



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE
COMBUSTIBLE A DIFERENTES PROPORCIONES Y MARCAS
DE ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DE DOS
TIEMPOS EMPLEANDO GASOLINA EXTRA Y SUPER”**

Trabajo de titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: ANDRÉS DANIEL CÁRDENAS VALENCIA

DIRECTOR: Ing. DAVID VÍCTOR BRAVO MOROCHO

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Andrés Daniel Cárdenas Valencia**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Andrés Daniel Cárdenas Valencia, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de febrero de 2021



Andrés Daniel Cárdenas Valencia

CI. 180472584-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo Trabajo Experimental, “**ANÁLISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE A DIFERENTES PROPORCIONES Y MARCAS DE ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS EMPLEANDO GASOLINA EXTRA Y SUPER**”, realizado por el señor: **ANDRÉS DANIEL CÁRDENAS VALENCIA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-02-04
Ing. David Víctor Bravo Morocho DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-02-04
Ing. Eder Lenin Cruz Sigüenza MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-02-04

DEDICATORIA

En primer lugar, este trabajo va dedicado a nuestro Señor Jesús quien está sentado a la diestra del Dios Padre, intercediendo y moviéndose por medio del preservar de nuestra oración en medio de la situación mundial, a fin de cumplir su propósito y cambiar esta era.

Segundo, de todo corazón a mis padres Galo y María los cuales no me han dejado ni un día solo en esta lucha por conseguir mi objetivo.

Finalmente, a la familia Cárdenas y a la familia Valencia, quienes representan mi soporte, orgullo y ejemplo de unidad para mi vida.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un profundo agradecimiento a la Carrera de Ingeniería de Automotriz, a su director y toda su planta docente por haber dejado en mí no solo conocimiento, si no valores y experiencias gratas que me han forjado como mejor persona para crecimiento tanto profesional como ético.

A mi tutor Ing. David Bravo, que con su conocimiento y experiencia ha sido una guía en la realización del presente trabajo.

Andrés

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE GRÁFICOS.....	xii
INDICE DE ANEXOS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 Motor de combustión interna	6
1.2 Motores de combustión interna según el ciclo de trabajo	6
1.2.1 Motor de cuatro tiempos	6
1.2.2 Motor de dos tiempos	8
1.2.2.1 Elementos de un motor de dos tiempos	8
1.2.2.2 Funcionamiento de un motor de dos tiempos	10
1.2.2.3 Evaluación del proceso de funcionamiento por medio del barrido	12
1.2.2.4 Tipos de Barrido de un motor de dos tiempos	13
1.2.2.5 Refrigeración	14
1.2.2.6 Lubricación en un motor 2T	14
1.2.2.7 Sistema de alimentación por carburador en un motor 2T	16
1.2.2.8 Ventajas y Desventajas en motores dos tiempos	17
1.3 Lubricantes.....	18
1.3.1 Concepto.....	18
1.3.2 Objetivos un lubricante.....	18
1.3.3 Tipos de lubricantes	18
1.3.4 Propiedades de los lubricantes	19
1.3.5 Especificaciones de los lubricantes	20
1.3.6 Lubricantes para motores de dos tiempos	22
1.4 Combustibles.....	23
1.4.1 La Gasolina	24
1.4.2 Las gasolinas en el Ecuador.....	26

1.4.3	<i>El Diésel</i>	27
1.4.4	<i>Otros combustibles</i>	28
1.5	Emisiones Contaminantes	28
1.5.1	Gases tóxicos	29
1.5.2	Gases no tóxicos	30
1.5.3	Normativas de anticontaminación	30
1.5.4	Análisis de emisiones de escape en motocicletas por coloración en el humo	31

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	33
2.1	Introducción	33
2.2	Tipo de Investigación	33
2.3	Alcances y Limitaciones de la investigación	34
2.3.1	<i>Alcances</i>	34
2.3.2	<i>Limitaciones</i>	35
2.4	Variables de la Investigación	35
2.5	Materiales y Métodos	36
2.5.1	<i>Materiales</i>	36
2.5.2	<i>Métodos</i>	38
2.6	Elaboración del banco de pruebas motor estático dos tiempos	39
2.7	Preparación de las mezclas combustible-aceite	41
2.7.1	<i>Cálculo de las proporciones de mezclas</i>	42
2.7.2	<i>Proceso de formación de las mezclas</i>	43
2.8	Protocolo para realización de las pruebas de las mezclas preparadas	45
2.9	Procesamiento de datos de las pruebas de consumo	50
2.10	Protocolo de pruebas de comportamiento de las emisiones de escape	56
2.11	Procesamiento de datos de las pruebas de análisis de gases	59
2.12	Presentación de la Prueba Estadística ANOVA previo al análisis de los datos ...	62

CAPITULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	65
3.1	Planteamiento de la hipótesis para la selección basado en la prueba de ANOVA 65	
3.1.1	<i>Parámetro para seleccionar la hipótesis</i>	65
3.2	Análisis de resultados de las pruebas de consumo	66
3.2.1	<i>Ingreso y validación de datos en el software minitab</i>	66
3.2.2	<i>Análisis e interpretación de resultados de la prueba ANOVA en minitab</i>	68

