamable (es lo que se conoce como relación estequiométrica). El grado de riqueza de la mezcla puede variar según las condiciones de funcionamiento del motor, así con el motor frío se enriquece ligeramente hasta que el motor alcance la temperatura normal de servicio.

También durante la aceleración se inyecta una cantidad extra de gasolina para originar un aumento instantáneo de potencia.

Figura 07: Esquema sinóptico de un sistema básico de inyección de gasolina con mando electrónico en el que se aprecia el circuito de combustible y el de control.

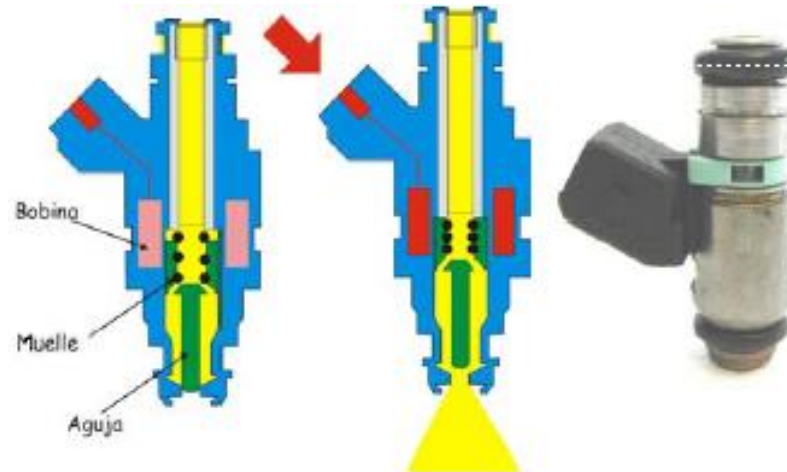


Fuente: (www.mecanicavirtual.org, 2000)

El inyector de gasolina no es más que un electroimán, similar a un relé, que al circular corriente por la bobina esta crea un campo magnético que ejerce una determinada fuerza de atracción sobre la armadura, que en este caso se sustituye por una aguja cónica que abre o cierra el orificio de salida. La figura 6 muestra la estructura del inyector: puede observarse que está formada por un cuerpo en cuyo interior se desplaza la aguja, que se halla fuertemente presionada contra el cono de salida mediante la acción del muelle, cuando el inyector recibe corriente, la bobina hace desplazar la aguja y abre el orificio de salida. El desplazamiento de la aguja es de tan solo 0,1 mm. Los sistemas de inyección monopunto utilizan un solo inyector que dosifica a todos los cilindros. El inyector está diseñada para que abra muy rápidamente ya que lo hace una vez por cada vuelta del cigüeñal. Se construyen con una bobina de baja resistencia (alimentada generalmente por

3 voltios), lo que reduce el fenómeno de autoinducción y aumenta la velocidad de apertura de la aguja.

Figura 08: Vista en corte de un inyector.



Fuente: (www.mecanicavirtual.org, 2000)

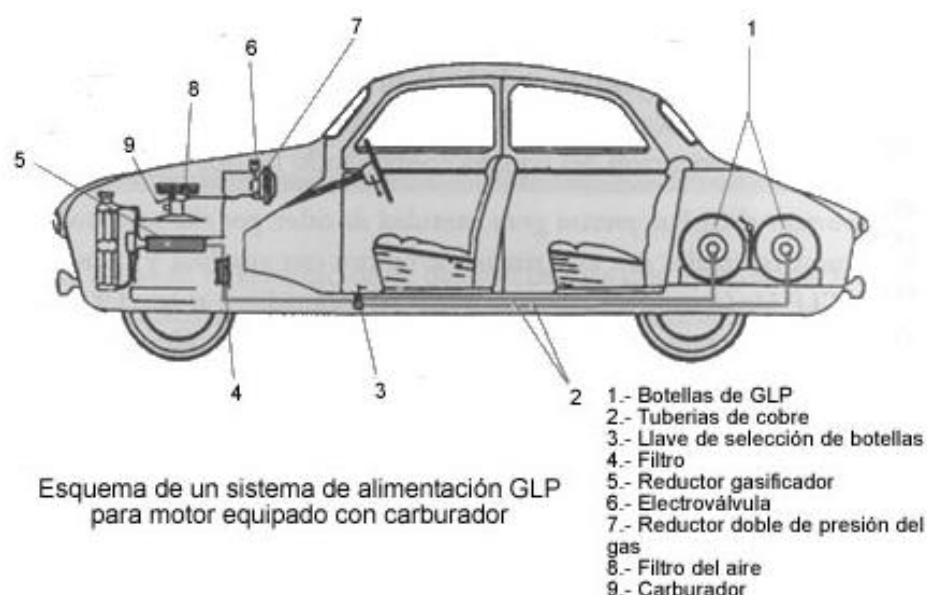
2.2.3. Funcionamiento de un motor Otto de carburador con GLP.

La transformación de un vehículo propulsado por un motor de gasolina a otro que utilice el GLP (Gas Licuado del Petróleo) no es complicada además se hace de tal forma (sistema dual), para que el vehículo mantenga todos los elementos necesarios para seguir funcionando "también" con gasolina y que el conductor con tan solo accionar un interruptor (conmutador) pueda elegir que combustible usar en el momento deseado he inclusive estando el vehículo en marcha. Es por ello que al instalar el equipo de GLP no modificamos en nada la estructura interna del vehículo; solo le añadimos un nuevo equipo. La instalación del equipo es tan sencilla que no dura más de 8 horas (www.mecanicavirtual.org, 2000).

En la figura 09, se ve un esquema, el vehículo normalmente se equipa con dos botellas de combustible, el GLP en estado líquido se conduce por unas tuberías de cobre recocido hasta una llave de paso que selecciona una u otra botella (conmutador), después

pasa un filtro para seguir a un reductor de presión gasificador, de este en estado de gas pasa otro reductor de presión que lo suministra a la espita o surtidor del carburador a una presión inferior a la atmósfera, de forma que si los cilindros no aspiran el gas, este no sale, de igual forma que el nivel de la cuba es inferior al de surtidor de la gasolina y si no hay vacío en el colector de admisión esta no sale (el vacío evidentemente se genera con el giro del motor, a motor parado no hay vacío).

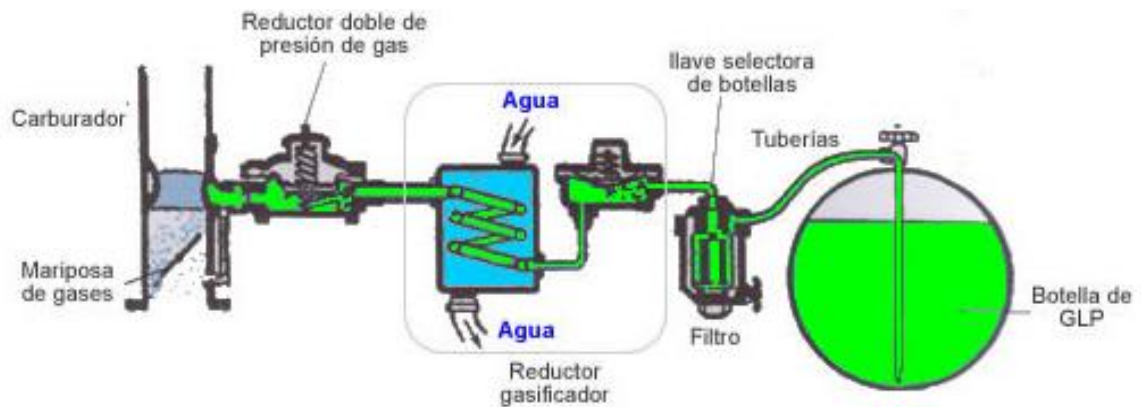
Figura 09: Esquema de un sistema de alimentación GLP en un motor con carburador.



Fuente: (Aguaytia, 2005)

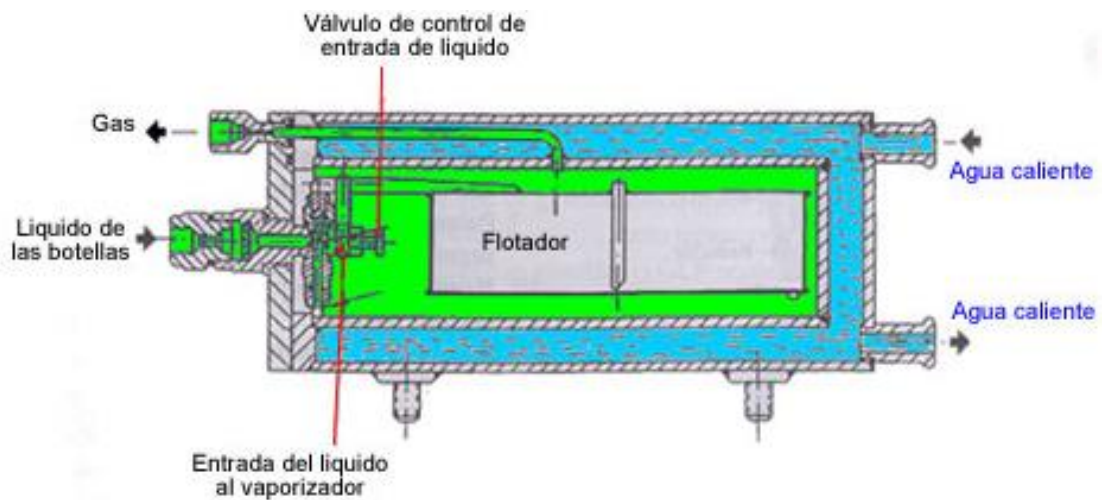
Al reductor gasificador se ve como entra el GLP en estado líquido y una válvula accionada por un flotador (igual a la cuba de un carburador) cierra el paso cuando llega a un nivel máximo de combustible; este recipiente está rodeado por otro que contiene agua del sistema de refrigeración del motor, el GLP en estado líquido toma de aquí el calor de vaporización que es bastante considerable, a continuación el gas pasa al reductor de presión de gas, cuando el gasto hace bajar la presión y la cantidad, baja el flotador y pasa el GLP en estado líquido. Al alcanzar el gas una determinada presión en esta cámara, por no haber gasto, cesa la vaporización del líquido coexistiendo las dos fases de líquido-gas.

Figura 10: Elementos que forman una instalación GLP para un motor con carburador.



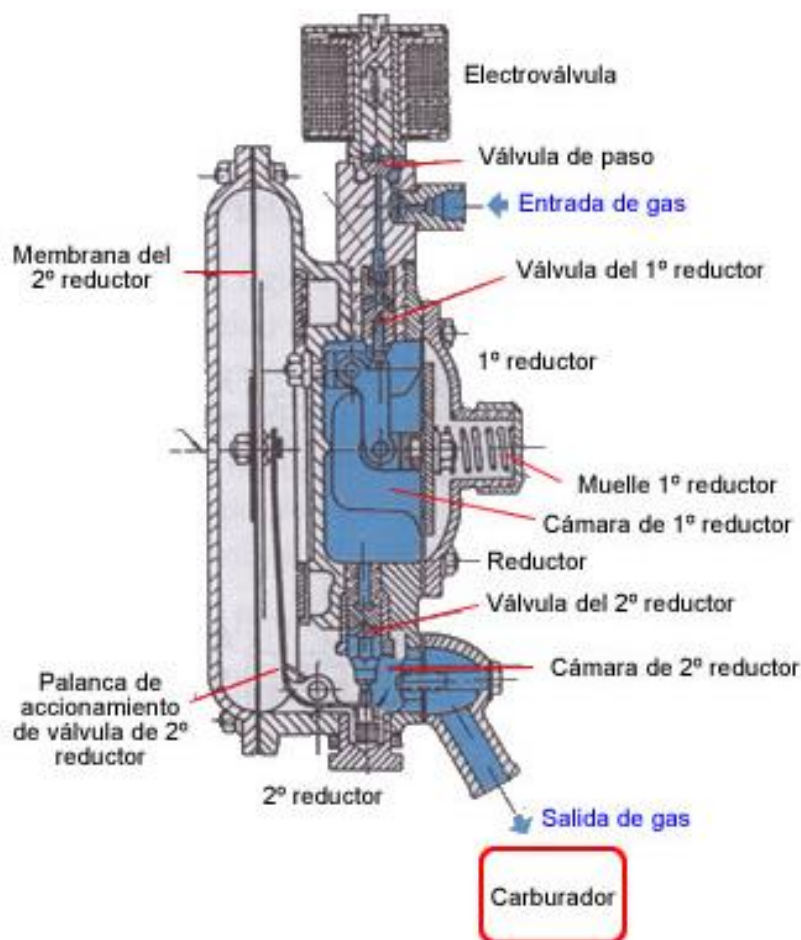
Fuente: (Aguaytia, 2005)

Figura 11: Estructura interna del reductor gasificador.



Fuente: (Aguaytia, 2005)

El reductor de presión de gas que es un doble reductor; el primero accionado por resorte helicoidal y el segundo por membrana, también incorpora la electroválvula de paso de forma que el gas llega a esta y de aquí al primer reductor.

Figura 12: Estructura de un doble reductor de gas con electroválvula.

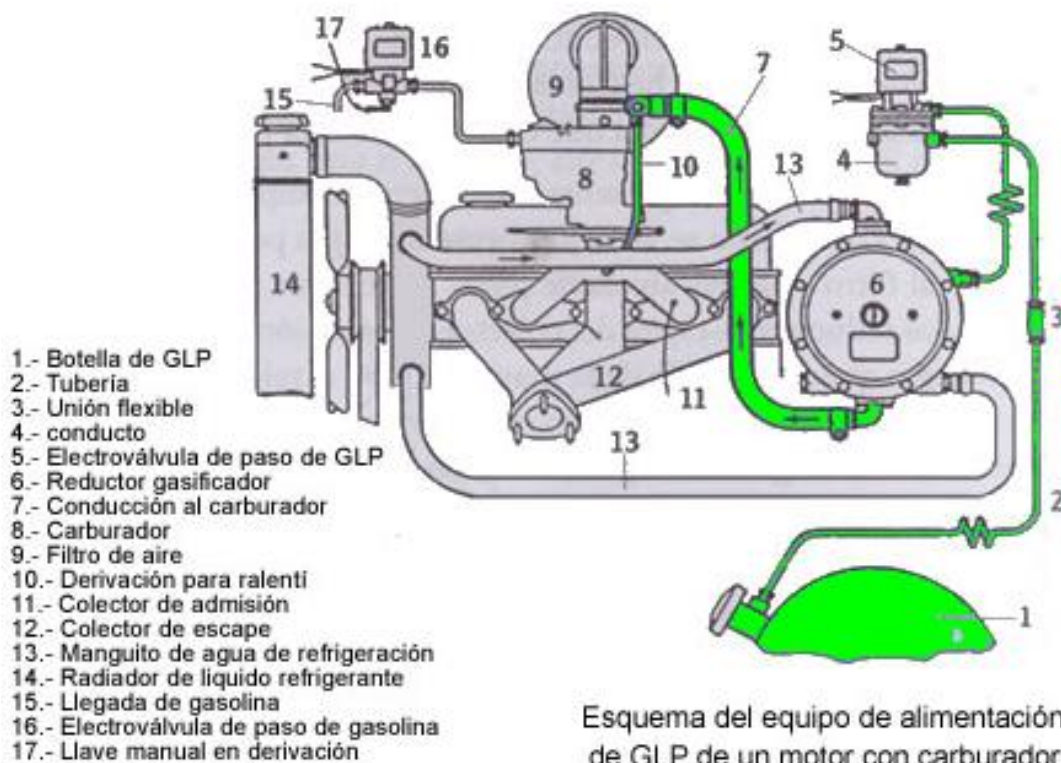
Fuente: (Galarza, Gomez, & Gonzales, 2003)

Para vaporizar el GLP se precisa gran cantidad de calor, por ello sobre todo en tiempo frío, los vehículos equipados con este sistema se ponen en marcha con gasolina y cuando están calientes pasan a funcionar con GLP. Actualmente este paso de gasolina a GLP puede ser automático, el selector tiene 3 o 2 posiciones, según fabricantes y equipos: gasolina, gas y automático. En la última posición siempre que no haya una temperatura adecuada y gas para el arranque, este se hace a gasolina. El selector hace imposible que los dos combustibles puedan alimentar a la vez, las electroválvulas que dan paso a uno u otro combustible están cerradas cuando no se activan, de forma que un fallo de corriente deja al vehículo sin alimentación, para prevenir esto, en la de gasolina hay un paso en derivación para puentearlo en caso de avería.

La figura inferior nos muestra un equipo para alimentar un motor con GLP. El gas pasa de la botella (que lleva su válvula de cierre) al filtro -electroválvula de paso- y de este lo lleva al reductor gasificador (que comprende en este caso el gasificador y los dos reductores) y por fin el GLP pasa a la espita en el colector de admisión donde se carbura la mezcla. Se cuenta también con una derivación del GLP que va después de la mariposa para mantener el ralentí del motor. El reductor gasificador es calefactado por medio de las tuberías de refrigeración del motor.

La alimentación de gasolina sigue intacta con su electroválvula de mando y la válvula en derivación de mando manual.

Figura 13: Esquema del equipo de instalación de GLP de un motor con carburador.