3.2.3	<i>Discusión de resultados de las pruebas de consumo</i>	71
3.3	Validación de resultados mediante el análisis de emisiones de gases.....	73
3.3.1	<i>Discusión de los resultados del análisis de emisiones de gases de escape</i>	76
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES.....	80
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Preparación de mezcla para un motor 2T para un galón de combustible	16
Tabla 2-1: Principales propiedades de los lubricantes	19
Tabla 3-1: Clasificación API para motores dos tiempos a gasolina.....	23
Tabla 4-1: Requisitos principales de la gasolina extra 87 octanos (RON).....	26
Tabla 5-1: Requisitos principales de la gasolina súper 92 octanos (RON).....	27
Tabla 6-1: Límites máximos de emisiones permitidos vehículos a gasolina (prueba estática)..	31
Tabla 7-1: Límites máximos de opacidad permitidos vehículos a diésel.....	31
Tabla 8-1: Límites máximos de emisiones permitidas para motocicletas y tricótomos.....	31
Tabla 9-2: Materiales y equipos en la realización del trabajo experimental	36
Tabla 10-2: Proporciones definidas para las mezclas combustible-aceite	41
Tabla 11-2: Resumen de proporciones obtenidas mediante cálculo	43
Tabla 12-2: Datos de consumo de la prueba 1	50
Tabla 13-2: Datos de consumo de la prueba 2	51
Tabla 14-2: Datos de consumo de la prueba 3	52
Tabla 15-2: Datos de consumo de la prueba 4	53
Tabla 16-2: Datos de consumo de la prueba 5	54
Tabla 17-2: Datos de consumo de la prueba 6	55
Tabla 18-2: Parámetros para la coloración de humo.....	57
Tabla 19-2: Parámetros para la intensidad de opacidad del humo	57
Tabla 20-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 1	59
Tabla 21-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 2.....	60
Tabla 22-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 3.....	60
Tabla 23-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 4.....	60
Tabla 24-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 5.....	61
Tabla 25-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 6.....	61
Tabla 26-3: Resumen de datos obtenidos en las pruebas de consumo.....	66
Tabla 27-3: Comprobación de resultados de minitab en Excel.....	69
Tabla 28-3: Orden descendente de consumos según traslape de gráfica de intervalos	72
Tabla 29-3: Diferencia de consumo en los combustibles aplicados.....	72
Tabla 30-3: Resumen de datos obtenidos en el análisis de emisiones motor dos tiempos.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Clasificación de los MCI	6
Figura 2-1: Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos	7
Figura 3-1: Principales elementos de un motor de dos tiempos	8
Figura 4-1: Culata refrigerada por aire	9
Figura 5-1: Tipos de bielas en un motor de dos tiempos	10
Figura 6-1: Fases del primer ciclo	11
Figura 7-1: Fases del segundo ciclo.....	12
Figura 8-1: Flujo de gases barrido ideal vs real.....	13
Figura 9-1: Barrido transversal.....	13
Figura 10-1: Barrido tangencial o por lazo.....	14
Figura 11-1: Proceso continuo de lubricación	15
Figura 12-1: Carburador y reglajes de un motor dos tiempos	17
Figura 13-1: Certificación API-Starburst	21
Figura 14-1: Símbolo API-donut	21
Figura 15-1: Estándares de aceites API para motores a gasolina	22
Figura 16-2: Inspección inicial motor dos tiempos.....	39
Figura 17-2: Armazón del motor dos tiempos	39
Figura 18-2: Carburador y filtro del motor dos tiempos.....	40
Figura 19-2: Acople de sistema de escape.....	40
Figura 20-2: Tanque de combustible	40
Figura 21-2: Acople sistemas eléctricos	41
Figura 22-2: Banco de pruebas elaborado	41
Figura 23-2: Colocación de combustible en el envase.....	44
Figura 24-2: Toma de la cantidad de aceite.....	44
Figura 25-2: Colocación de aceite	44
Figura 26-2: Antes y después de la mezcla.....	45
Figura 27-2: Mezclas preparadas para la prueba experimental.....	45
Figura 28-2: Cantidades inicial y final de la mezcla.....	46
Figura 29-2: Reglajes previos del motor dos tiempos	46
Figura 30-2: Calibración de ralentí.....	47
Figura 31-2: Vaciado de combustible por la cuba del carburador	47
Figura 32-2: Colocación de la mezcla en el tanque de combustible	48

Figura 33-2: Inicio de la prueba.....	48
Figura 34-2: Corriente de aire en aletas del motor	48
Figura 35-2: Fin de la prueba.....	49
Figura 36-2: Toma de muestras de una prueba.....	49
Figura 37-2: Accionamiento del acelerador.....	58
Figura 38-2: Identificación de coloración y opacidad de humo.....	59
Figura 39-3: Ingrese de datos en minitab.....	66
Figura 40-3: Valor estadístico p obtenido.....	68
Figura 41-3: Resumen del modelo.....	69
Figura 42-3: Coloración y opacidad prueba 1.....	73
Figura 43-3: Coloración y opacidad prueba 2.....	74
Figura 44-3: Coloración y opacidad prueba 3.....	74
Figura 45-3: Coloración y opacidad prueba 4.....	75
Figura 46-3: Coloración y opacidad prueba 5.....	75
Figura 47-3: Coloración y opacidad prueba 6.....	76

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Ejemplo de recomendación de grado SAE de viscosidad	20
Gráfico 2-1: Clasificación de los combustibles	23
Gráfico 3-1: Principales características de la gasolina.....	24
Gráfico 4-1: Composición de gases de escape en un motor de gasolina.....	29
Gráfico 5-2: Alcances de una investigación.....	34
Gráfico 6-2: Gráfica de control de datos –mezcla 1	51
Gráfico 7-2: Gráfica de control de datos –mezcla 2	52
Gráfico 8-2: Gráfica de control de datos –mezcla 3	53
Gráfico 9-2: Gráfica de control de datos –mezcla 4	54
Gráfico 10-2: Gráfica de control de datos –mezcla 5	55
Gráfico 11-2: Gráfica de control de datos –mezcla 6	56
Gráfico 12-3: Distribución normal de los datos	67
Gráfico 13-3: Homogeneidad de Varianzas	68
Gráfico 14-3: Comparación de medias significativamente diferentes	70
Gráfico 15-3: Análisis de consumo por medio de la gráfica de intervalos	71
Gráfico 16-3: Análisis coloración-opacidad de las emisiones de un motor 2T.....	77

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES MOTOR YAMAHA DT 175CC

ANEXO B: ESPECIFICACIONES ACEITES MARCA A

ANEXO C: ESPECIFICACIONES ACEITES MARCA B

ANEXO D: ESPECIFICACIONES ACEITES MARCA C

LISTA DE ABREVIATURAS

2T	Motor de dos tiempos
ACEA	Asociación de Constructores Europeos de Automóviles
API	American Petroleum Institute
ILSAC	Comité Internacional de Aprobación y Normalización de Lubricantes
MON	Número de Octano de Motor (Motor Octane Number)
RON	Número de Octano de Investigado (Research Octane Number)
SAE	Society of Automotive Engineer

RESUMEN

La meta de la investigación es obtener resultados que mejoren el consumo de combustible y las emisiones de escape de un motor de dos tiempos. Para lo cual se definió tres marcas de aceites codificadas como A, B y C, y dos tipos de combustibles, las gasolinas extra y súper. Cada marca de aceite fue mezclada con las dos calidades de gasolinas, se estableció una fórmula para mezclar la gasolina con el aceite en la proporción que cada fabricante de aceite define y recomienda, para lo cual se presentó el procedimiento para realizar las mezclas con materiales normados para obtener cantidades exactas, y se obtuvieron 6 tipos de mezclas diferentes. Para las pruebas de consumo, se definió un protocolo con el fin de poner en funcionamiento al motor dos tiempos en ralentí con una mezcla diferente durante 20 minutos y determinar la mezcla consumida, de cada prueba se tomaron 5 muestras. Para el análisis de gases de escape, se aplicó el método de aceleración libre de la norma INEN 2202, el cual permitió observar la coloración y opacidad de los gases de escape de cada mezcla. Los resultados de consumo fueron analizados con la prueba estadística de ANOVA en MINITAB obteniendo un p valor $(1.617E-20) < \alpha (0.05)$ para aceptar la hipótesis alterna, apoyado de un análisis cualitativo para los resultados de gases. Ambos resultados fueron cotejados para su interpretación y se concluyó que la mezcla de combustible Extra con la marca de Aceite C (Motul) produce un cambio significativo de menor consumo de combustible, cambio de coloración y menor opacidad en los gases de escape. Además, se encontró un cambio en el comportamiento de los gases de escape utilizando gasolina súper. Se recomienda el estudio y aplicación de aceites para motores dos tiempos creados en Ecuador.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MOTOR DE DOS TIEMPOS>, <MEZCLA COMBUSTIBLE ACEITE>, <CONSUMO>, <GASES DE ESCAPE>, <OPACIDAD>, < PRUEBA ESTADISTICA ANOVA>.



10/02/2021
0629-DBRAI-UPT-2021

SUMMARY

The research goal is to obtain results that improve fuel consumption and exhaust emissions from a two-stroke engine. For which, three oil brands were defined and coded as A, B and C, also two types of fuels, extra and super gasoline. Each oil brand was mixed with the two gasoline qualities, also a formula was established to mix the gasoline with the oil in the proportion that each oil manufacturer defines and recommends, a procedure for mixing with normed materials was presented with the purpose of obtaining exact amounts, and six different types of mixtures. For the consumption tests, a protocol was defined in order to start the two-stroke engine at idle state with a different mixture for 20 minutes so determine the mixture consumed. From each test, five samples were taken. For the exhaust gas analysis, the free acceleration method of the INEN 2202 standard was applied, which allowed to observe the coloration and opacity of each mixture exhaust gases. The consumption results were analyzed with the ANOVA statistical test in MINITAB obtaining a p value $(1.617E-20) < \alpha (0.05)$ to accept the alternative hypothesis, supported by a qualitative analysis for the gas results. Both results were collated for their interpretation and it was concluded that the Extra fuel mixture with the Oil brand C (Motul) produces a significant change of lower fuel consumption, there is a color change and a reduction in exhaust gases opacity. In addition, there is a change in the behavior of the exhaust gases using super gasoline. The study and oils application for two-stroke engines created in Ecuador is recommended.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, < TWO-STROKE ENGINE>, <FUEL OIL MIX>, <CONSUMPTION>, <EXHAUST>, <OPACITY>, < STATISTICAL TEST ANOVA>.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Ecuador existe un incremento en la circulación de motocicletas, ya sea por su bajo costo en adquisición, mantenimiento o consumo de combustible. Esto implica mayor contaminación en el país y considerando aún más que dentro de las motocicletas existen las de motores de tiempos, las cuales generan mayor contaminación porque utilizan aceite-combustible en la mezcla para su funcionamiento.