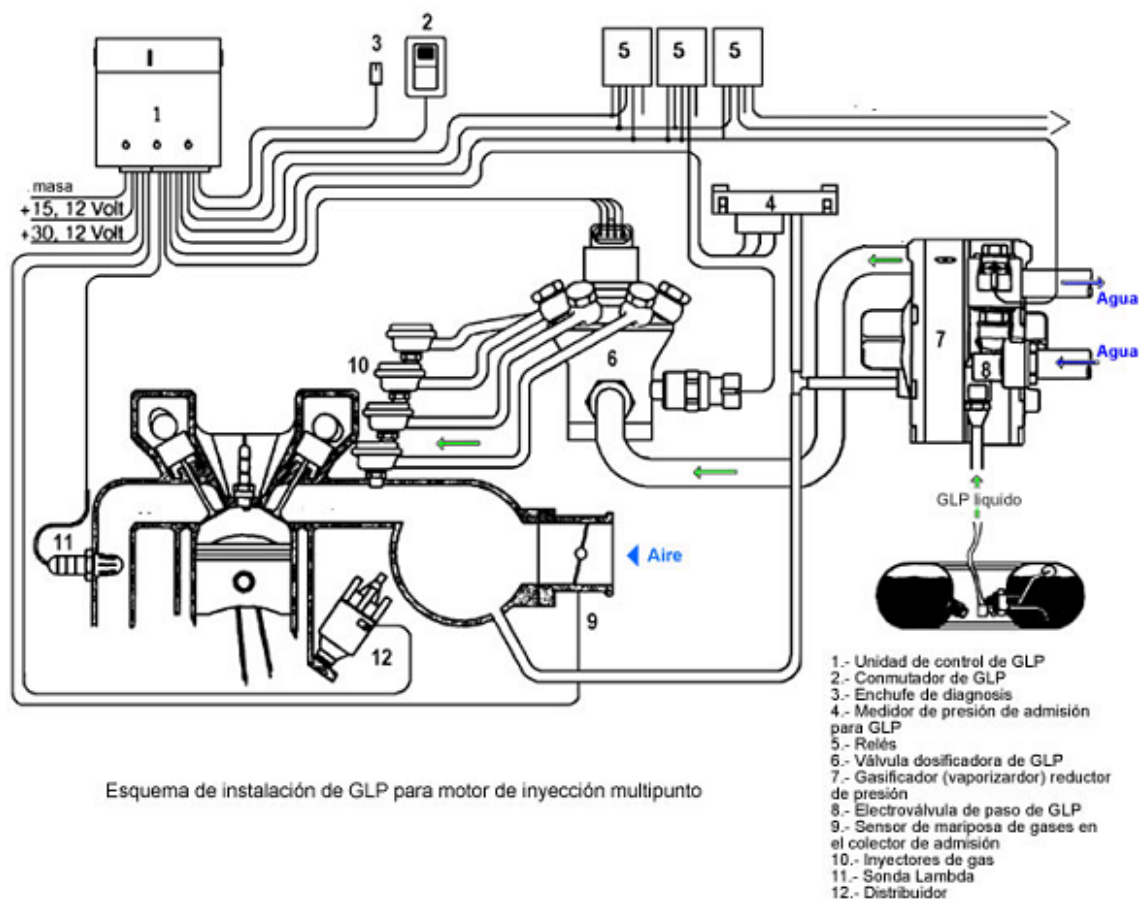
Fuente: (Galarza, Gomez, & Gonzales, 2003)

2.2.4. Funcionamiento de un motor Otto de inyección con GLP.

El rango óptimo para los motores con sistemas de inyección gasolina también puede adaptarse para el uso de GLP. Se puede adaptar motores con sistemas de inyección

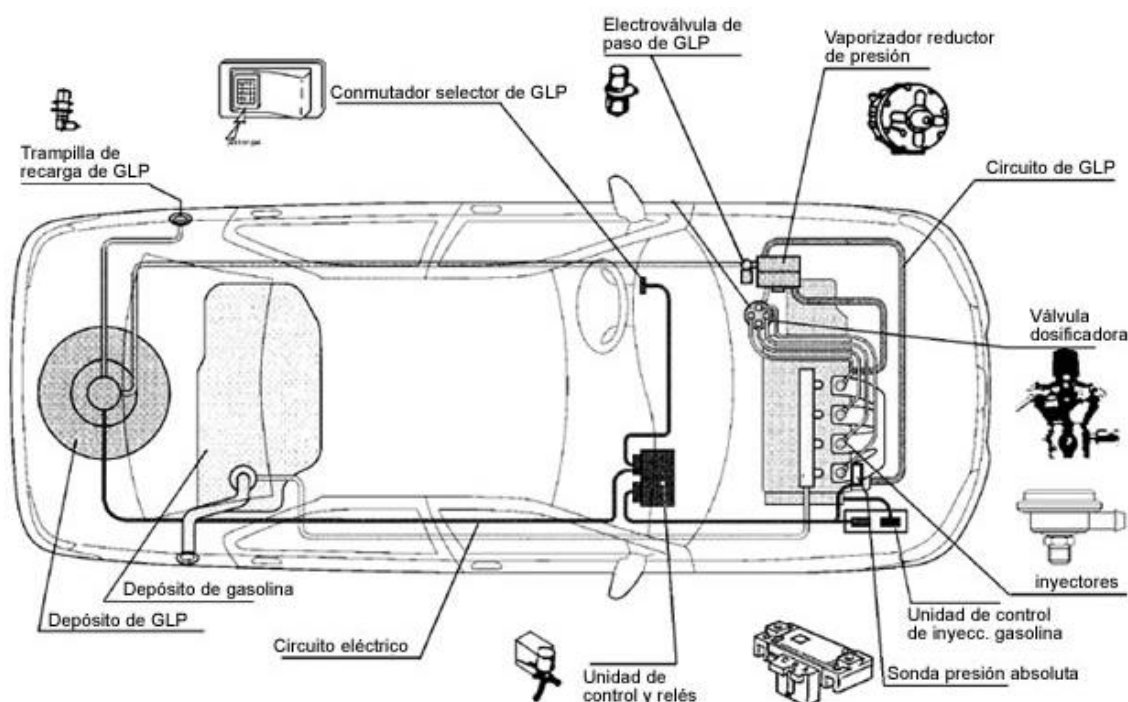
monopunto como multipunto. Como hemos visto anteriormente con los motores con carburador el equipo de GLP se instala de forma paralela al sistema de inyección de modo que puedan convivir los dos sistemas, dejando al conductor la opción de decidir que combustible utilizar. El equipo de GLP es igual al estudiado anteriormente siendo el proceso de repostaje, almacenaje, gasificación y conducción hasta el inyector, del cuerpo de mariposa (en la inyección monopunto) o los inyectores en el colector de admisión (en la inyección multipunto) (Aguaytia, 2005).

Figura 14: Esquema de instalación GLP en motor de inyección multipunto.



Fuente: (Aguaytia, 2005)

El equipo que instalamos en la parte delantera del vehículo sirve para procesar el gas y permitir su integración al motor y el tanque que va en la parte trasera usado para almacenamiento de combustible (ver gráfico inferior). El tanque tiene una electroválvula múltiple que bloquea la salida del gas en caso de accidente (Progas, 2001).

Figura 15: Esquema de ubicación en automóvil de inyección de gasolina.

Fuente: (Progas, 2001).

Los motores de gasolina funcionan con otros combustibles que no sean la gasolina sin variaciones sustanciales en su construcción. Estos combustibles pueden ser el alcohol, "petróleo" y keroseno. Con el alcohol van bien, con el petróleo y keroseno pican bielas y hacen autoencendido (se puede corregir). el otro problema es que queman válvulas sobre todo en motores antiguos preparados para gasolina "Super" con aditivos de plomo (Gardella, 2004).

El GLP que se usa en el automóvil se le conoce con el nombre genérico de "butano" y en realidad es una mezcla que puede llegar al 50% de propano. El GLP se almacena en botellas de forma licuada a una presión que depende de la temperatura (5 kp/cm² a 20°C).

Característica del butano:

Temperatura de vaporización próxima a 0°C , lo que puede originar problemas de arranque con temperaturas inferiores a 0°C .

Índice de octano (IO) equivalente a 93 de la gasolina.

Más barato que el propano se licúa más fácil y hay más reservas de estos gases en la tierra.

El butano comercial tiene hasta el 25% de propano.

Características del propano:

Temperatura de vaporización -40°C , no hay problemas de arranque en tiempo frío.

Índice de octano (IO) hasta 125.

Más caro, menos abundante y más difícil de licuar que el butano.

El propano comercial lleva hasta el 15% de butano y a 40°C esta licuado a una presión de unas 15 atmósferas.

El Gas Licuado de Petróleo utilizado como carburante para automoción es una mezcla de hidrocarburos, fundamentalmente Propano y Butano (en una proporción de 60% propano y 40% butano), obtenidos de la destilación del petróleo en las refinerías o en la destilación del gas natural húmedo.

2.2.5. Ventajas e inconvenientes del uso del GLP.

Como ventajas podemos enumerar:

Funcionamiento suave, buenas aceleraciones, motor más elástico, no hay picado ni autoencendido.

Igual o mayor potencia, más vida útil del motor, menos mantenimiento.

Combustible más barato y seguro contra incendios en caso de accidente debido a la robustez de las botellas.

El consumo y el mantenimiento por Km. se reducen casi a la mitad.

Los aceites lubricantes del motor se mantienen limpios más tiempo debido a la ausencia de depósitos carbonosos.

Mayor potencia y mayor par motor a carga parcial (arranques, paradas, aceleraciones y deceleraciones) que suele ser el régimen de funcionamiento usual del autobús, taxis y demás servicios públicos.

Como inconvenientes podemos señalar:

Espacio que ocupan las botellas o depósitos.

El suministro es muy puntual.

Políticamente está restringido su uso a vehículos de SP (Servicio Público: taxis, autobuses, etc.) (Canchaya, 2005).

2.2.6. Coeficiente de exceso de aire.

Combustión completa, implica que todo carbono se transforma en dióxido de carbono (CO_2), todo hidrogeno se transforma en agua (H_2O) y todo el azufre si hay, se convierte en (SO_4).

Combustión Incompleta, en este caso los productos de la combustión contienen cualquier combustible ó componentes no quemados, como: C, H_2 , CO u OH.

Aire Estiquiométrico. Es la cantidad mínima necesaria de aire para la combustión completa, por ello una *Combustión Estequiométrica ó Teórica*, es el proceso de combustión ideal durante el cual un combustible se quema por completo con aire teórico, se conoce como combustión estequiométrica, y en los productos de la combustión no hay oxígeno excedente, “*que una mezcla sea estequiométrica no implica que la combustión sea necesariamente completa*”.

Relación aire combustible. Se define como la relación entre la masa del aire y la masa del combustible empleado en la combustión.

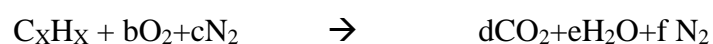
$$r_{a/c} = m_a / m_c$$

Relación Combustible Aire. Se define como la relación entre la masa del combustible y la masa del aire utilizada en la combustión.

$$r_{c/a} = m_c / m_a = 1 / r_{a/c}$$

Combustión Ideal con Aire. Se considerará que el H₂ se oxida hasta formar H₂O, y el C se oxida hasta formar dióxido de carbono CO₂, si existiera azufre, se oxida hasta formar SO₂ (dióxido de azufre), puede reaccionar también hasta formar SO₃, el cual en presencia de H₂O líquido, dará ácido sulfúrico H₂SO₄.

Para el hidrocarburo de la forma C_xH_x la ecuación de la reacción será de la forma:



Combustión Real. En los procesos reales, la combustión es incompleta, cuando se emplea aire teórico ó exceso de aire el exceso de aire tiene la virtud de que forma la menor cantidad de CO en la combustión.

En los procesos de combustión real es práctica común emplear más aire que la cantidad estequiométrica, con el fin de aumentar y que el combustible se oxide por completo, también se emplea exceso de aire para disminuir la temperatura de la combustión.

Factores que influyen en la combustión.

- Combustible.
- Relación aire-combustible.
- Geometría de la cámara.
- Temperatura de la combustión.

- Forma de alimentación del combustible.
- Turbulencia de la cámara.
- Velocidad de salida de los gases.
- Combustión Ideal con Exceso de Aire. Para lograr la oxidación completa del combustible, se requiere exceso de aire.

Aire Real (a_r), cantidad de aire que participa en el proceso de la combustión.

Exceso de aire (e_x), se define como.

$$\% e_x = (a_r - a_t) * 100 / a_t$$

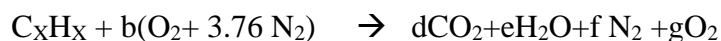
Porcentaje de aire teórico, se define como.

$$\% a_t = (a_r * 100) / a_t$$

Mezcla rica, es la mezcla con exceso de combustible ó deficiencia de aire.

Mezcla Pobre, es la mezcla con deficiencia de combustible ó exceso de aire.

Observación, en una combustión completa (ideal), el oxígeno en exceso, aparecerá en los productos:

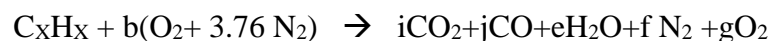


Combustión con deficiencia de Aire. La combustión con deficiencia de aire es incompleta, significa que no se oxida todo el combustible, entonces en los productos de la combustión aparecerá CO, cuya proporción está en función de la deficiencia de aire.

Observación, el proceso de la combustión se realiza para emplear la energía química liberada, en la reacción del H₂ hacia el H₂O (reacción total), el carbono C reacciona hacia el CO₂ y CO.

Es importante que en los productos exista la menor cantidad posible de CO, debido a que si el carbono reacciona totalmente hacía en CO₂ libera 3.5 veces más energía que cuando reacciona totalmente hacia el CO.

Combustión Real con Exceso de Aire.



Observación, en la combustión incompleta la comparación de los productos de la combustión sólo puede determinarse mediante mediciones reales de la presencia de los componentes individuales en los productos.

Observación, el exceso de aire en los diferentes procesos, de combustión, por ejemplo para la combustión en hornos (hogares) de la plantas de vapor: para carbón pulverizado del 15 al 20%; para petróleo del 5 al 20%; para gas natural del 5 al 12%.

2.2.7. Productos de la combustión.

Los productos de la combustión de una combustión real y sus cantidades relativas solamente se puede determinar experimentalmente uno de los métodos tradicionales más empleados para analizar experimentalmente la composición volumétrica (en base seca) de los productos de la combustión, mediante observación de estos (CO_2 , O_2 , CO), lo constituye el analizador de gases orsat.

Otros instrumentos para analizar los gases de combustión son: El cromatógrafo de gases, el analizador por infrarrojos y el detector de ionización de llama.

Observación, los análisis se realizan habitualmente en base “seca”, esto significa que las tracciones molares se dan para todos los productos gaseosos excepto el vapor de agua.

Observación, La información de los gases de combustión permite saber:

Relación aire Combustible.

Composición aproximada de combustible.

Pérdidas debido a la combustión incompleta.

Exceso o deficiencia de aire.

Analizador Orsat. El método consiste en hacer sucesivamente por varias soluciones, un volumen medido de los productos de la combustión; cada solución absorbe determinado componente; de manera que si se mide el volumen antes y después de pasar por cada solución, la diferencia representará el volumen absorbido por ella que corresponde al componente que la solución en cuestión es capaz de absorber.

La bureta medidora se llena con los productos de la combustión y su volumen se determina cuidadosamente.

Se pasa luego el gas a la pipeta A que contiene hidróxido de potasio que absorbe el dióxido de carbono; el gas remanente se regresa a la bureta medidora y se determina su volumen; la diferencia con el volumen original absorbido, así sucesivamente se procede con B y C.

El gas que no se absorbe, se supone que es nitrógeno.

Analizador de Gases Electrónico. El método que este instrumento usa para calcular las cantidades de sustancias existentes en los gases de escape, son sensores sensibles a las reacciones químicas que estos elementos producen al ponerse en contacto con el aire, además de la temperatura que emanan, entre otras características (Senati, 2005).

2.2.8. Factores que influyen sobre los parámetros indicados y efectivos del motor y sobre la toxicidad.

En los motores de encendido por chispa la potencia máxima se alcanza regulando la composición de la mezcla ($\alpha \approx 0.8 \dots 0.9$) y el ángulo de avance del encendido, de manera que asegure la combustión sin detonación; en los motores Diesel – regulando la composición de la mezcla, que condicione un escape fumívoro, y el ángulo de avance de la inyección, correspondiente al mínimo consumo de combustible para dicho régimen y a la velocidad permisible de crecimiento de la presión en la fase de rápida combustión. El

análisis de los factores que influyen sobre los índices del motor es necesario para poder determinar los métodos de obtención de la máxima potencia que un motor determinado puede desarrollar en todo el campo de regímenes de velocidad, aunque en este caso la economía no será la óptima.

En las condiciones de servicio el motor de automóvil funciona preponderantemente a regímenes de carga incompleta. Para estos regímenes el análisis se efectúa con el fin de determinar las condiciones bajo las cuales se logra un trabajo estable del motor con la máxima economía en cada régimen de velocidad.

Al analizar los factores que influyen sobre los índices del motor, es necesario tomar en cuenta también el efecto que ellos producen en la formación de los componentes tóxicos en los productos de combustión.

2.2.9. Influencia de diferentes factores en los parámetros indicados y en la toxicidad del motor de encendido por chispa.

Parámetros estructurales y forma de la cámara de combustión. De la forma de la cámara de combustión depende el carácter del desarrollo del proceso de combustión y la termo transferencia a las paredes. Los requerimientos principales hacia la estructura de las cámaras de combustión consisten en garantizar elevado llenado del cilindro, alta eficacia con que transcurre el proceso de combustión con la mínima toxicidad de los productos de combustión y elevado aprovechamiento del calor despendido.