Este trabajo experimental se centrará en establecer diferencias en el consumo de combustible y el análisis del comportamiento de las emisiones contaminantes en un motor de dos tiempos, para ello se establecerán tres marcas de aceites para motores de dos tiempos existentes en el mercado, cada marca con una proporción diferente en la mezcla aceite-combustible adecuada y óptima especificada por el fabricante en cada aceite, en cuanto al combustible se utilizará las gasolinas extra y súper. Se realizará un banco de un motor estático de dos tiempos el cual servirá para las pruebas.

Cada marca de aceite con su proporción de mezcla definida será puesta a prueba tanto para la gasolina extra como súper, de esta manera se aplicará la mezcla en el motor y en un tiempo constante definido para todas pruebas, se tomará la cantidad inicial y final de la mezcla así se obtendrá la mezcla consumida por el motor. En cuanto a las emisiones con un análisis de campo se determinará visualmente el comportamiento de estas en el motor aplicando las definiciones y el método de aceleración libre de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202.

Para determinar la variación que se produzca o no en la hipótesis de acuerdo a las variables empleadas se aplicará la prueba estadística de ANOVA del software minitab, el cual comparará si en los diferentes grupos de las pruebas de consumo de combustible existe o una diferencia significativa, además esta validación será apoyada por un análisis de campo donde visualmente por medio de figuras y gráficas se determinará una coloración y opacidad visual de los gases de escape de las diferentes mezclas de combustible empleadas. Ambos resultados serán cotejados para determinar conclusiones sobre la incidencia o no de la calidad en los productos empleados.

Antecedentes

Desde el siglo XIX el motor generó una gran revolución para la industria, y se ha desarrollado así a lo largo de los años, su uso se puede aplicar para toda máquina en las industrias, pero específicamente en los vehículos y desde 1950 la tecnología es muy alta en motores modernos. (Secundino,2011, p.10).

En este desarrollo, en 1878 surgió el motor de dos tiempos creado por el escocés Dugal Clerk, este motor llegaría a ser muy útil en maquinás pequeñas, motores de borda, herramientas para el hogar y de gran uso hasta la actualidad en motocicletas. (Mundomotor,2018).

Estos motores se emplean en muchas motocicletas por su bajo peso, consumo debido a que estos obturan la entrada de la mezcla y la salida de los gases con el movimientos ascendente y descendente del embolo, es decir no necesitan el uso de válvulas. (Mundomotor,2018).

Por el diseño de estos motores, el émbolo debe ser lubricado junto con el ingreso del aire-combustible por ello hay que añadir una proporción de aceite, lo que generará mayor contaminación en el momento que dicha mezcla se queme en el interior. Existen pocas investigaciones en cuanto al estudio de esta mezcla para optimizar la contaminación.

En 2011 en Holanda según el artículo “ Castor oil-based lubricant reduces smoke emission in two-stroke engines “se mantuvo la proporción de aceite al 1% usando aceite vegetal oxigenado con el cual se redujo el humo entre un 50 y 70 % en un motor de dos tiempos.(Singh,2011).

Existen estudios previos en el Ecuador en cuanto a contaminación de gases y métodos para reducir las emisiones, sin embargo, solamente enfocados a motociclistas de 4 tiempos, ejemplo en la ciudad de Cuenca se realizó un estudio para analizar las emisiones de estos motores al ambiente. (Toledo,2016).

Existe una investigación reciente de emisiones en la ciudad de Guayaquil a motocicletas con el fin de cambiar este parque automotor a motocicletas eléctricas con datos estimados de emisiones de fabricante. (Gómez,2019).

Sin embargo, en el país no existe un enfoque directo a motores de dos tiempos, tampoco poner a prueba las marcas de aceites o las calidades de los combustibles. Así la presente investigación permitirá conocer datos reales de consumo y el comportamiento de las emisiones en motores dos tiempos, además con el estudio se podría plantar las bases para la creación y aplicación de nuevos productos como la elaboración de aceites naturales vegetales para motores de dos tiempos y comparar los datos con los establecidos en este trabajo.

Planteamiento del problema

La circulación vehicular en el país es algo vital de día a día para las personas, dentro de ello la población busca siempre la economía, es una razón por la que el uso de motocicletas por su bajo consumo de combustible se ha vuelto tendencia, dentro de este grupo existe una categoría denominada las motocicletas de dos tiempos, a las cuales no se les ha prestado mucha atención, generalmente por su complejidad para llevar a cabo un estudio o análisis.

Conscientes del uso de las motocicletas de dos tiempos .La complejidad se presenta en su motor debido a la mezcla aceite- combustible que usa, necesario para su funcionamiento, y a su vez no existe un estudio que analice el comportamiento de sus emisiones y el consumo de combustible estableciendo diferencias entre marcas de aceites y las calidades del combustible de nuestro país , y que dicho estudio ayude en cierta manera a mejorar la eficiencia del consumo o cambiar el comportamiento en las emisión de gases de escape, de esta manera establecer diferencias significativas ,contribuir al país y al medioambiente.

Cabe mencionar que dentro del país no existe una regulación que especifique o limite el uso de aceites y combustibles para los motores de dos tiempos, con el fin de evitar el grado de contaminación para el medio ambiente.

Actualmente existe en el país el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 136 (1R) para motocicletas vigente desde 2015, en el cual especifica de manera general el nivel de emisión de gases contaminantes. (RTE INEN 136 ,2017).

Sin embargo, un motor de dos tiempos, expulsa humo de coloración azul, debido al aceite quemado por el motor, gases que no pueden ser realmente censados por un equipo, y no existe una norma que establezca niveles de contaminación para estos motores.