La estructura de la cámara de combustión depende en gran medida del diseño general del motor. Particular atención se presta a la tecnología de fabricación de las cámaras de combustión al método de maquinado de sus superficies y a la obtención de volúmenes idénticos de las cámaras en todos los cilindros.

Las cámaras de combustión se valoran ateniéndose a los siguientes índices.

Posibilidad de garantizar un elevado grado de barrido y llenado del cilindro, lo que, particularmente, está vinculado con la disposición de las válvulas cuya sección de paso sea elevada. Los factores que determinan estas cualidades están especificados en la referencia bibliográfica.

Relación entre la superficie de la cámara de combustión F_{cc} y su volumen V_{cc} . El incremento de esta relación influye sobre las pérdidas caloríficas hacia las paredes, así como en las pérdidas vinculadas con la combustión lenta cerca de las paredes y en las ranuras angostas que se forman en las diferentes zonas de la cámara. Esto último, así como la posibilidad de que cesen por completo las reacciones, en las zonas cercanas a las paredes, aumenta el contenido de hidrocarburos $C_x H_y$ no quemados en los productos de combustión. La relación F_{cc}/V_{cc} para un tipo dado de cámara de combustión depende de la relación S/D , del volumen útil del cilindro V_h y la relación de compresión ϵ . La cámara de combustión hemisférica tiene la menor relación F_{cc}/V_{cc} .

Considerable influencia sobre la concentración de hidrocarburos no quemados en los productos de combustión ejerce la holgura entre la cara del émbolo y la culata en la zona del expulsor. A mayor holgura corresponde menor contenido de hidrocarburos no quemados en los productos de combustión, debido que tiene lugar una reacción más completa.

Grado de turbulencia de la carga en la cámara de combustión durante la admisión y compresión. Para que el proceso de combustión transcurra con mayor eficacia, es indispensable reforzar la turbulización de la carga hasta cierto límite. Al mismo tiempo, siendo elevado el grado de turbulencia surgen pérdidas caloríficas e hidrodinámicas adicionales. La turbulización de la carga con la necesaria intensidad asegura la obtención de elevada economía y potencia del motor. En las cámaras de combustión que poseen expulsos, la turbulencia se origina por el movimiento orientado de la mezcla durante el

proceso de admisión y se refuerza como consecuencia del paso de la carga desde los expulsores a medida que el pistón se acerca al P.M.S. las relaciones constructivas óptimas para la cámara de combustión de cada tipo se determinan recurriendo a los resultados obtenidos en investigaciones experimentales. En las cámaras de combustión que no tiene expulsores también se puede alcanzar el necesario grado de turbulencia, creando el respectivo movimiento orientado de la mezcla en la entrada. Por ejemplo, utilizando una cámara cilíndrica en el pistón y una forma especial del canal de admisión en la culata. Al elegir las dimensiones del expulsor deberá tenerse en cuenta también la influencia de las mismas en la formación de hidrocarburos $C_x H_y$;

Magnitud de las presiones máximas del ciclo y velocidad de crecimiento de la presión en el sector correspondiente a la combustión. Sobre estos parámetros influye la variación en tiempo de la superficie del frente de la llama y, por lo tanto, el volumen de la mezcla de trabajo que participa en el proceso de combustión. Siendo igual la velocidad de propagación de la llama, la variación de la superficie del frente de la llama depende de la forma de la cámara de combustión y la posición de la bujía;

Posibilidad de elevar la relación de compresión reduciendo simultáneamente la tendencia a la combustión detonante y, por consiguiente, los requerimientos hacia el número de octano del combustible. Así como también hacia la toxicidad del motor;

Duración de la combustión, que es un importante parámetro para valorar la cámara de combustión y que depende de las condiciones analizadas anteriormente, así como también de la distancia entre la bujía y la zona más alejada de la cámara. Cuando menor sea la duración de la combustión tanto mejores serán las propiedades antidetonantes de la cámara de combustión.

En la figura 16, se ilustran las funciones entre el rendimiento indicado y la relación de compresión obtenidas para motores con diferentes con diferentes cámaras de

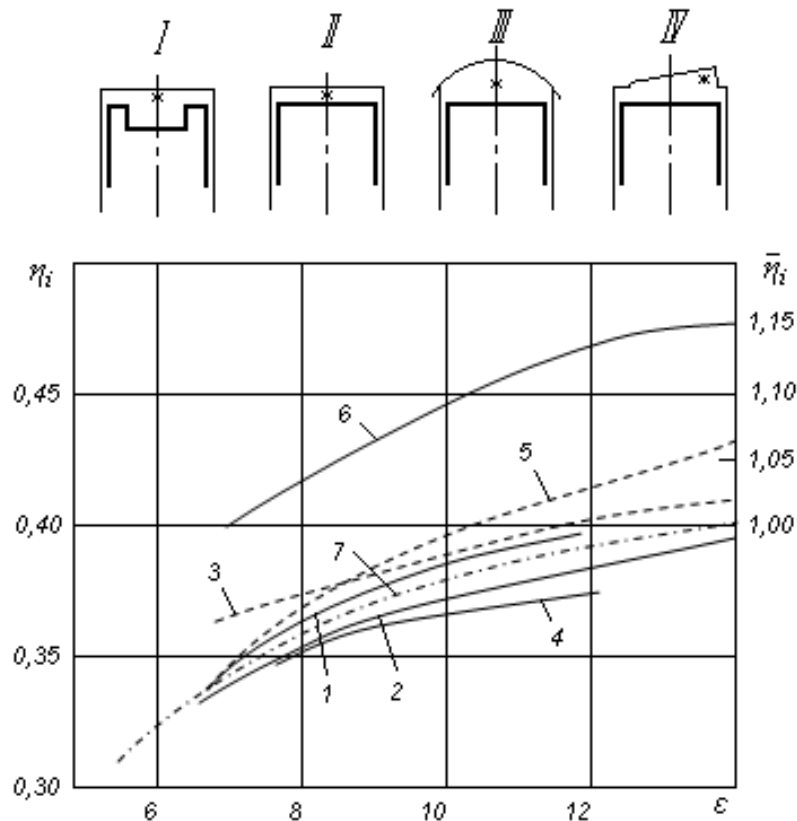
combustión. La curva caracteriza la variación del rendimiento calculado para la cámara I conforme a la fórmula empírica $\eta_t = 1 - 1/\varepsilon^{n+1}$, suponiendo que al incrementar ε con respecto a la inicial, para la cual se había hallado experimentalmente el valor de η_t , el carácter del proceso de combustión, las pérdidas de calor y el exponente permanecen constante. La diferencia entre los valores de η_t , el carácter del proceso de combustión, las pérdidas de calor y el exponente permanecen constantes. La diferencia entre los valores de η_t , determinados recurriendo a las curvas, es el resultado de la influencia de la estructura de la cámara de combustión sobre la efectividad del aprovechamiento de calor. Las curvas 3 y 7 se refieren a la cámara III, además, la curva 3 corresponde al caso cuando se instala una pantalla-guía sobre la válvula de admisión, intensificando de esta manera la turbulización de la carga. La curva característica para la cámara IV se obtuvo siendo la carga igual a $0,6 N_e$ y para una composición económica de la mezcla.

Al trazar la curva 6 de la figura 16, de crecimiento relativo del rendimiento indicado para $\varepsilon = 7$, se asumió que $\eta_i = 1$. Examinando la función $\eta_i = f(\varepsilon)$, observamos que en todas las cámaras de combustión la curva tiene aproximadamente un mismo carácter.

De la comparación de la curva 6 con las curvas $\eta_t = 1 - 1/\varepsilon^{n+1}$, para el ciclo teórico, así como con la curva 5, se desprende que la variación de η_t no puede expresarse por una fórmula empírica en la cual el exponente de la relación de compresión se adopte invariable. Esto se explica por el hecho de que con el aumento de ε disminuye la eficacia del aprovechamiento de calor, determinado por la cantidad de calor desprendido en la fase principal de la combustión y crece la fracción de calor que se quema en el proceso de combustión residual en la profundidad de la zona de combustión, en la capa cercana a la pared y en la holgura angosta entre el pistón y la pared de la cámara. Debido al crecimiento de la temperatura máxima del ciclo, se incrementa el paso de calor hacia las

superficies de las paredes termo transferentes, mientras que los fenómenos de disociación se revelan en mayor grado. Como consecuencia de esto, las pérdidas adicionales que reducen el aprovechamiento efectivo del calor, resultan tanto mayores cuanto más alto sea ε .

Figura 16: Variación de η_i en función de la relación de compresión para diferentes formas de cámaras de combustión.



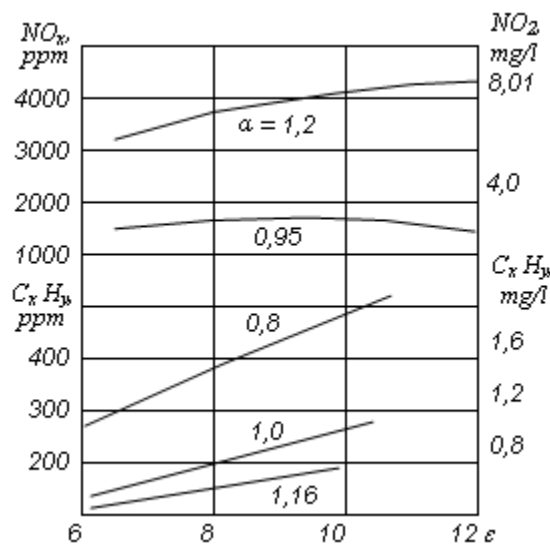
Fuente: (Mott, 1996).

Es necesario indicar que en los últimos años el aumento de $\eta_i = f(\varepsilon)$ proporciona mayor efecto que el que se desprende de la Fig 16. ya que simultáneamente con el aumento de ε iba mejorando la forma de la cámara de combustión y su acabado. Como consecuencia de esto, y también como resultado del mejoramiento del proceso de formación de la mezcla y de otras medidas, se ha logrado mejor aprovechamiento del calor en el ciclo en comparación con el que se conseguiría solamente mediante el incremento de ε .

La curva 6 puede también utilizarse al valorar el posible incremento de η_i para elevados ϵ en comparación con sus valores iniciales.

En vista de que con el aumento de ϵ crece la relación F_{cc}/V_{cc} , la cantidad de hidrocarburos en los productos de combustión se eleva debido al aumento del volumen de la capa cercana a la pared, en la cual tiene lugar la extinción de la llama. En caso de que el motor funcione con mezcla pobre, cuando se tiene oxígeno excedente, al aumentar ϵ sustancialmente se incrementa el contenido de NO_x en los productos de combustión, como resultado de la elevación de la temperatura en el proceso de combustión. La influencia de ϵ en el cambio del contenido de C_xH_y en los productos de combustión para diferentes α se muestra en la figura 17. La variación de ϵ prácticamente no influye sobre la concentración CO.

Figura 17: Variación de la concentración de C_xH_x y NO_x en los gases quemados de un motor de carburador en función de ϵ para diferentes valores de α .



Fuente: (Mott, 1996)

Cuando se eleva ϵ crece la carga sobre el mecanismo biela-manivela y para garantizar la fiabilidad del motor es indispensable conformemente aumentar las dimensiones y la masa de las piezas principales. Por este motivo crecen las pérdidas

mecánicas y el arranque del motor se dificulta. Para elevados ε es necesario utilizar combustibles con mayor número de octano. La elevación de la toxicidad de los gases quemados, así como de los requisitos hacia el octanaje del combustible empleado delimita la magnitud de ε hasta 9,5 en los motores de encendido por chispa.

Dimensiones del cilindro. El volumen del cilindro crece proporcionalmente al cubo de las dimensiones lineales, mientras que la superficie de transmisión de calor F_t aumenta en proporción al cuadrado de las mismas. Por eso, al aumentar el volumen del cilindro disminuye la relación F_t/V y decrece la parte de calor cedida a las paredes, como consecuencia de lo cual mejora el aprovechamiento de calor del ciclo. Al mismo tiempo, en este caso, como resultado de que la temperatura de la parte no quemada de la carga se eleva, puede aparecer la detonación. La detonación en los motores con grandes diámetros del cilindro, si no se toman medidas adicionales (por ejemplo, la colocación de dos bujías), puede también aparecer por efecto del aumento de la duración del proceso de combustión.

El análisis de la influencia conjunta que ejercen los factores señalados muestra que las cualidades antidetonantes de la cámara de combustión son decisivas al elegir las dimensiones del volumen de trabajo del cilindro.

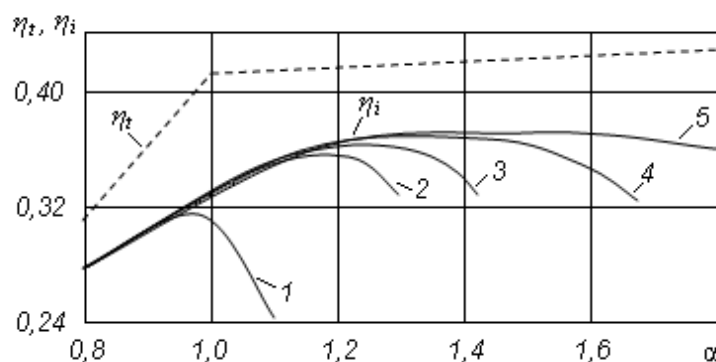
En las cámaras de combustión que tienen iguales formas, disminuyendo el diámetro del cilindro, se puede elevar ε y respectivamente η_i . Siendo ε constante, el rendimiento indicado será más alto para mayores diámetros del cilindro (Billiet, 1998).

Composición de la mezcla. Para el ciclo termodinámico con suministro de calor a $V=\text{const}$ y fluido operante real, la variación del rendimiento térmico η_t en función del coeficiente de Exceso de aire α se muestra en la figura 18. En la zona de mezclas ricas ($\alpha < 1$) η_t bruscamente decrece, lo que se explica por la disminución de la cantidad de calor

suministrado, ya que al disminuir α se incrementa la diferencia entre la cantidad de calor suministrado y desprendido en el ciclo.

Cuando la mezcla tiene una composición estequiométrica ($\alpha=1$) el calor desprendido por ciclo es siempre prácticamente igual al suministrado. Al seguir empobreciendo la mezcla ($\alpha>1$), la cantidad de calor suministrado, referida a la mezcla aire-combustible, disminuye y, correspondientemente, decrecen las temperaturas máximas del ciclo y de la expansión, así mismo el contenido relativo de CO_2 y H_2O en los productos de combustión. Ambos factores disminuyen la capacidad calorífica del fluido operante y elevan el exponente adiabático medio de expansión K , por efecto de lo cual existe un crecimiento paulatino de η_i en la zona de $\alpha>1$.

Figura 18: Relación entre los rendimientos indicado η_i y térmico η_t y el coeficientes de exceso de aire α en un motor de carburador.



Fuente: (Mott, 1996)

1-con carga parcial ($\eta_v=0.32$); 2-con la mariposa de gases completamente abierta; 3-con dos bujías de encendido en cada cilindro; 4-utilizando carga estratificada; 5-con cámara de encendido de precombustión (por dardo).

En el ciclo real rendimiento indicado se incrementa a medida que se empobrece la mezcla, pero solamente hasta cierto límite, para el cual el proceso de combustión transcurre normalmente. Al seguir empobreciendo la mezcla, bruscamente aumenta la

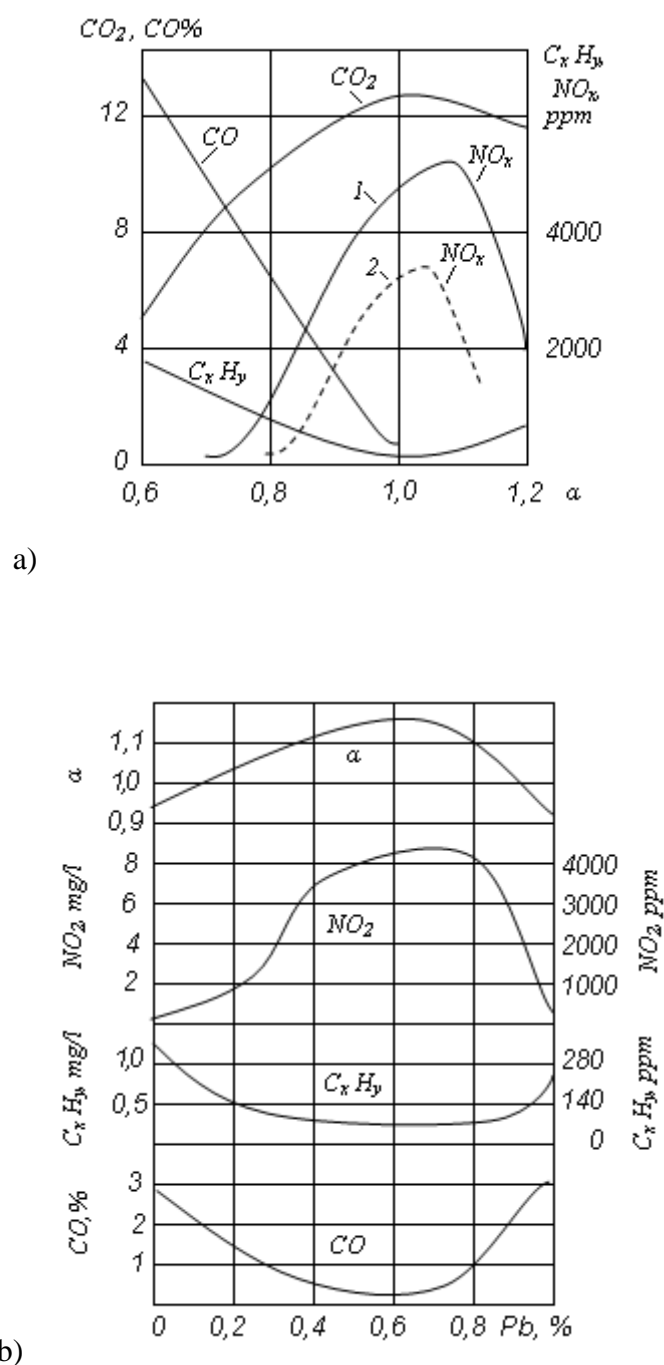
inestabilidad de combustión en los ciclos consecutivos (incluso aparecen interrupciones del encendido) lo que conduce a que η_i disminuye.