Justificación

Justificación teórica

Esta investigación se basa en poner a prueba los aceites para motores de dos tiempos con las gasolinas extra y súper de nuestro medio con el fin de buscar un punto en el que se mejore la eficiencia en el consumo de combustible y el comportamiento de las emisiones contaminantes, a su vez incentivar a la investigación en este campo y elaboración de nuevos productos que alcancen el objetivo.

Justificación metodológica

La presente investigación busca utilizar diferentes mezclas aceite –combustible de esta manera con diferentes pruebas se puede encontrar una diferencia en el consumo del motor de dos tiempos haciendo uso de los métodos empírico experimental e investigación de campo, de la misma manera para analizar visualmente el comportamiento, coloración y opacidad de los gases de escape, apoyados para el método de aceleración libre de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202.

Justificación práctica

Esta investigación se justifica prácticamente al tener diferentes pruebas que se pueden realizar al motor de dos tiempos de forma estática, con las distintas mezclas aceite- combustible, de esta manera con dichas pruebas y con equipos calibrados se logra determinar la cantidad de mezcla consumida en un tiempo determinado, apoyados por una norma y un método analizar el comportamiento de los gases contaminantes, además para validar la investigación se utilizara la prueba estadística de ANOVA en el software minitab para comparar si en los diferentes grupos de pruebas existe o no una variación en los resultados. De esta manera, se logra identificar qué proporción y que productos de nuestro medio están influyendo de manera positiva o negativa en los motores de dos tiempos

Objetivos

Objetivo General

- Poner a prueba de manera experimental a un motor de dos tiempos al utilizar proporciones de mezclas aceite-combustible con marcas de aceite diferentes tanto para la gasolina extra como súper con el fin de obtener resultados que mejoren el consumo y comportamiento de las emisiones de gases de escape.

Objetivos Específicos

- Elaborar un banco de pruebas de un motor de dos tiempos de motocicleta estático que permita desarrollar el proyecto experimental planteado

- Definir mediante cálculo las proporciones y cantidades de combustible- aceite a ser aplicadas en las pruebas en el motor de dos tiempos.
- Utilizar las marcas de aceite y los combustibles del medio para obtener datos reales y aplicativos.
- Comparar y validar los datos obtenidos mediante la aplicación de un método estadístico.

Hipótesis de la Investigación

- ***Hipótesis Nula (H₀):***

Una óptima proporción en la mezcla aceite -combustible apoyada por una buena calidad de las variables empleadas, no mejora los resultados de eficiencia de consumo y no reduce el comportamiento de los gases de escape.

- ***Hipótesis Alternativa (H₁):***

Una óptima proporción en la mezcla aceite -combustible apoyada por una buena calidad de las variables empleadas, mejora los resultados de eficiencia de consumo de combustible y reduce el comportamiento de los gases de escape.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Motor de combustión interna

Denominado MCI, su objetivo principal es transformar la energía térmica en mecánica, mediante un proceso de combustión generado por un fluido de trabajo en su interior, dicha sustancia es la interacción del aire con el combustible. (Domínguez y de Antonio, 2015: p.11).

El principio de funcionamiento en los MCI varía de acuerdo a su clasificación, en la figura 1-1 se ilustra los mismos:

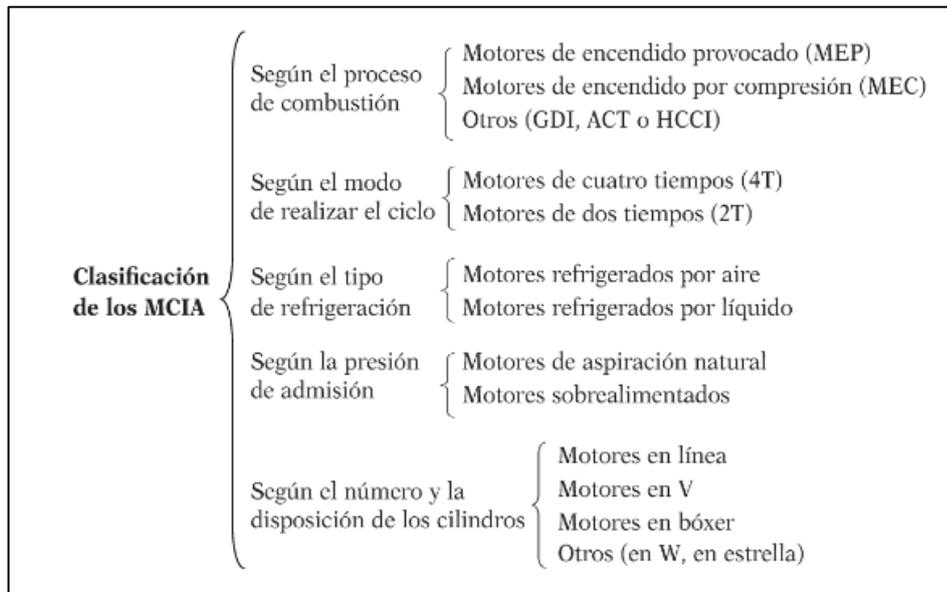


Figura 1-1: Clasificación de los MCI

Realizado por: (Domínguez y de Antonio,2015)

1.2 Motores de combustión interna según el ciclo de trabajo

1.2.1 Motor de cuatro tiempos

Funcionamiento

Lo que distingue a esta clase de motores son las cuatro carreras que el pistón necesita para realizar el ciclo completo de funcionamiento. La figura 2-1 muestra las fases de un motor de cuatro tiempos, y que también se describen a continuación:

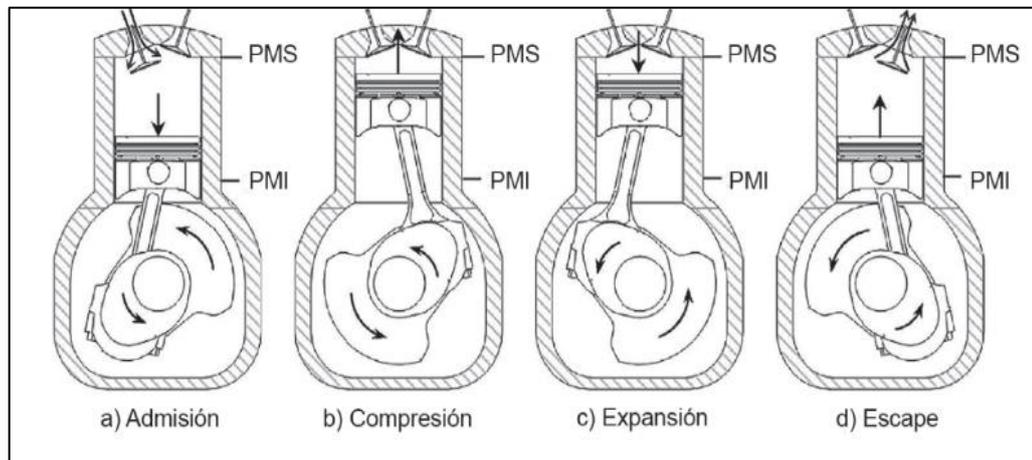


Figura 2-1: Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos

Realizado por: (Domínguez y de Antonio,2015)

Admisión: El pistón va descendiendo de punto muerto superior (PMS) a punto muerto inferior (PMI) generando una depresión en el cilindro que provoca que la mezcla fresca ingrese con la válvula de admisión abierta y la de escape cerrada. (Domínguez y de Antonio, 2015: p.27).

Compresión: En este ciclo el pistón comprime la mezcla fresca al ascender de PMI a PMS para lo cual las válvulas de admisión y de escape deben estar cerradas. Al acercarse al PMS en la cámara de combustión se da la ignición de la mezcla por un agente externo o por auto inflamación. (Domínguez y de Antonio, 2015: p.27).

Expansión: Al darse la combustión una vez más el pistón desciende de PMS a PMI, y se realiza la expansión con las válvulas cerradas al llegar al PMI, la válvula de escape comienza a abrirse para realizar un escape espontáneo. (Domínguez y de Antonio, 2015: p.27).

Escape: El pistón comienza su carrera en ascensión a (PMS), con la válvula de escape abierta y por el movimiento del pistón permite que los gases quemados puedan ser evacuados, y se vuelva a repetir nuevamente el ciclo. (Domínguez y de Antonio, 2015: p.27).

1.2.2 Motor de dos tiempos

El motor de dos tiempos se deriva de un MCI por ciclo de trabajo, realizando el objetivo en dos tiempos, dos desplazamientos alternativos del pistón, una vuelta del cigüeñal (360 grados). Se emplean estos motores en bajas cilindradas, una aplicación directa es en las motocicletas. (Sánchez, 2015: p.37).

1.2.2.1 Elementos de un motor de dos tiempos

En la figura 3-1 se puede observar las partes principales de un motor de dos tiempos:

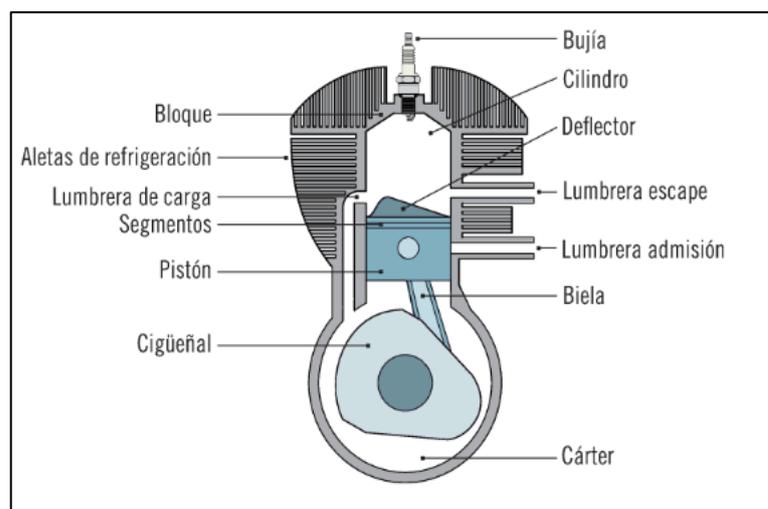


Figura 3-1: Principales elementos de un motor de dos tiempos

Realizado por: (Sánchez, M.2015)

Partes fijas

- **Cárter:** Sirve de apoyo para el cigüeñal y cierra el motor en la parte inferior, en algunos con lubricación solo para esta zona, su mayor función es servir como una cámara de pre compresión. (Secundino,2011, p.264).
- **Cilindro:** Está alojado en el bloque y al igual que en otros motores “el cilindro es el orificio que sirve de guía al pistón en su movimiento alternativo. Se apoya sobre el cárter central anterior y se cierra con la culata, el cilindro aloja las lumbreras”. (Secundino,2011, p.265).