La magnitud de α , para la cual se obtiene el mayor aprovechamiento de calor, se denomina *límite de empobrecimiento efectivo de la mezcla*. Este límite depende de la temperatura y presión bajo las cuales se efectúa la inflamación, de la concentración de combustible en la zona de la bujía, de la distribución de la composición de la mezcla en el volumen de la cámara de combustión, de la intensidad de la fuente de encendido, del tipo de cámara de combustión y del régimen de funcionamiento del motor.

En la figura 18, se representa la variación del límite de empobrecimiento efectivo de la mezcla para los casos de encendido simultáneo por varias (dos bujías) fuente (curva3); de enriquecimiento de la composición de la mezcla en la zona de la bujía (carga estratificada), cuando parte del combustible se suministra por un tubito especial hacia la válvula de admisión, de manera que el chorro esté orientado hacia la zona de bujía (curva 4), y para el caso de encendido por dardo (curva 5). En todos estos casos el límite de empobrecimiento efectivo se desplaza hacia el lado de las mezclas más favorables de encendido de la mezcla, por ejemplo, en caso de encendido por dardo, no se puede ampliar el límite de empobrecimiento efectivo de la mezcla hasta $\alpha > (1,5 \dots 1,7)$. Esto se explica por el hecho de que, siendo la mezcla muy pobre, se dificulta la propagación de llama en su volumen y se quema sólo una parte de la mezcla- la que está en contacto directo con el chorro ardiente de combustible que ingresa desde la antecámara.

Es necesario señalar que para elevada ε resulta posible el funcionamiento estable del motor siendo las mezclas más pobres. Como consecuencia de esto el rendimiento η_i se incrementa más intensamente con el crecimiento de ε que al quemar una mezcla enriquecida.

Figura 19: Variación de los componentes tóxicos en los productos de combustión en función de a) α y de la carga; b) en un motor de carburador.



Fuente: (Mott, 1996)

La composición de la mezcla ejerce considerable influencia sobre la formación de los componentes tóxicos de los productos de combustión. Como se desprende de los gráficos 19, a y b, cuando el motor funciona con una mezcla cuya composición

corresponde al límite de empobrecimiento efectivo, en los productos de combustión no hay CO, mientras que el contenido de $C_x H_y$ es mínimo. A medida que se enriquece la mezcla el contenido de CO y $C_x H_y$ aumenta. Al empobrecer la mezcla por encima del límite de empobrecimiento efectivo el contenido de $C_x H_y$ en los productos de la combustión también aumenta debido al empeoramiento del proceso de combustión.

El contenido de los óxidos de nitrógeno NO_x al haber exceso de oxígeno, es tanto mayor cuando más elevada sea la temperatura máxima del ciclo. En los motores de encendido por chispa la temperatura máxima del ciclo se logra para $\alpha = 0,85 \dots 0,95$, pero debido a la ausencia de oxígeno libre la cantidad de NO_x resulta pequeña. La máxima cantidad de NO_x se forma para valores de α un poco mayores de la unidad ($\alpha \approx 1,05-1,1$), cuando la temperatura difiere insignificamente de la máxima y al mismo tiempo en los productos de combustión hay cierta cantidad de oxígeno libre. En la figura 19, b se representa el contenido de componentes tóxicos en función de la carga.

2.2.10. Freno prony.

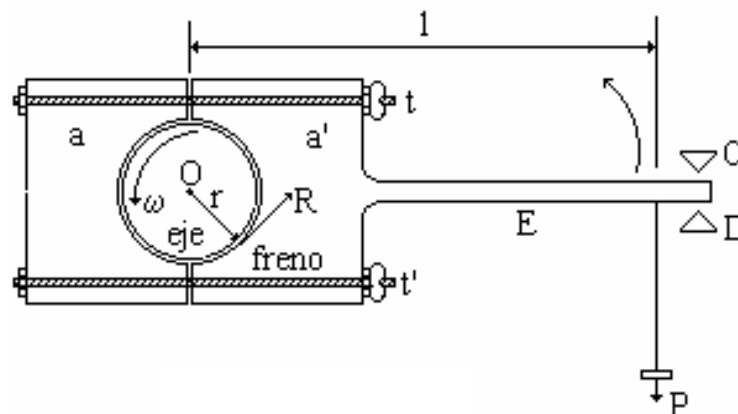
Se utiliza para medir la potencia efectiva de un motor (generalmente) o turbina, Sabemos que para medir una potencia efectiva, hay que "gastarla" (un motor trabajando sin carga no genera potencia efectiva).

Este freno provee una forma sencilla de aplicar un torque de carga al eje principal de salida de un motor. La potencia de salida es disipada en forma de calor por el material del freno. Ajustando la fuerza del freno, se puede cambiar la fuerza del torque. Combinando la medición de este torque (mediante un dinamómetro colocado en el brazo del freno, a una distancia conocida del eje del motor) con la medición de velocidad de rotación del eje, puede calcularse la potencia de salida del motor.

Fue inventado por Gaspard Clair Francois Marie Riche de Prony (1775-1839), ingeniero francés, quien construyó y mejoró numerosos canales y puertos de Francia,

colaboró en la definición del sistema métrico decimal y midió con muy buena aproximación la velocidad del sonido en el aire.

Figura 20: Esquema de empleo del freno prony.



Fuente: (Galarza, Gomez, & Gonzales, 2003)

Consta de dos zapatas a y a' (Fig.20) que abrazan al eje cuya potencia se quiere medir, recubiertas, en la zona de contacto, de material especial para realizar la fuerza necesaria en la fricción y para resistir las altas temperaturas y esfuerzos mecánicos a que son sometidas.

Las dos zapatas están unidas por dos pernos roscados que cuentan con tuercas para ajustarlas al eje y regular la presión que ejercen sobre el mismo.

Cuando el eje gira según el sentido que indica la figura con una velocidad angular ω , el brazo E tiende a tocar el tope C, por lo cual es necesario colocar el peso P para dejarlo en equilibrio entre los tope C y D. En estas condiciones el trabajo del motor se consume por el rozamiento en el freno, y debido al equilibrio puede determinarse la fuerza de roce con ayuda del peso P. Llamando R a la fuerza de rozamiento que se produce sobre la zapata al girar el eje y arrastrarla, y tomando momentos con respecto al centro O, resulta:

$$R \cdot l - P \cdot l = 0$$

De donde se puede obtener R:

$$R = \frac{P.l}{r}$$

Y el momento de rozamiento M_R es:

$$M_R = R.r = \frac{P.l}{r}.r = P.l$$

La potencia efectiva N_R para la velocidad angular ω es:

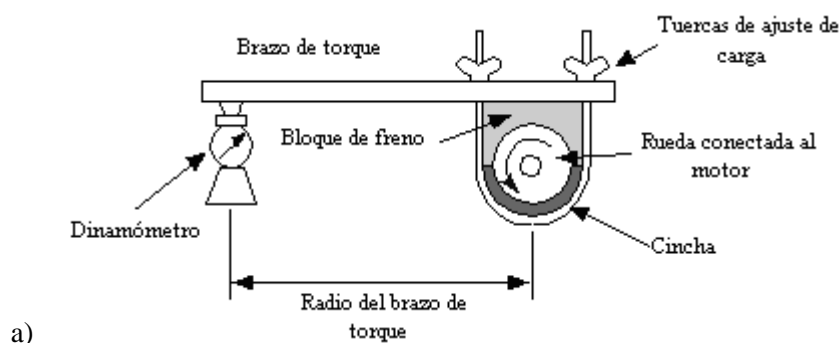
$$N_R = M_R.\omega = R.r.\frac{\pi n}{30} = \frac{2\pi n P.l}{60}$$

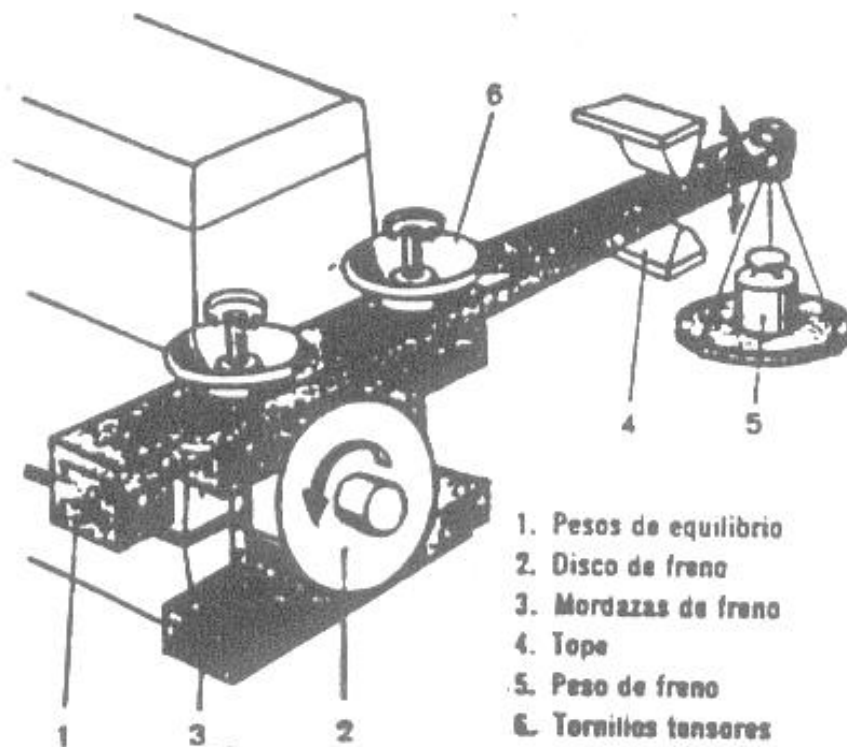
Estando N_R en Watts para P en Newton, l en metros y n en rpm. Si estuviera P dado en kg fuerza, l en metros y n en rpm, la expresión dividida por 75 CV/kgm resulta en CV:

$$N_R = \frac{2\pi n.P.l}{75.60}$$

El freno de prony, a lo largo de este tiempo y las necesidades de quienes lo han utilizado ha ido sufriendo cambios, esto para hacer más simple su fabricación y utilización, adaptándose al tamaño del motor y las necesidades de su desplazamiento, aquí presentamos algunos de ellos.

Figura 21: Variantes de freno prony.





b)

Fuente: a) (www.mecanicavirtual.org, 2000) y b) (Mott, 1996).

2.2.11. Venturímetro.

El Tubo de Venturi fue creado por el físico e inventor italiano Giovanni Battista Venturi (1.746 – 1.822). Fue profesor en Módena y Pavía. En París y Berna, ciudades donde vivió mucho tiempo, estudió cuestiones teóricas relacionadas con el calor, óptica e hidráulica.

En este último campo fue que descubrió el tubo que lleva su nombre. Según él este era un dispositivo para medir el gasto de un fluido, es decir, la cantidad de flujo por unidad de tiempo, a partir de una diferencia de presión entre el lugar por donde entra la corriente y el punto, calibrable, de mínima sección del tubo, en donde su parte ancha final actúa como difusor.

El Tubo de Venturi se define como un dispositivo que origina una pérdida de presión al pasar por él un fluido. En esencia, éste es una tubería corta recta, o garganta,

entre dos tramos cónicos. La presión varía en la proximidad de la sección estrecha; así, al colocar un manómetro o instrumento registrador en la garganta se puede medir la caída de presión y calcular el caudal instantáneo, o bien, uniéndola a un depósito carburante, se puede introducir este combustible en la corriente principal (Mott, 1996).

Las dimensiones del Tubo de Venturi para medición de caudales, tal como las estableció Clemens Herschel, son por lo general las que indica la figura 1. La entrada es una tubería corta recta del mismo diámetro que la tubería a la cual va unida.

El cono de entrada, que forma el ángulo a_1 , conduce por una curva suave a la garganta de diámetro d_1 . Un largo cono divergente, que tiene un ángulo a_2 , restaura la presión y hace expansionar el fluido al pleno diámetro de la tubería. El diámetro de la garganta varía desde un tercio a tres cuartos del diámetro de la tubería.

La presión que precede al cono de entrada se transmite a través de múltiples aberturas a una abertura anular llamada anillo piezométrico. De modo análogo, la presión en la garganta se transmite a otro anillo piezométrico. Una sola línea de presión sale de cada anillo y se conecta con un manómetro o registrador. En algunos diseños los anillos piezométricos se sustituyen por sencillas uniones de presión que conducen a la tubería de entrada y a la garganta.

La principal ventaja del Vénturi estriba en que sólo pierde un 10 - 20% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta. Esto se consigue por el cono divergente que desacelera la corriente.

Es importante conocer la relación que existe entre los distintos diámetros que tiene el tubo, ya que dependiendo de los mismos es que se va a obtener la presión deseada a la entrada y a la salida del mismo para que pueda cumplir la función para la cual está construido.

Esta relación de diámetros y distancias es la base para realizar los cálculos para la construcción de un Tubo de Venturi y con los conocimientos del caudal que se desea pasar por él.

Deduciendo se puede decir que un Tubo de Venturi típico consta, como ya se dijo anteriormente, de una admisión cilíndrica, un cono convergente, una garganta y un cono divergente. La entrada convergente tiene un ángulo incluido de alrededor de 21° , y el cono divergente de 7° a 8° .

La finalidad del cono divergente es reducir la pérdida global de presión en el medidor; su eliminación no tendrá efecto sobre el coeficiente de descarga. La presión se detecta a través de una serie de agujeros en la admisión y la garganta; estos agujeros conducen a una cámara angular, y las dos cámaras están conectadas a un sensor de diferencial de presión (Castro & Paredes, 2004).

Funcionamiento de un tubo de venturi

En el Tubo de Venturi el flujo desde la tubería principal en la sección 1 se hace acelerar a través de la sección angosta llamada garganta, donde disminuye la presión del fluido. Después se expande el flujo a través de la porción divergente al mismo diámetro que la tubería principal. En la pared de la tubería en la sección 1 y en la pared de la garganta, a la cual llamaremos sección 2, se encuentran ubicados ramificadores de presión. Estos se encuentran unidos a los dos lados de un manómetro diferencial de tal forma que la deflexión h es una indicación de la diferencia de presión $p_1 - p_2$. Por supuesto, pueden utilizarse otros tipos de medidores de presión diferencial.

La ecuación de la energía y la ecuación de continuidad pueden utilizarse para derivar la relación a través de la cual podemos calcular la velocidad del flujo. Utilizando las secciones 1 y 2 en la fórmula 2 como puntos de referencia, podemos escribir las siguientes ecuaciones:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (1)$$

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Estas ecuaciones son válidas solamente para fluidos incomprensibles, en el caso de los líquidos. Para el flujo de gases, debemos dar especial atención con la presión. La reducción algebraica de la variación del peso específico las ecuaciones 1 y 2 es como sigue:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - h_1$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g \left[\left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma} \right) + (z_1 - z_2) - h_1 \right]$$

Pero:

$$v_2^2 \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2$$

Por consiguiente tenemos:

$$v_2^2 \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right] = 2g \left[\left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma} \right) + (z_1 - z_2) - h_1 \right]$$

$$v^2 = \sqrt{\frac{2g \left[\left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma} \right) + (z_1 - z_2) - h_1 \right]}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}} \quad (3)$$

Se pueden llevar a cabo dos simplificaciones en este momento. Primero, la diferencia de elevación ($z_1 - z_2$) es muy pequeña, aun cuando el medidor se encuentre instalado en forma vertical. Por lo tanto, se desprecia este término. Segundo, el término h_1 es la pérdida de la energía del fluido conforme este corre de la sección 1 a la sección

El valor h_1 debe determinarse en forma experimental. Pero es más conveniente modificar la ecuación (3) eliminando h_1 e introduciendo un coeficiente de descarga C:

$$v_2 = c \sqrt{\frac{2g \left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma} \right)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}} \quad (4)$$

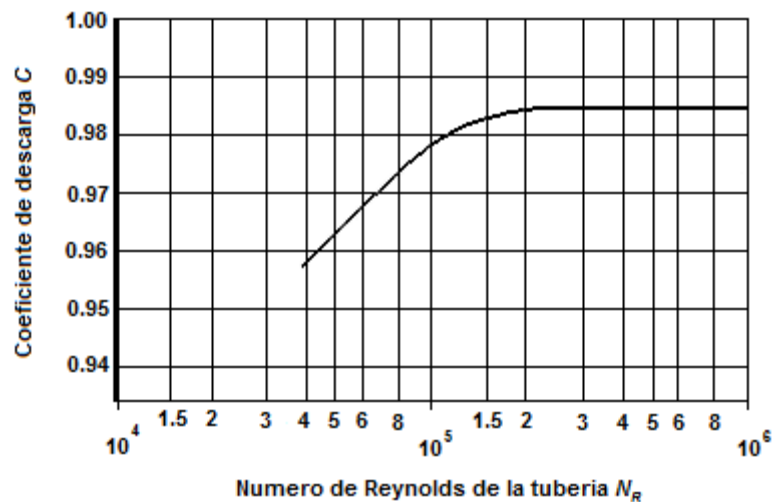
La ecuación (4) puede utilizarse para calcular la velocidad de flujo en la garganta del medidor. Sin embargo, usualmente se desea calcular la velocidad de flujo del volumen debido a que, tenemos:

$$Q = A_2 v_2$$

$$Q = C A_2 \sqrt{\frac{2g(p_1 - p_2)/\gamma}{1 - (A_2/A_1)^2}} \quad (5)$$

El valor del coeficiente C depende del número de Reynolds del flujo y de la geometría real del medidor. La siguiente figura muestra una curva típica de C Vs número de Reynolds en la tubería principal.