- **Culata:** En ella se alojan la cámara de combustión, el inyector o carburador según el motor y el orificio de la bujía, un aspecto importante son las aletas de refrigeración de aire que posee como se observa en la figura 4-1. (Secundino,2011, pp.266-267).



Figura 4-1: Culata refrigerada por aire

Realizado por: Autor

Lumbreras

- **Lumbrera de admisión:** Esta es la lumbrera por donde ingresa la mezcla al cilindro, generalmente se ubica en la parte trasera del cilindro. (Secundino,2011, p.266).
- **Lumbrera de carga o transferencia:** Su función es servir de paso los gases que se encuentran en el cárter al cilindro. (Secundino,2011, p.266).
- **Lumbrera de escape:** Ubicada en la parte delantera del cilindro es, “la última en cerrarse y la primera en abrirse. Está situada enfrente de la lumbrera de admisión para favorecer la refrigeración. Lo más habitual es que haya una sola lumbrera de escape.” (Secundino,2011, p.266).

Partes móviles

- **Pistón:** De gran importancia en el motor, es el que produce el empuje debido a la combustión generada por los gases, generalmente son de forma plana, aunque en motores pequeños hay pistones con un deflector (figura 3-1) para orientar los gases del cárter por lumbrera de transferencia y evitar que salgan por las otras lumbreras. (Secundino,2011, p.268).
- **Biela:** Cumplen la misma función que en un motor de cuatro tiempos. Sin embargo, su construcción es una sola pieza (figura 5-1) fabricadas con aceros en aleación de nique, cromo

y molibdeno a su vez poseen una longitud mayor necesaria para el cierre y la apertura de las lumbreras. (Secundino,2011, p.269).



Figura 5-1: Tipos de bielas en un motor de dos tiempos

Realizado por: (Secundino,2011)

- **Cigüeñal:** Su entrega es el movimiento rotativo, en un motor de dos tiempos en muchos casos el cigüeñal es desmontable, es decir no se considera una sola pieza como en los motores de cuatro tiempos. Esta apoyado sobre dos rodamientos de bolas uno a cada lado del cárter y un rodamiento de agujas que lo une a la biela. (Secundino,2011, p.270).

1.2.2.2 Funcionamiento de un motor de dos tiempos

El funcionamiento en un motor de dos tiempos se realiza en dos ciclos o tiempos (ascendente o descendente) de funcionamiento, dando un giro de 360 grados del cigüeñal, a continuación, se detallan a más profundidad estos ciclos:

Primera fase del ciclo

Este es un ciclo en el que el pistón asciende expulsando los gases residuales, hasta cerrar las lumbreras de transferencia y escape, en este punto ingresa la masa fresca carburada al cárter al abrirse la lumbrera de admisión, el ascenso del pistón ayuda para la aspiración de la mezcla que realiza una succión debido a la presión negativa o vacío producido en el interior. En este recorrido de PMI hasta PMS se realiza la compresión, sin embargo, la admisión continua en el cárter. (Sánchez, 2015: p.34).

Aspectos importantes que se realizan en el primer ciclo:

- Admisión de masa fresca

- Barrido de gases (Restitución de gases frescos empujando los gases quemados)
- Fase de compresión
- 180 grados de giro del cigüeñal

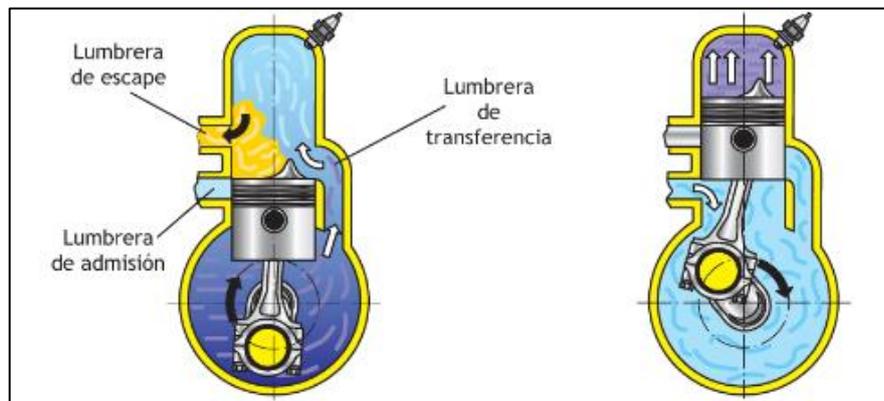


Figura 6-1: Fases del primer ciclo

Realizado por: (Secundino,2011)

Segunda fase del ciclo

Al llegar el pistón a PMS, se da el salto de chispa combustionando la mezcla (aire-combustible-aceite), al igual que todo motor de combustión interna el pistón es empujado y se produce la expansión. En el recorrido del pistón a PMI, se cierra la lumbrera de admisión produciéndose una pre-compresión en el cárter. Antes del PMI las lumbreras de transferencia o carga y la de escape quedan descubiertas, por la lumbrera de carga circulará la masa pre-comprimida por otra parte por la lumbrera de escape se descargarán los gases quemados empujados por la masa fresca, este encuentro entre los gases se denomina cortocircuito. (Sánchez, 2015: p.35).