Figura 22: Coeficiente de descarga C en función del número de Reynolds de la tubería N_R .



Fuente: (Mott, 1996).

Se recomienda en forma empírica el uso de $C = 0.984$ para un Tubo Venturi fabricado o fundido con las siguientes condiciones (Shames, 1980):

$$100\text{mm} \leq D \leq 1200\text{mm}$$

$$4\text{pulg} \leq D \leq 48\text{pulg}$$

$$0.30 \leq \beta \leq 0.75$$

$$2 \times 10^5 \leq N_R \leq 6 \times 10^6$$

En la tubería principal; donde β se define como el coeficiente de la garganta y el diámetro de la sección de la tubería principal; esto es:

$$B = d/D$$

Para un tubo de Venturi maquinado, se recomienda que $C = 0.995$ para las condiciones siguientes:

$$50\text{mm} \leq D \leq 250\text{mm}$$

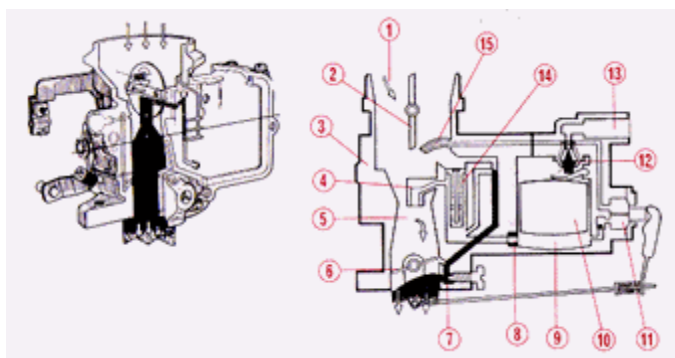
$$2\text{pulg} \leq D \leq 10\text{pulg}$$

$$0.30 \leq \beta \leq 0.75$$

$$2 \times 10^5 \leq N_R \leq 2 \times 10^6$$

Aplicaciones tecnológicas de un tubo de Venturi

El Tubo Venturi puede tener muchas aplicaciones entre las cuales se pueden mencionar: En la Industria Automotriz: en el carburador del carro, el uso de éste se puede observar en lo que es la Alimentación de Combustible. Los motores requieren aire y combustible para funcionar. Un litro de gasolina necesita aproximadamente 10.000 litros de aire para quemarse, y debe existir algún mecanismo dosificador que permita el ingreso de la mezcla al motor en la proporción correcta. A ese dosificador se le denomina carburador, y se basa en el principio de Venturi: al variar el diámetro interior de una tubería, se aumenta la velocidad del paso de aire.

Figura 23: Carburador.

Fuente: (Giacosa, 1970)

2.3. Glosario de términos básicos.

Mostramos a continuación, algunas de las siglas y términos mayormente usados, los que son detallados en su respectivo apartado,

EPIME	:	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
ING	:	Ingeniería o Ingeniero.
Motor Otto	:	Motor de combustión interna o de cuatro tiempos.
Régimen Ligero:		régimen de trabajo del motor de menor esfuerzo, desde mantener el mismo en funcionamiento o ralenti 700 rpm.
Régimen Medio:		régimen de trabajo del motor sin mayor exigencia, en esta investigación lo tomamos en el rango de 1000 a 2000 rpm.
Régimen Superior:		régimen de trabajo del motor de mayor esfuerzo próximo a su máxima capacidad, lo tomamos en el rango de 2000 a 2500 rpm
GLP	:	gas licuado de petróleo, presente en estado gaseoso.
Gasolina	:	combustible derivado del petróleo en estado líquido.
CO	:	monóxido de carbono resultante en la combustión.
CO ₂	:	dióxido de carbono resultante en la combustión.
H _x C _y	:	hidrocarburos no quemados en la combustión.
F _{cc} / V _{cc}	:	superficie cámara de combustión / volumen cámara de combustión

2.4. Hipótesis de la investigación.

2.3.1. Hipótesis general.

Los resultados de las emisiones tanto con gasolina y gas licuado de petróleo que observaremos mostraran diferencias, al variar la cantidad de potencia entregada por el motor en cada régimen de trabajo, y comprobar si la diferencia es significativa en un motor en buenas condiciones.

2.3.2. Hipótesis específicas.

- En promedio la gasolina emite mayor contaminación que el GLP, sin embargo al usar un motor con inyección electrónica, obtendremos resultados con una diferencia reducida dependiendo del régimen de trabajo que tengamos en evaluación.
- Las emisiones toxicas obtenidas en un motor en buenas condiciones, añadido el hecho de ser un motor de inyección electrónica nos ayudará, a comprobar el desempeño del motor a diferentes regímenes de trabajo en nuestro medio.

2.5.Operacionalización de variables.

En función a nuestras actividades, tomando solo en consideración la parte de extracción de datos podemos señalar lo siguiente.

Tabla N° 01: Clasificación de datos y procedimiento.

Parámetro a obtenerse	Parámetros previos	Procedimiento
Relación de Exceso de aire	Masa del combustible tanto gasolina y glp. Masa del aire	calculo teórico verificación con el instrumento
Cantidades de los elementos tóxicos como: "CO", "C _x H _y " y "NO _x "	ppm CO ppm C _x H _y ppm NO _x	calculo teórico verificación con el instrumento
Determinación de los parámetros de la mezcla tipo de mezcla	mezcla rica mezcla pobre	Calculo teórico. Verificación con el instrumento.

Elaboración: propia.

CAPÍTULO III.

3. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.

3.1. Tipo y diseño de investigación.

3.1.1. Nivel de la investigación.

El presente trabajo se enmarca dentro del tipo de investigación Experimental y Explicativa, puesto que busca comparar en forma práctica las emanaciones, producto de la combustión de un motor Otto con eyección electrónica alimentado con gasolina y GLP, usando un módulo de pruebas, bajo las condiciones de nuestro medio.

3.1.2. Diseño de la investigación.

En función de la obtención de los datos, la presente es una investigación es también experimental puesto que obtenemos los datos realizando pruebas variando las condiciones de operación, como el régimen de trabajo del motor y combustible, para registrarlos y realizar su sistematización y análisis.

3.2. Población y muestra de investigación.

La presente investigación se centra en el aporte de conocimiento en una tecnología poco utilizada en nuestro medio, pero que consideramos importante puesto que su reducida aplicación en nuestro medio no implica que en resto del país no se aplique con mayor intensidad.

3.2.1. Población y muestra generadora de los datos.

Población:

Estrictamente hablando de los individuos a ser tomados en cuenta en la investigación, nos referimos a los propietarios de vehículos que hagan uso del GLP, como combustible en sus unidades vehiculares; siendo Lima la ciudad en la que se concentra su mayor número, sin embargo en la ciudad de Puno, gracias a esta investigación al 2009 en nuestra ciudad existirían entre 20 a 45 unidades usando esta tecnología, sin contar con los vehículos que se hayan convertido en otras ciudades, esto en función a las entrevistas con las empresas que expenden el kit de conversión de gasolina a GLP en nuestro medio, (Salamanca & Borda, 2004 - 2009), que hacen uso del tanque convencional del kit, pero que cargan artesanalmente desde balones de uso doméstico e inclusive en algunos casos hacen uso directo del balón doméstico de 10kg.

Estas condiciones de operación, podrían mejorar de contar por lo menos con un grifo que expendiera GLP directamente a los vehículos, añadiendo la facilidad para determinar con mayor seguridad, como en la ciudad capital el número de usuarios de este combustible

Muestra:

Usamos un muestreo no probabilístico a pesar de que la elección del motor es totalmente aleatoria, sin embargo técnicamente se consideraría probabilístico si eligiéramos el motor entre una línea de producción del mismo tipo de características.

3.2.2. Población beneficiada.

El alcance de esta investigación en un primer momento contribuye con la formación de los estudiantes de la escuela profesional de Ing. Mecánica Eléctrica, de nuestra primera casa de estudios en la región puno.

Al cual podemos añadir a la población de nuestra región a través de la interacción de los profesionales de esta escuela que provienen de distintos lugares de esta, así como por su labor profesional.

3.3.Ubicación y descripción de la población.

Habiendo realizado las especificaciones necesarias en el apartado anterior, nos centramos ahora en caracterizar nuestro medio, para dar al lector mayor idea de las condiciones de operación que afrontan los vehículos en nuestra región y una descripción de la población.

3.3.1. Ubicación geográfica.

La Región Puno, se encuentra ubicada al sureste de la República del Perú, entre las coordenadas geográficas 13°00'00'' y 17°17'330'' latitud sur y los 71°006'57'' y 68°48'46'' longitud oeste del meridiano de Greenwich, limita:

Por el Norte, con la Región de Madre de Dios.

Por el Sur, con la Región Tacna.

Por el Este, con la Republica de Bolivia.

Por el Oeste, con las Regiones de Cusco, Arequipa y Moquegua.

3.3.2. Extensión.

Su extensión territorial es de 71,999.00 Km², que representa el 5.6% de la superficie nacional, esta superficie incluye 14.500 Km² del área insular lacustre de islas y 4,996.28 Km² del lago perteneciente al lado Peruano.

Tabla N° 02: Caracterización de la Región Puno.

PROVINCIA	SUPERFICIE		REGIÓN NATURAL
	Km ²	%	
Total''	71,999.00''	100	Sierra – Selva.
Puno	6,492.60	9.69	Sierra.
Azángaro	4,970.01	7.42	Sierra.
Carabaya	12,266.40	18.31	Sierra y Selva
Chucuito	3,978.13	5.94	Sierra
El Collao	5,600.51	8.36	Sierra
Huancané	2,805.85	4.19	Sierra
Lampa	5,791.73	8.65	Sierra
Melgar	6,446.85	4.19	Sierra
Moho	1,000.41	1.49	Sierra
San Antonio de Putina	3,207.38	4.79	Sierra
San Román	2,277.63	3.40	Sierra
Sandia	11,862.41	17.71	Sierra y Selva
Yunguyo	288.31	0.43	Sierra.

(^o) Incluye 14.5 Km² en el área insular y 4996.28 Km² de Lago Titicaca (lado Peruano).

Fuente: Compendio Estadístico de la Región Puno 2009 – INEI.

Elaboración propia.

Las superficies y regiones naturales de la región Puno con mayor extensión territorial son las provincias de Carabaya con 12,266.40 Km² y Sandia con 11,868.41 Km². Ambas se encuentran ubicadas en la Región sierra y selva, las otras 11 provincias se ubican en la Sierra. La provincia de menor extensión es Yunguyo, solamente con 288.31 Km².

3.3.3. División política.

El territorio actual de la Región Puno, hasta 1820 era una intendencia del Perú. Transformándose en departamento el 26 de abril de 1822, lo que fue consolidado por Decreto del 9 de setiembre de 1825. Conformado en ese entonces por las provincias de: Azángaro, Carabaya, Huancané, Lampa y posteriormente Chucuito (25-03-1826). Esta

demarcación política por Decreto del 2 de mayo de 1854, se reorganizó y se crea la provincia de Cercado (Puno). En 1875 parte de la Región formó la provincia de Sandia y en 1901 se creó Melgar, luego se crean las provincias de San Román (1926), Yunguyo (1984), San Antonio de Putina (1989), Moho y El Collao (1991).

La Región Puno está dividida en 13 provincias y 109 distritos. Las provincias de Puno y Azángaro, cuentan con mayor número de distritos (quince distritos c/u), y las provincias de San Román y Moho con menor cantidad de distritos (cuatro distritos c/u)(GR Puno, 2012).

3.4. Material empleado.

Esta investigación hace uso de instrumentos acondicionados en un módulo de pruebas elaborado por los autores, e instrumentos suministrados por la escuela profesional de Ing. Mecánica Eléctrica y otros alquilados por la institución técnico productiva denominada Cetpro Cima Sur, los que detallamos a continuación.

3.4.1. Estructura.

La estructura del módulo, es el soporte de todos las piezas e instrumentos que han de ser utilizados en la obtención de los datos, como son la relación aire combustible, y el freno prony, se tomó en mayor consideración la ubicación del motor tanto para su manipulación y mantenimiento periódico, así como la facilidad de para realizar otros ensayos programados en laboratorios de mecánica (Salamanca & Borda, 2000 - 2005).

Y tiene las siguientes dimensiones.

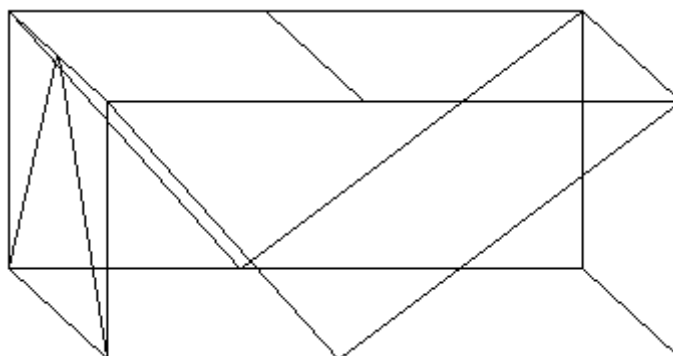
Largo de 1.80 m.

Ancho de 1.00 m.

Alto de 0.9 m.

Tiene soportes para darle mayor rigidez y resistencia, sobre todo en el lado del motor debido al peso que este aporta al módulo.

Figura 24: Vista de la estructura que soporta el módulo de pruebas.



Elaboración: propia.

Figura 25: Vista de la estructura ya ensamblada.



Elaboración: propia.

3.4.2. Motor.

Se ha seleccionado un motor que no cuente con demasiado tiempo de operación, dado que al hacerse la conversión a el glp, puedan obtenerse el mejor desempeño del motor, cosa que sería difícil en un motor con un tiempo de vida útil casi expirante.

Así tenemos las siguientes características del motor empleado en el módulo presentado por los tesistas, como son:

Motor marca TOYOTA.

Modelo 4S.

Potencia 105 ps (77.23 kw)/ 5600 rpm.

Tiempo máximo de uso vehicular 5 años.

Memoria Electrónica original.

Inyector mono punto en buen estado.

Radiador de gran capacidad.

Alternador original.

Figura 26: Motor del módulo (Toyota 4S – FI).



Elaboración: propia.

Tabla N° 03: Características del fabricante (motor Toyota 4S – FI).

ENGINE	
Displacement, cc	1838
Engine model	4S – FI
Max. Power (net), Kw(ps)/rpm	105 ps (77.23 kw) / 5600 rpm
Max. Torque (net), N*m(kg*m)/rpm	15.2 kg*m(149.06 N*m) / 2800 rpm
Power density	Serial 4 cylinder DOHC 16 valve
Engine information	
Fuel system	Ci (electronic gasolina injection)
Turbocharger	No
Fuel type	Unleaded regular gasolina
LEV system (Low emission vehicle)	No
Compression rato	9.3
Bore, mm	82.5
Stroke, mm	86
Final gear ratio	
Fuel consuption at 10 – 15 modes, I/100km	8.6
Fuel comsuption at 60 km/h, I/100km	

Fuente: página web del fabricante.

Elaboración: propia.

3.4.3. Kid de conversión a GLP.

El modulo tal como se ha mencionado cuenta con un kid para hacer uso del glp, con todos los accesorios necesarios para su uso apropiado, desde su manguera de alta presión filtro de gas, evaporador, manguera de baja presión, entre otros accesorios necesarios para su funcionamiento (Patrakhaltsev, Conversión de motores gasolineros a gas - Curso teorico practico, 2002).

Y dada la posibilidad de que sea difícil hacer el llenado de su tanque es que demostramos que también puede usarse una botella de gas doméstico sin mayores inconvenientes.

Figura 27: Kid de conversión instalado en la estructura.



Elaboración: propia.

Figura 28: Kid de conversión con suministro de GLP.



Elaboración: propia.

3.5. Técnicas e instrumentos para recolectar información.

3.5.1. Venturimetro.

Se hace uso de un venturimetro para calcular el flujo de aire ingresado al motor a diferentes regímenes de trabajo, y ahora especificamos los cálculos que justifican su operatividad y fisonomía:

Figura 29: Venturimetro de aire del módulo.



Elaboración: propia.

Tubo de Venturi entrada de aire:

Datos Necesarios:

Caudal Total Q: que es el caudal de servicio que circulara por el Venturi.

Caudal másico (Q_m): que viene a ser el caudal másico medio de servicio.

$$Q_m = 0.09464 \text{ (Kg/s)}$$

Diámetro de la tubería (D): Diámetro por donde circula el fluido.

$$D = 60 \text{ (mm)}$$

Coefficiente para el cálculo:

Coefficiente de velocidad de acercamiento (E):

$$E = \frac{1}{(1 - \beta^4)^{0.5}}$$

Donde:

$$\beta = \frac{d}{D} \text{ (Relación de diámetros)}$$

Coefficiente de descarga C: Considera la rugosidad de la tubería.

C = 0.995 para tubo mecanizado.

Coefficiente de caudal (α): $\alpha = CE$

Factor de expansión (ϵ): considerando para el aire, $\epsilon = 1$.

Presión Diferencial (PD): Viene a ser la altura de desnivel máxima del mercurio, que el tubo de Venturi puede medir. En los líquidos como el agua se emplea normalmente una presión diferencial de 2.544 metros de columna de agua = 0.249 bar para el cálculo del tubo de Venturi seguiremos el procedimiento de cálculo expuesto por la norma ISO 5167 – 1980: “Medida del flujo de fluidos por medio de placas – orificio, toberas o tubo de Venturi, insertados en conductos de sección circular”

Procedimiento De Cálculo del Tubo de Venturi.

Para efectuar los cálculos del tubo de Venturi, se utiliza la norma ISO 5167 – 1980 y la norma ISO 5167 – 42003, procediéndose como sigue:

Cálculo del valor aproximado de β :

$$\beta = \left[\frac{Q_m^2}{(12.3 \times 10^{-10} \times D^4 \times PD \times \rho + Q_m)} \right]^{0.25}$$

Donde:

Q_m	= Caudal de servicio	(m ³ /s)
D	= Diámetro de la tubería	(mm)
PD	= Presión diferencial máximo	(bar)
ρ	= Densidad de fluido	(Kg/m ³)

Datos:

$$Q_m = 0.09464 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$D = 60 \quad (\text{mm})$$

$$PD = 0.249 \quad (\text{bar})$$

$$\rho = 1.3 \quad (\text{Kg}/\text{m}^3)$$

Reemplazando se calcula que:

$$\beta = \left[\frac{0.09464^2}{(12.3 \times 10^{-10} \times 60^4 \times 0.249 \times 1.3 + 0.09464)} \right]^{0.25} = 0.547336852322$$

Cálculo del nuevo valor de β mediante la fórmula:

$$\beta = \left[\frac{2847.05 \times Q_m}{D^2 \times \varepsilon \times C} \times \left[\frac{1 - \beta^4}{PD \times \rho} \right]^{0.5} \right]^{0.5}$$

Donde:

ε = factor de expansión.

C = coeficiente de descarga.

β = Relación de diámetros calculada anteriormente.

Datos:

$$Q_m = 0.09464 \quad (\text{Kg}/\text{s})$$

$$D = 60 \quad (\text{mm})$$

$$PD = 0.249 \quad (\text{bar})$$

$$\rho = 1.3 \quad (\text{Kg}/\text{m}^3)$$

$$\varepsilon = 1$$

$$C = 0.995$$

$$\beta = 0.547336852322$$

Reemplazando datos en la ecuación y con este valor calculado de β , se efectúa iteraciones hasta que el nuevo valor obtenido de β se aproxime a la centésima:

$$\beta_1 = 0.355162419708$$

$$\beta_2 = 0.362155428207$$

$$\beta_3 = 0.362036625934$$

$$\beta_4 = 0.362038703623$$

$$\beta_5 = 0.362038667304$$

$$\beta_6 = 0.36203866794$$

$$\beta_7 = 0.362038667928$$

$$\beta_8 = 0.362038667928$$

$$\beta_9 = 0.362038667928$$

$$\beta_{10} = 0.362038667928$$

Luego de realizadas las iteraciones, se ve que se aproxima a la centésima y se concluye que el valor de $\beta = 0.362038667928$

Calculo del diámetro de la garganta del Venturi:

$$\beta = \frac{d}{D}$$

Datos:

$$\beta = 0.362038667928$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

El diámetro de la garganta será:

$$d = D \times \beta = 60 \times 0.362038667928 = 21.72232007568 \cong 22 \text{ mm}$$

$$d = 21.72232007568 \cong 22 \text{ mm}$$

El material de fabricación del tubo de ventura es de bronce aluminio maquinado.

Determinación experimental del factor de corrección del Venturi

La medición de caudal se realizará con el tubo de ventura; la presión diferencial (PD) que nos indica este instrumento representa la energía dinámica que contiene el fluido, esta cantidad será la resta de los niveles de mercurio. Luego la energía de velocidad será:

$$PD = h_2 - h_1 = \Delta h$$

La norma ISO 5167 – 1980, señala que la fórmula para medir caudales en tubo ventura para fluidos incompresibles es:

$$Q_v = \frac{2,433185}{60} \alpha \beta^2 \varepsilon D^2 x \frac{1}{\sqrt{\delta}} x \sqrt{\Delta h} \quad (l/s)$$

Donde:

Q_v = Caudal volumétrico que fluye en el sistema (l/s).

α = C.E = 0.992873: Coeficiente de caudal.

β = $d/D = 0.362038667928$: Relación de diámetros.

ε = 1: Factor de expansión

D = 60 mm: Diámetro de la entrada del tubo ventura.

PD = Presión diferencial que se mide (bar).

ρ = Densidad del fluido (Kg/m^3)

Remplazando datos en la ecuación descrita, se puede deducir la nueva ecuación necesaria en “l/s” al que se debe multiplicar por el factor de corrección que se ha obtenido resultado de las prácticas realizadas en el tubo de ventura.

Δh = Presión diferencial leída del manómetro de rama en U “cm” finalmente el caudal a medirse en “l/s”. y “ Δh en cm”, se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_v = FC x 0.376 x \sqrt{\Delta h}$$

Haciendo pruebas experimentales resulto que el factor de corrección es de:

$$FC = 1.11$$

$$Q_v = 1.11 x 0.376 x \sqrt{\Delta h}$$

$$Q_v = 0.4174 x \sqrt{\Delta h} \quad l/s$$

3.5.2. Freno prony.

El freno prony puede ser usado para simular carga en el motor y de esta manera hacer pruebas en condiciones de trabajo regulares.

El freno que posee el módulo de pruebas está compuesto por un tambor acoplado directamente al motor con dos crucetas para evitar la vibración, además de una chaveta engranada para que no exista dificultad en el montaje, tanto como para el desmontaje de mantenimiento; y afirmado en la estructura a través de un par de rodamientos con sus respectivos pernos y tuercas, todo esto garantiza que el tambor de frenado tenga una marcha bastante suave sin vibración hasta las 3000 rpm.

Figura 30: Tambor acoplado al eje del motor para freno prony.



Elaboración: propia.

El brazo del freno que hace contacto con la balanza, ha sido calculado con la metodología señalada en el capítulo, en el cual se señala la fórmula que vemos:

$$N_R = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot P \cdot l}{60}$$

$$N_R = 77230 \text{ watts}$$

$$n = 5600 \text{ rpm}$$

$$P = 25 \text{ Kgf} = 245.1663 \text{ Newton}$$

Despejamos ahora el valor de la longitud del brazo para la máxima potencia y máximo número de rpm, además de la capacidad media de la balanza usada en el módulo de pruebas.

$$l = \frac{N_R \cdot 30}{\pi \cdot n \cdot P} = \frac{77230 \cdot 30}{3.1416 \cdot 5600 \cdot 2451663} = 0.54$$

Esta es la longitud en metros del brazo para los datos señalados pero para garantizar la que la balanza no sufra un exceso de esfuerzo es que usaremos como longitud

$$l = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm.}$$

Figura 31: Brazo del freno prony, con zapata de asbesto.



Elaboración: propia.

Ahora podemos simular carga en el motor en condiciones de trabajo regulares.

Figura 32: Ubicación del freno en la estructura.



Elaboración: propia.

3.5.3. Analizador de gases.

Se utilizó el analizador de gases perteneciente a la escuela profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, el cual nos brinda los resultados de las emisiones de hidrocarburos en partículas por millón, el porcentaje de las emisiones de monóxido de carbono, y el porcentaje de dióxido de carbono.

La marca de este analizador es Electrónica NAVE, y es de procedencia argentina, la precisión que brinda este instrumento de del rango de 10% a 15% de error, según lo señalado por el fabricante.

Figura 33: Analizador de gases para la toma de muestras.



Elaboración: propia.

3.5.4. Contador de revoluciones del motor.

Se decidió usar este instrumento dadas sus bondades como instrumento de medición porque además de brindar las revoluciones del motor también nos da el ángulo de avance del motor para usarlo y poner esté a punto, entre otras que garantizan su precisión, el que fue alquilado por los autores del Instituto técnico productivo denominado Cetpro Cima Sur.

Figura 34: Contador de revoluciones inductive advance timing analyzer, conectado al terminal de la bujía con conector electromagnético.



Elaboración: propia.

Figura 35: Pantalla de verificación de datos.



Elaboración: propia.

3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.

Dado que nuestro problema es del tipo explicativo, y que buscamos contrastar la teoría ya conocida, con los resultados en nuestro medio, necesitaremos de un módulo de laboratorio con instrumentos de medición para realizar pruebas y luego cotejar los resultados (Galarza, Gomez, & Gonzales, 2003).

Como ya se ha mencionado los tesisistas elaboraran este módulo dado que estas pruebas deben realizarse en un motor en condiciones óptimas puesto que de lo contrario los resultados tendrán gran margen de error.

Tenemos entonces, un módulo que cuenta con un motor TOYOTA 4S de 1800 cm³ de inyección electrónica y de alimentación dual que cuenta con los siguientes Instrumentos:

Freno Prony para obtener el torque y potencia en el eje del motor.

Venturimetro para determinar el flujo en la admisión de aire.

Venturimetro para medir el flujo de GLP que ingresa al motor.

Censor de temperatura para evitar sobrecalentar el motor.

Instrumentos suministrados por la EPIME, como son:

Tacómetro para medir las revoluciones del motor.

Analizador de gases (los porcentajes de las emisiones toxicas).

Instrumento alquilado por los autores a Cetpro Cima Sur:

Contador de revoluciones y medidor de ángulo de encendido.

Ahora a partir de todo lo mencionado podremos obtener los datos necesarios para lograr obtener las tablas en las que se relaciona el coeficiente de exceso de aire y los componentes tóxicos de la combustión que son la finalidad de nuestro trabajo de investigación.

3.7.Procedimiento del experimento.

Debido a una exigencia formal nos referiremos únicamente a los resultados que han sido considerados apropiados, es decir han mostrado mayor coherencia y menor cantidad de errores humanos, con un porcentaje de error aceptables para una investigación de ingeniería, para lo cual mostramos los instrumentos utilizados en el proceso de toma de datos de este trabajo.

Mostramos ahora los datos obtenidos en las pruebas realizadas tanto con gasolina y gas licuado de petróleo, de los diferentes parámetros registrados en las siguientes tablas:

Tabla N° 04: Factores de emisión estimados con gasolina.

DATOS DE PRUEBAS CON GASOLINA

rpm	ppm CH	% co	% co2	h aire mm	gasolina ml
700	3570	19,2	-3	2	50
1000	2880	15,6	-1,9	4	50
1500	3180	17,5	-3	7	50
2000	2290	14	-1	8	50
2500	1600	13,4	0,4	10	50

Elaboración: propia.

Tabla N° 05: Factores de emisión estimados con GLP.

DATOS DE PRUEBAS CON GLP

rpm	ppm CH	% co	% co2	h aire mm	glp l/min
700	1500	8,2	6,8	2	3,5
1000	1390	7,5	7,7	6	5,5
1500	2390	13,8	2,1	7,5	6,5
2000	2010	10,8	4,8	10	9,5
2500	2090	10,6	4,9	15	11

Elaboración: propia.

3.8. Plan de tratamiento de datos.

Realizaremos un análisis de los resultados haciendo primero una inspección a cada combustible y luego una comparación entre ambos, para lo cual usaremos gráficos para analizar los resultados y ser didácticos en la explicación.

En cada una de las pruebas realizadas, esto en función a la precisión y la coherencia de los datos obtenidos con los instrumentos, se ha tenido especial cuidado en su obtención por ello es que se realizaron varias pruebas para lograr la familiarización de los autores y colaboradores, para finalmente obtener nuestros datos, los que expondremos en la forma siguiente:

Análisis de la combustión con gasolina,

Análisis de la combustión con GLP.

Comparación de ambos combustibles.

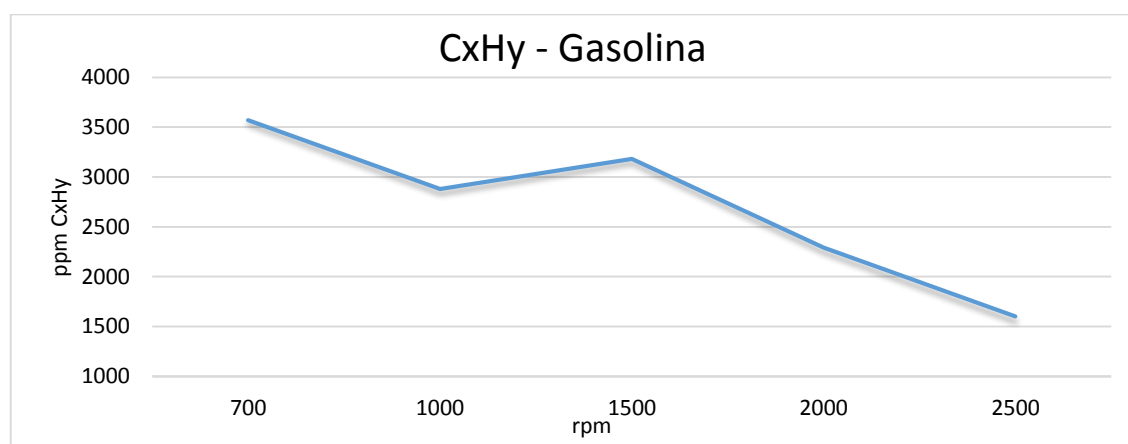
CAPÍTULO IV.

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1. Análisis de la combustión con gasolina.

Realizaremos este análisis en dos partes dado que los resultados de hidrocarburos esta dado en partículas por millón y tanto el monóxido como el dióxido de carbono en el porcentaje de los productos de la combustión; tenemos así los siguientes resultados en el siguiente gráfico:

Gráfico 01: Comportamiento de la emanación de hidrocarburos (ppm) en función de rpm, combustión con gasolina.



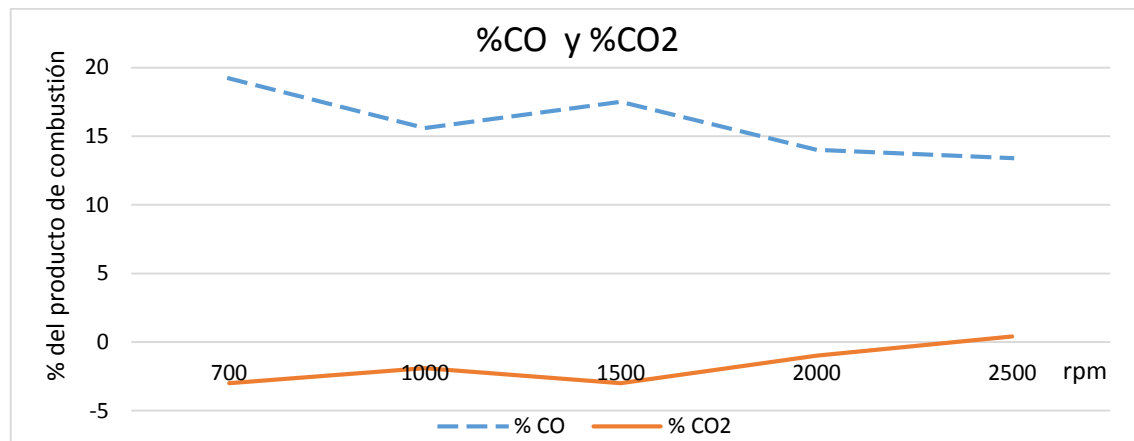
Elaboración: propia.

Podemos apreciar en la gráfico 01, que las emanaciones de hidrocarburos al usar gasolina son altas en bajas velocidades lo que corresponde a marcha en ralentí del motor, y se mantienen relativamente altas en 1000 rpm, y 1500 rpm, hasta llegar a las 2000 rpm, en que si podemos apreciar una disminución de los hidrocarburos, tendencia que es respaldada también a las 2500 rpm, por lo tanto la emisión de hidrocarburos tiene tendencia decreciente a medida que se incrementan las revoluciones del motor.

Es necesario hacer mención a los valores observados a 1000 rpm, en los cuales se tiene una disminución de los hidrocarburos adelantada a la tendencia, pero en este trabajo se ha decidido mostrar los valores realmente obtenidos sin hacer correcciones forzadas que deslegitimarían esta investigación.

Sin embargo debemos señalar que este valor es aceptable dentro del rango de tolerancia que este trabajo ha considerado como apropiado del 15 %.

Gráfico 02: Comportamiento de la emanación de monóxido de carbono %CO, dióxido de carbono %CO₂ en función de las rpm, combustión con gasolina.



Elaboración: propia.

En la gráfico 02, apreciamos las emanaciones del porcentaje del monóxido de carbono y el porcentaje de dióxido de carbono, a medida que las revoluciones del motor se incrementan.

Con respecto al monóxido de carbono notamos que la tendencia que muestra este gas es a disminuir a medida que las revoluciones del motor se incrementan, esto a pesar de que se aprecia dos picos que hacen que esta tendencia no sea uniforme o lineal, pero esto no afecta los evidentes resultados de su decreciente tendencia, y llega a normalizarse entre el 10% y 15% como vemos a 2500 rpm con 13.4 %.

Sobre las emanaciones de dióxido de carbono, en las cuales tenemos valores negativos, por estar estos dentro del margen de tolerancia son mostrados tal cual se obtuvieron, más para la explicación debemos asumir el valor real más próximo que es cero, y la interpretación sería la siguiente.

Que las emanaciones de dióxido de carbono son nulas desde el ralentí hasta llegar a los 2300 rpm, en las que si se tiene una tendencia creciente.

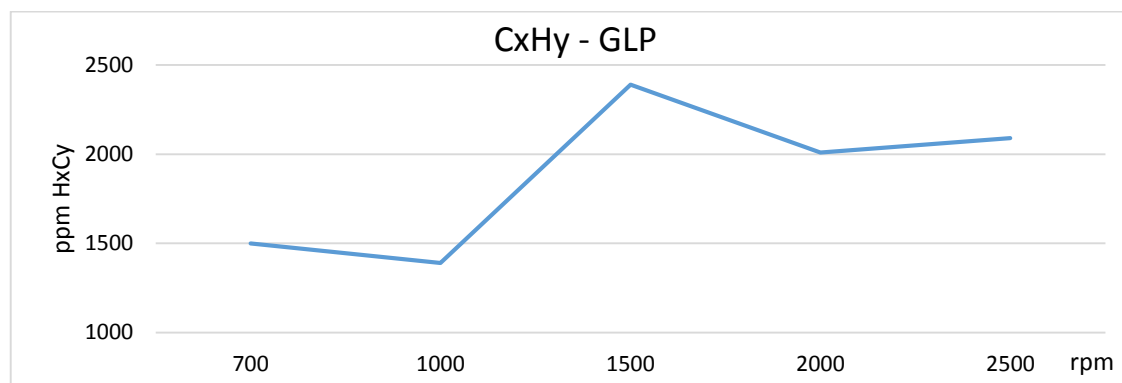
Con respecto a la interpretación física podríamos decir que el medio ambiente tiene más dióxido de carbono que los emana el motor, lo cual consideramos absurdo siendo nosotros conocedores de que un motor de combustión interna emanara dióxido de carbono, pero siendo el analizador un instrumento que se vale de la reacción de un sensor sensible a este gas para enviar una señal eléctrica y dar estos resultados, lo más prudente es considerarlos dentro del margen de tolerancia de error, por lo cual el valor de cero es bastante coherente dado de que se trata de un motor de inyección electrónica por lo cual su combustión es bastante buena, añadido a que posee a la salida del motor un catalizador y también en el ducto de escape.

4.2. Análisis de la combustión con GLP.

Tal como se realizó en el caso anterior, de igual modo con el gas licuado de petróleo haremos la interpretación de sus resultados en dos partes una para los hidrocarburos dado que están en partículas por millón, y por otra parte los resultados de

monóxido de carbono y dióxido de carbono que las tenemos en porcentaje de los valores de la combustión, como veremos a continuación.

Grafico 03: Comportamiento de la emanación de hidrocarburos (ppm) en función de rpm, combustión con GLP.

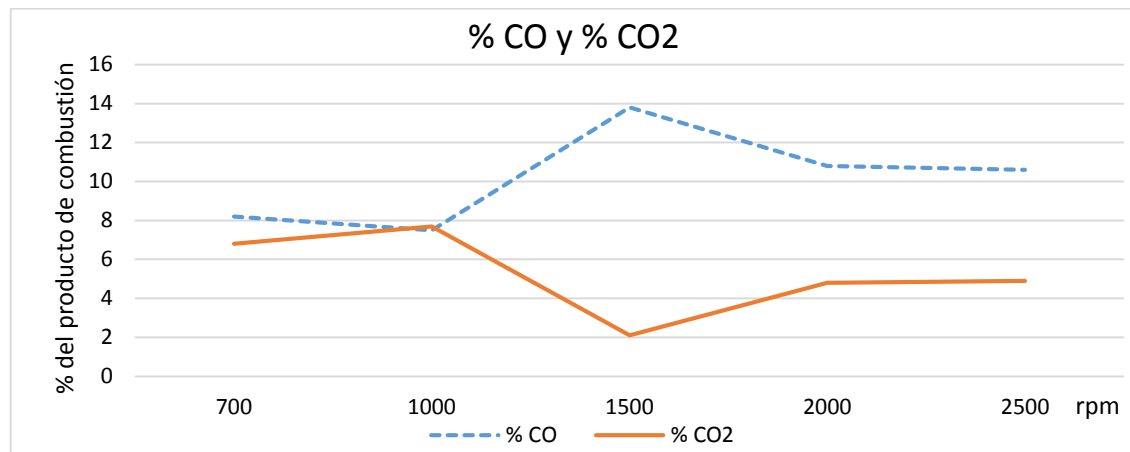


Elaboración: propia.

En esta prueba los valores de los hidrocarburos a medida que las revoluciones del motor se incrementan se aprecia una tendencia creciente como observamos en el grafico 03, que detalla los valores en partículas por millón de hidrocarburos a medida que el régimen del motor se incrementa en revoluciones por minuto desde el ralenti hasta las 2500 rpm.

Es necesario precisar que, aunque se observe también un par de picos que hacen que esta tendencia no sea lineal o uniforme queda claro que al incrementarse el régimen del motor la emanación de hidrocarburos usando gas licuado de petróleo tendrá una tendencia creciente.

Grafico 04: Comportamiento de la emanación de monóxido de carbono %CO, dióxido de carbono %CO₂ en función de las rpm, combustión con gasolina.



Elaboración: propia.

En esta prueba, que podemos apreciar en el grafico 04, tenemos los valores del monóxido de carbono y dióxido de carbono en su porcentaje dentro de los valores de la combustión, que interpretamos del siguiente modo.

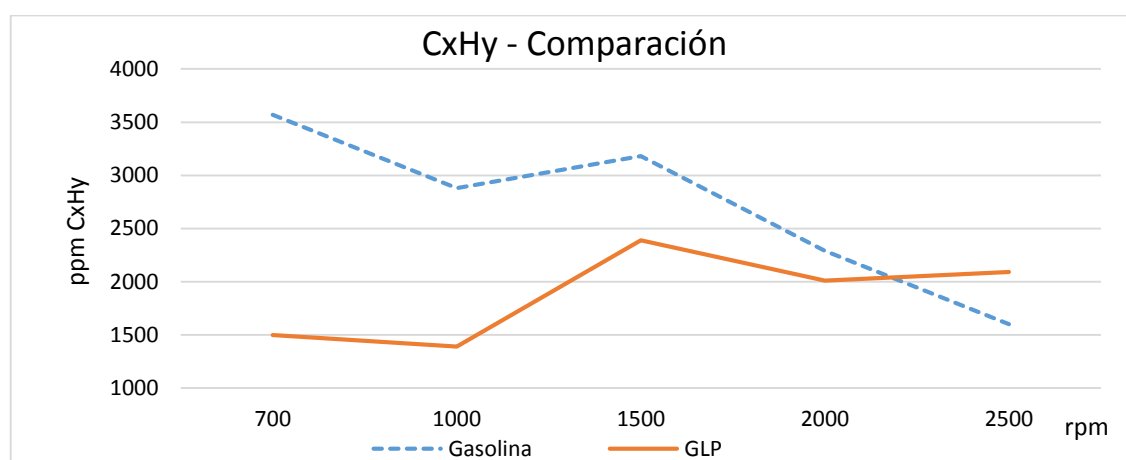
Primeramente el monóxido de carbono; como vemos este gas tiene una tendencia a incrementarse a medida que el régimen del motor aumenta, a pesar de que haya dos valores que desencajen, la tendencia es clara pero al llegar a las 2000 rpm, se llega a normalizar y hasta saturarse quedando entre los límites de 10 % a 12 %, como se aprecia en 2500 rpm con 10.6 %.

Ahora con respecto al dióxido de carbono, la tendencia que muestra de la de disminuir a medida que las revoluciones del motor se incrementan, tendencia que es clara a pesar de los valores que desencajen, mas queda clara esta tendencia hasta las 2000 rpm, a partir de este valor las emanaciones se estabilizan en los límites de 4 % a 6 % como se ve a 2500 rpm con 4.9 %.

4.3.Comparación de ambos combustibles.

Para realizar esta comparación usaremos los valores de los tres gases obtenidos y los compararemos respectivamente, para poder de este modo lograr destacar las diferencias que existen entre ambos combustibles como son la gasolina y el gas licuado de petróleo.

Grafico 05: Comparación de las emanaciones de hidrocarburos en función de las rpm, de ambos combustibles.



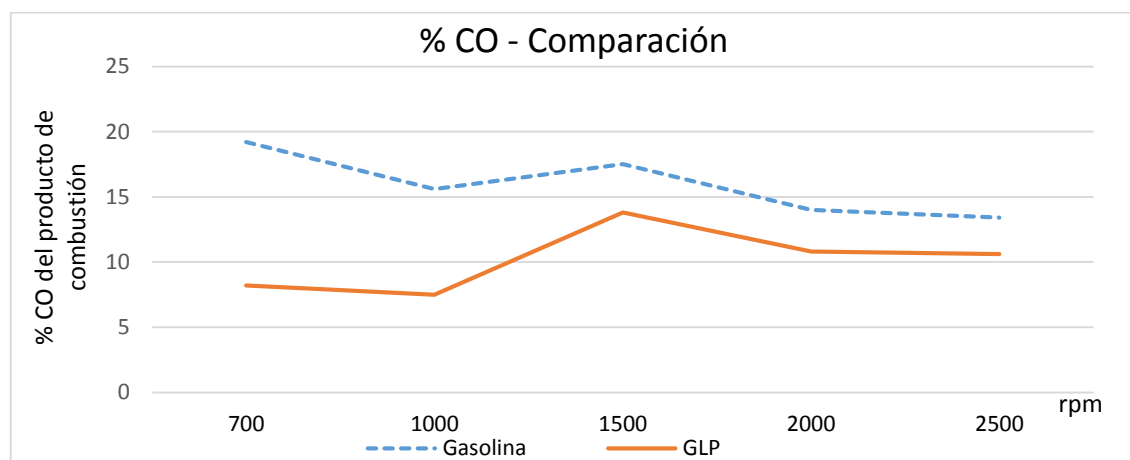
Elaboración: propia.

Comparemos primeramente las emanaciones de hidrocarburos hechas por cada combustible en las pruebas realizadas, en el módulo de pruebas, como se ve en el grafico 05.

Existe clara diferencia entre las tendencias de ambos combustibles en sus emanaciones de hidrocarburos, por una parte con gasolina vemos una tendencia decreciente que parte de una cantidad elevada en ralentí, la cual baja a medida que se incrementa el régimen del motor, mientras que con el gas licuado de petróleo se tiene una tendencia creciente que parte de una cantidad mínima en ralentí, la que se incrementa a medida que el régimen del motor se eleva.

En la gráfica se aprecia que las emanaciones de hidrocarburos, dadas por cada uno de los combustibles, tienen marcadas diferencias desde su origen, dado que en ralentí la brecha que existe entre ambos es muy grande, y es evidente que con la gasolina se tiene una mayor emanación, que como sabemos los hidrocarburos son considerados como combustible mal quemado que es lanzado al medio ambiente sin ser aprovechado apropiadamente en la cámara de combustión, pero a medida que incrementa el régimen del motor este desaprovechamiento disminuye, lo contrario sucede con el gas licuado de petróleo que parte de un aprovechamiento aceptable en ralentí, y a medida que el régimen del motor se eleva se tiende a realizar una combustión más deficiente en términos de aprovechamiento de los hidrocarburos.

Grafico 06: Comportamiento de la emanación de monóxido de carbono %CO en función de las rpm, de ambos combustibles.



Elaboración: propia.

Con respecto a las emanaciones de monóxido de carbono hechas por ambos combustibles tal como se ve en el grafico 06, tenemos:

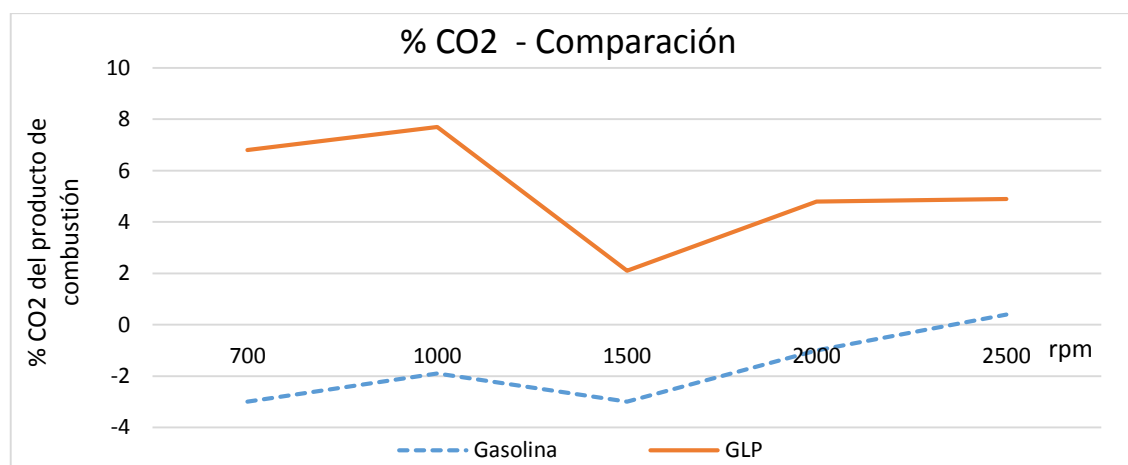
Tal como se vio en el caso anterior, sobre las emanaciones de la gasolina se tiene una tendencia decreciente, pero que no es tan pronunciada como la anterior sino más bien moderada, que tiende a normalizarse en regímenes de velocidades altas; y con respecto al

gas licuado de petróleo también como el caso anterior tiene una tendencia creciente pero moderada con tendencia a normalizarse en el mismo margen de 10 % a 15 %, como la gasolina, para regímenes de velocidades altas.

Con esto podríamos decir que con respecto a las emanaciones de monóxido de carbono tanto la gasolina como el gas licuado de petróleo a pesar de iniciar en valores muy apartados tienden a normalizarse en regímenes de trabajo de altas velocidades.

En ralentí, con la gasolina se tiene una mayor emanación de monóxido de carbono, lo cual revela una menor eficiencia en la combustión a bajas velocidades, que mejora a altas velocidades, mientras que con el gas licuado de petróleo se tiene mayor eficiencia en ralentí, y mientras la velocidad se incrementa sufre una disminución de esta eficiencia, pero que debemos aclarar que no es muy grave sino más bien muy aceptable.

Grafico 07: Comportamiento de la emanación de dióxido de carbono %CO₂ en función de las rpm, de ambos combustibles.



Elaboración: propia.

Como vemos en el grafico 07, contamos con las emanaciones de dióxido de carbono de ambos combustibles, tomados en el módulo de pruebas.

Vemos que para la gasolina se tiene una tendencia creciente, que como se aclaró en el apartado 3.4.1, consideramos nulas las emanaciones de dióxido de carbono en ralentí

y mientras el régimen se eleva estas emanaciones se incrementan; mientras que para el gas licuado de petróleo se tiene una tendencia decreciente, dado que en ralenti muestra un valor elevado, y mientras el régimen del motor se eleva estos valores disminuyen, llegando a normalizarse de 2000 rpm a 2500 rpm, como se aprecia en la figura.

Vemos entonces, que dentro de los valores considerados en las pruebas, los valores de las emanaciones de dióxido de carbono no han llegado a converger, tampoco llegan a normalizarse ambos, solo en el caso del gas licuado de petróleo se muestra esta tendencia mientras que para la gasolina solo vemos un incremento mas no llega a normalizarse o estabilizarse en un rango de valores.

CONCLUSIONES.

Primero: en la medida de las posibilidades de los autores, es que se logró la construcción del módulo de pruebas, del que se obtuvieron los datos de esta investigación, que será entregado a la EPIME para el uso de sus estudiantes.

Segundo: mediante el análisis de gases tóxicos apreciamos que la gasolina tiene mayor emanación de hidrocarburos no quemados $HxCx$, y monóxido de carbono CO ; y en comparación al glp a velocidades bajas o regímenes de trabajo ligero, pero al incrementar la velocidad a regímenes de trabajo superiores, ambos tienden a converger a valores próximos.

Tercero: las emanaciones de CO_2 dióxido de carbono, la gasolina con un régimen ligero, parte con una emanación cercana a cero que contrasta con el glp, que registra valores elevados en estas condiciones, pero a medida que el régimen se hace superior la gasolina registra un incremento en su emanación mientras que el glp disminuye, y al igual que en los casos anteriores estos valores muestran una tendencia convergente.

Cuarto: estos resultados no hacen concluir que el uso del glp, en vehículos es óptimo solo en vehículos con regímenes de trabajo ligero como taxis, vehículos particulares y unidades de transporte urbano debido a registrar mayor uso de régimen ligero al detenerse continuamente, esto añadido a las ventajas de tener una marcha más suave y silenciosa del motor.

RECOMENDACIONES.

Primero: Partiendo de la posibilidad de o necesidad de realizar una conversión de gasolina a glp, en un vehículo en nuestro medio, recomendamos la realización de una evaluación del régimen de trabajo promedio del motor, para determinar si es conveniente o no, puesto que si es un vehículo que en promedio tiene un régimen superior, es conveniente que siga usando gasolina.

Segundo: realizar el cambio, solo si se cuenta con un motor en óptimas condiciones (en el argot popular, lo más nuevo posible), obteniéndose mejores resultados al tiempo de conservar el motor alargando su vida útil.

Tercero: realizar un plan programado de encendido y funcionamiento del módulo de pruebas, para mantener su operatividad, al tiempo de programar su mantenimiento periódicamente de acuerdo a su uso.

Cuarto: en la medida de lo posible añadir el módulo de pruebas a la mayor cantidad de experiencias de laboratorio de la EPIME, puesto que cuenta con un buen motor que aún no ha quedado desfasado, pero que el avanzar de la ciencia tarde o temprano hará obsoleto.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguaytia, E. d. (2005). *Manual de entrenamiento para el personal técnico de servicio e instalación del sistema de carburación dual gasolina/GLP en mototaxis*. Lima: Aguaytia Energy.
- Alvitres, M. (1996). *Motor diesel puesta punto y reparación*. Lima: Educación y Cultura.
- Arias, M. (2001). *Manual de automóviles 54a edición*. España: Dossat 2000 S.L.
- Billiet, W. (1998). *Entretimiento y reparación de motores de automóvil*. Barcelona: Revete S.A.
- Blasco, V. (2005). *geocities*. Obtenido de geocities:
http://www.geocities.ws/tecnilibros/articulos/Articulo_Tiempo_inyeccion.pdf
- Bueno, A. (2003). *Curso taller optimización de diseños experimentales aplicados a la investigación de ciencias e ingenierías*. Puno.
- Canchaya, J. (2005). *ventajas del GLP como combustible automotor*. Obtenido de repsolgas:
<http://www.repsolgas.com.pe>
- Carcausto, R., & Alvarez, W. (2007). *Evaluación del performance de los motores de encendido por chispa con alimentación dual de gasolina y gas licuado de petróleo (glp) a 3824 msnm*. Puno.
- Castro, J., & Paredes, I. (2004). *Implementación de modulo de bombas radiales*. Puno: Tesis UNA - FIMEES.
- CONAMA, F. (2004). *El sector de la automoción y el desarrollo sostenible*. Obtenido de Congresos y seminarios: <http://www.conama.org>
- Crouse, W. (1992). *Motores de automóvil construcción, funcionamiento y manutención*. México D.F.: Alfaomega.
- Evaluación Experimental de los índices de economía y ecología de los motores de encendido por chispa trabajando con GLP*. (1999). Lima: Tesis UNI.
- Galarza, E., Gomez, R., & Gonzales, L. (2003). *Implementación de tecnologías limpias en el Perú: El uso de GLP en taxis*. Lima: Centro investigación univ. Pacifico.
- Gardella, R. (2004). *Instalaciones para gas*. Lima: UNIGASFIM.
- Giacosa, D. (1970). *Motores endotérmicos*. Barcelona: Cientifico - Medica.
- GR Puno. (2009). *Diagnóstico Ambiental Regional*. Puno.
- Ishimaya, R. (2005). *Investigación Científica*. Puno.
- Jóvaj, M. (1982). *Motores de automóvil*. URSS: Mir.
- Kates, E., & Luck, W. (1982). *Motores diesel y de gas de alta compresión*. Barcelona: Reverte S.A.

- Lastra, L., Lira, G., Vera, E., Valenzuela, D., Valderrama, A., Estrada, J., & Alave, M. (1991). *Motores de combustión interna guía de laboratorio y prácticas*. Lima: Instituto de motores de combustión interna UNI.
- Lira, G. (2004). El uso del GLP en motores de combustión interna. *Exposiciones Universidad Nacional de Ingeniería*, (págs. 9-15). Lima.
- Miranda, L., & Medina, E. (1998). *Investigando en ingeniería*. Arequipa: UNSA.
- Modulo para determinar el balance térmico de un motor de combustión interna para ser usado en el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica*. (2004). Puno.
- Mott, R. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. Mexico D.F.: Prentice - Hall Hispanoamericana S.A.
- Obert, E. (1997). *Motores de combustión interna análisis y aplicaciones*. México D. F.: Compañía Editorial Continental S.A.
- Patrakhaltsev, N., & Gorbunov, V. (1998). *Toxicidad de los motores de combustión interna*. Arequipa.
- Progas, D. T. (2001). *Conversión de vehículos de transporte urbano*. Obtenido de progas argentina: www.progas.com.ar
- Régimen de autorización y funcionamiento de las Entidades certificadoras de conversiones, en concordancia a: R. D. N° 3990-2005-MTC-15. (2005). *limites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial: Decreto Supremo N° 047-2001-MTC*. Lima, Perú.
- Reglamento nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles. (1998). *Decreto supremo N° 044-98-PCM*. Lima, Peru.
- Salamanca, L., & Borda, F. (2004 - 2009). Apuntes de Laboratorio de mecánica I, II Y III y entrevistas con especialistas involucrados. *Apuntes de clase del curso de Laboratorio de mecánica I, II Y III*. Puno: UNA - FIMEES - EPIME.
- Senati. (2005). *Curso sistema de alimentación dual gasolina gas licuado de petróleo*. Puno.
- Shames, I. (1980). *La mecánica de los fluidos*. México D.F.: McGraw - Hill.
- www.mecanicavirtual.org. (2000). Obtenido de www.mecanicavirtual.org: <http://www.mecanicavirtual.org/GLP-motores.htm>

ANEXOS.

Anexo.1. Cronograma de actividades.

El tiempo que se empleó en la ejecución del presente trabajo de tesis fue de 36 meses, el cual se especifica en el cuadro siguiente cuadro.

Tabla N° 06: Cronograma de actividades del trabajo de investigación.

ACTIVIDADES	MESES					
	1-3	4-8	9-12	13-14	15-18	19
Aprobación del perfil del proyecto	X					
Adquisición de bibliografía	X	X	X			
Adquisición de manuales y otros	X	X	X	X		
Diseño del módulo	X	X	X	X		
Adquisición de equipos y/o accesorios			X	X		
Construcción del Módulo de R y AA			X	X		
Pruebas en el módulo				X	X	
Análisis e Interpretación de datos				X	X	
Redacción del trabajo descriptivo				X	X	
Elaboración de conclusiones				X	X	
Presentación y aprobación del Borrador de tesis.					X	
Sustentación						X

Elaboración: propia.

Anexo.2. Responsables.

Los responsables que llevaron a cabo el presente trabajo de investigación son los encargados del diseño y la implementación del Módulo, conjuntamente con el Director - Asesor del presente proyecto de tesis.

Anexo.3. Presupuesto.

Para lograr la implementación del Módulo, se tuvo que adquirir los equipos y/o accesorios de diferentes proveedores, cumpliendo de esta manera con los objetivos trazados.

A continuación se detalla el presupuesto que demandó la ejecución del presente proyecto de tesis.

Tabla N° 07: Presupuesto de equipo y/o accesorios del módulo.

DETALLE	Und.	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Motor de inyección electrónica	u.	1	1000.00	1000.00
Radiador con ventilador.	u.	1	160.00	160.00
Válvula de expansión termostática	u.	1	240.00	240.00
Tubo capilar	m.	4	5.00	20.00
Válvula mecánica de paso (1/4")	u.	3	80.00	240.00
Válvula mecánica de paso (3/8")	u.	10	90.00	900.00
Válvula de retención	u.	2	120.00	240.00
Filtro secador tipo roscable (1/4")	u.	2	35.00	70.00
Filtro secador tipo soldable (20 gr)	u.	2	10.00	20.00
Visor de líquido	u.	4	80.00	320.00
Recibidor de líquido	u.	1	40.00	40.00
Acumulador de líquido	u.	1	40.00	40.00
Motoventilador	u.	2	110.00	220.00
Refrigerante Freón 12	Kg.	10	30.00	300.00
Tuberías (3/8")	m.	15	9.00	135.00
Tuberías (1/4")	m.	6	6.00	36.00
Codos de cobre soldable 1/4"	u.	8	5.00	40.00
Codos de cobre soldable 3/8"	u.	30	5.00	150.00
Tee's de cobre soldable 1/4"	u.	4	8.00	32.00
Tee's de cobre soldable 3/8"	u.	15	9.00	135.00
Pernos de soporte	u.	35	0.30	10.50
Conductores	m.	10	1.00	10.00

Luces indicadoras	u.	8	2.00	16.00
Diodos emisores de luz	u.	20	2.00	40.00
Pulsadores	u.	8	3.00	24.00
Reóstato electrónico	u.	2	20.00	40.00
Termómetros digitales	u.	2	220.00	440.00
Manómetro analógico	u.	4	90.00	360.00
Interruptores	u.	5	4.00	20.00
Anemómetro	u.	1	1100.00	1100.00
Voltímetro	u.	1	60.00	60.00
Amperímetro	u.	1	60.00	60.00
Gabinete	u.	1	350.00	350.00
S U B T O T A L (1)				S/. 6868.50

Elaboración: propia.

Tabla N° 08: Presupuesto del trabajo textual de investigación.

DETALLE	Unid.	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Papel Bond	millar	01	36.00	36.00
Papel Bulky	ciento	02	2.00	4.00
Papel carbón	sobre	01	15.00	15.00
Papel copia	ciento	02	2.50	5.00
Plumones	docena	01	10.00	10.00
Disquetes	caja	02	15.00	30.00
Alquiler de computadora	hora	200	1.50	300.00
Acceso a Internet	hora	60	2.00	120.00
Adquisición bibliográfica.	u.	10	30.00	300.00
Adquisición de revistas especiales	u.	2	35.00	75.00
Impresión	u.	1500	0.50	750.00
Copias Fotostáticas	u.	2000	0.10	200.00
S U B T O T A L (2)				S/.1845.00

Elaboración: propia.

Tabla N° 09: Presupuesto de intangibles.

DETALLE	Costo Total (S/.)
Mano de obra	500.00
Alquiler de máquina de soldar (autógena)	120.00
Alquiler de juego de manómetros	80.00
Alquiler de bomba de vacío	50.00
Alquiler de herramientas para refrigeración	90.00
Gastos en viajes y viáticos	450.00
Transporte de equipos, accesorios, instrumentos	220.00
S U B T O T A L (3)	S/. 1510.00

Elaboración: propia.

Tabla N° 10: Detalle del total de la inversión.

DETALLE DEL TOTAL DE LA INVERSIÓN	
S U B T O T A L (1)	S/. 6628.50
S U B T O T A L (2)	S/. 1845.00
S U B T O T A L (3)	S/. 1510.00
IMPREVISTOS (10%)	S/. 998.35
I N V E R S I O N T O T A L	S/. 10981.85

Elaboración: propia.

Anexo.4. Financiamiento.

Este trabajo de investigación fue enteramente solventado por los autores.

Es decir los autores del presente trabajo corrieron con el 100% de los costos necesarios para su elaboración, desde la presentación del perfil, correcciones del diseño desde la estructura hasta instrumentos, reposición de repuestos necesarios, pago de alquileres de equipo e instrumentos, realización de pruebas en varias oportunidades, entre otros.

Anexo.5. Estudio económico.

En el presente análisis se busca establecer cuanto representa para la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica el poner en marcha las diferentes experiencias de laboratorio mediante el Modulo, teniendo en cuenta la inversión actual realizada por los ejecutores y de esta manera discriminar el costo total unitario por práctica.

Anexo.6. Inversión.

Una vez superados todos los aspectos propios de la instalación, adecuación y puesta en marcha del módulo en la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, se pretende determinar el costo total del proyecto, cuantificación que permitirá conocer el monto requerido para el cumplimiento del mismo, así como los ahorros e ingresos obtenidos, al ser puesto en funcionamiento al servicio tanto de la Universidad Nacional de Altiplano, como de otras instituciones.

Para ello, se han contemplado aspectos participativos, tales como: El trabajo de Ingeniería, partes y componentes.

Anexo.7. Costos diversos.

Los costos diversos representan los egresos generados durante todo el transcurso de la formulación y ejecución del mismo, egresos que se ven reflejados en la dirección, el trabajo de ingeniería propiamente, la capacitación, complementarios y papelería entre otros; costos que serán asumidos por la Dirección de Estudios de la CPIME o en su defecto por la Jefatura de Practicas de la CPIME. y que dichos gastos están recogidos en el cuadro siguiente.

Tabla N° 11: Ingeniería del proyecto.

DESCRIPCIÓN	COSTO (S/.)
Asesorías especializadas	150.00
Bibliografía	75.00
Papelería	50.00
Fotografías	4.00
Transportes requeridos	30.00
Diseño de guías de laboratorio	30.00
TOTAL	S/. 329.00

Elaboración: propia.

Anexo.8. Adecuaciones y equipos complementarios.

Para garantizar el funcionamiento de la unidad, será necesario llevar a cabo adecuaciones tanto al laboratorio, en cuanto se refiere a la estructura física, tal como que se aprecia en el siguiente cuadro.

Tabla N° 12: Adecuaciones y nuevos equipos.

ASPECTO	COSTO(S/.)
Adecuación laboratorio	350.00
Diversos accesorios	50.00
TOTAL	S/. 400.00

Elaboración: propia.

Anexo.9. Valor total de la inversión.

Al compilar todos los costos en que de manera directa o indirecta se ha de incurrir en la instalación, adecuación y puesta en marcha del módulo de la Universidad Nacional del Altiplano, se valorizo el total de la inversión, mostrando dicho valor en el siguiente cuadro.

Tabla N° 13: Valor total de la inversión.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Ingeniería del proyecto	166.00
Adecuaciones y nuevos equipos	400.00
TOTAL	S/. 566.00

Elaboración: propia.

Costeo por práctica de laboratorio.

Una vez establecido el valor de la inversión total de dicha unidad dentro del laboratorio de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, se hace necesario determinar el costo por práctica de Laboratorio, para lo cual se han tenido en cuenta los siguientes parámetros (Lastra, y otros, 1991):

INVERSIÓN INICIAL

Diez mil novecientos ochenta y uno con 85/100 nuevos soles.

(S/. 10 981.85).

VIDA ÚTIL DEL MODULO

Sesenta (60) meses.

VALOR DE SALVAMENTO

Diez por ciento (10%), sobre la inversión inicial, ascendente a: Mil noventa y ocho con 19/100 nuevos soles (S/. 1 098.19).

DEPRECIACIÓN (DP) - LINEAL DIRECTA

DP = (S/. 164.7)/ mes.

DP = ((Inversión Inicial - Valor de Salvamento) / Vida útil).

DP = (10 981.85 – 1098.19) / 60 = 164.7

REQUISICIÓN DE PLANTA FÍSICA

35 m². (Area asignada)

COSTO MENSUAL DE LA PLANTA FÍSICA

(S/. 150.00)/ mes.

ENERGÍA ELÉCTRICA REQUERIDA

1,5 KW (consumo e iluminación).

COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA

(S/. 0.3653)/ KW-h.

DURACIÓN DE CADA PRÁCTICA

Dos (2) horas.

Nº DE PERSONAS POR PRACTICA

Quince (15) personas.

Nº DE HORAS BASE AL MES

Ochenta (80).

Nº DE PRACTICAS AL MES

Treinta (30/mes).

VALOR MANO DE OBRA POR HORA

S/. 20.00.

VALOR MANO DE OBRA AL MES

S/ 600.00

Tabla N° 14: Resumen de los parámetros de costeo.

PARÁMETRO	COSTO MENSUAL	COSTO PRACTICA
Depreciación activos fijos	164.70	5.49
Costo mensual de la planta física	150.00	5.00
Costo energía eléctrica	32.88	1.10
Valor mano de obra	600.00	20.00
TOTAL	S/. 947.58	S/. 31.59

Elaboración: propia.

El cuadro 8.8. Reúne los valores resumidos de los parámetros que se han tenido en cuenta para la valoración sobre la base de treinta prácticas al mes.

COSTOS FIJOS MENSUALES.

Depreciación : (S/. 164.70)/ mes.

Planta física : (S/. 150.00)/ mes.

COSTOS VARIABLES.

Energía eléctrica : S/. 1.10 por práctica.

Mano de obra : S/. 20.00 por práctica.

Accesorios y papelería : S/. 20.00 por práctica.

COSTO TOTAL UNITARIO POR PRÁCTICA.

Indicaremos el costo mediante una ecuación que recoge de manera simplificada el resumen de los costos, como a continuación se describe:

$$CTMP = CFM + CV$$

$$CTMP = (D + PF) + ((EE + MO + AP) \times N)$$

$$CTMP = (164.7 + 150.0) + ((1.1 + 20.0 + 20.0) \times 30)$$

$$CTMP = \mathbf{1547.7 \text{ nuevos soles.}}$$

$$\begin{aligned} \text{CUP} &= \text{CTMP} / \text{N} \\ \text{CUP} &= 1547.7 / 30 \\ \text{CUP} &= \mathbf{51.59 \text{ nuevos soles.}} \end{aligned}$$

Donde:

CTMP :	Costo Total Mensual por Prácticas
CFM :	Costo Fijo Mensual
CV :	Costo Variable por práctica
D :	Depreciación
PF :	Planta Física
EE :	Energía Eléctrica
MO :	Mano de Obra
AP :	Accesorios y Papelería
N :	Número de prácticas
CUP :	Costo Unitario por Práctica