Aspectos importantes que se realizan en el segundo ciclo:

- Fase de expansión
- Empuje de la mezcla fresca a los gases de escape (cortocircuito)
- Masa pre-comprimida en el cárter
- Llenado del cilindro
- 180 grados de giro del cigüeñal en este ciclo
- Total, de grados de giro del cigüeñal 360

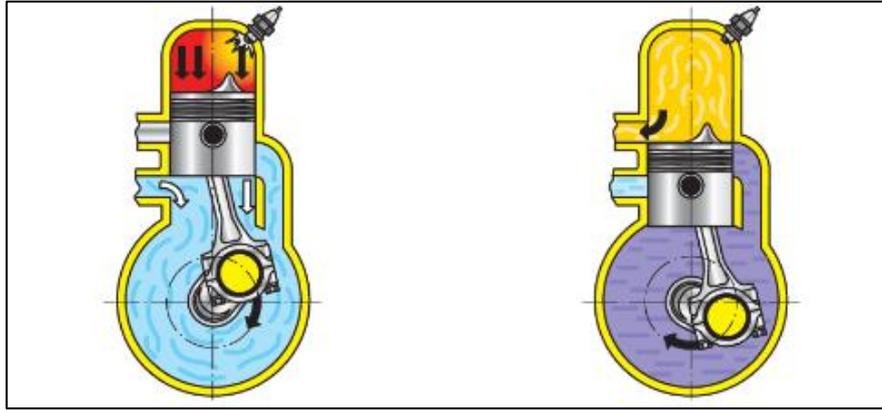


Figura 7-1: Fases del segundo ciclo

Realizado por: (Secundino,2011)

1.2.2.3 Evaluación del proceso de funcionamiento por medio del barrido

El barrido en un motor 2T, es fundamental para la renovación de la carga y es un parámetro para comprender la realización del proceso, un barrido ideal condiciona al proceso cuando se exponen las situaciones reales que intervienen en el funcionamiento, generando imperfección muchas veces desde el inicio de la mezcla. (Carreras y de Callejón, 2015: pp.282-283).

Barrido ideal vs real

Un barrido ideal se debe a una renovación de la carga realizada con toda la eficiencia, es decir un barrido de gases perfecto, sin fugas al escape. De esta manera se obtiene un mejor rendimiento y mayores prestaciones del motor al máximo. (Carreras y de Callejón, 2015: pp.282-283).

En la figura 8-1 se observa como en una situación ideal toda la masa es comprimida y no existen gases residuales, mientras que en una situación real la masa fresca con hidrocarburos que no son combustionados se fugan al escape se produce una repartición de masas, de esta forma no existe un rendimiento esperado que como consecuencia esta la contaminación al ambiente. (Carreras y de Callejón, 2015: pp.282-283).

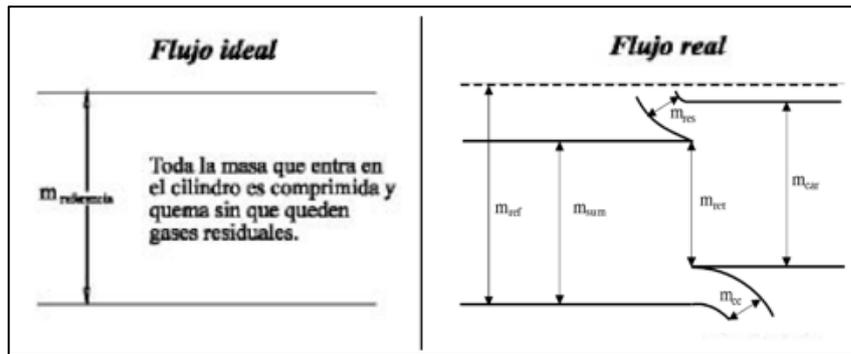


Figura 8-1: Flujo de gases barrido ideal vs real

Realizado por: (Carreras y de Callejon,2015)

1.2.2.4 Tipos de Barrido de un motor de dos tiempos

Según (Secundino, 2011), el barrido es ideal para evitar que el combustible salga sin quemarse y se llegue a tener un buen llenado en el cilindro. Entre los tipos de barrido importantes tenemos:

- **Barrido por cárter:** Se debe al funcionamiento común del pistón al abrir la lumbrera de carga en su carrera descendente a PMI, donde la mezcla fresca empuja a los gases quemados, siendo esto lo ideal que debe suceder y muchas veces no se cumple, es por ello que se busca de diseños y métodos para lograrlo como el barrido transversal o por lazo. (Secundino, 2011: p.275).
- **Barrido transversal:** Se da en pequeños motores, donde las lumbreras están opuestas al cilindro. Con la ayuda de la geometría de un embolo con deflector se dirige la mezcla hacia arriba. (Secundino, 2011: p.275).

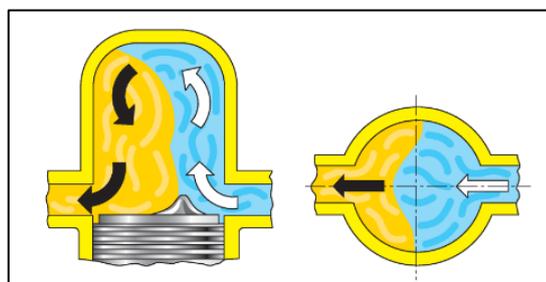


Figura 9-1: Barrido transversal

Realizado por: (Secundino,2011)

- **Barrido por lazo:** No existe una ayuda geométrica o uso de un deflector en el pistón, esta es una técnica de mayor eficacia que el barrido transversal para eliminar los gases. Se base en el ingreso de la mezcla de forma tangencial por lumbreras de carga en dirección opuesta de la lumbrera de escape en dirección ascendente. (Secundino, 2011: p.275).

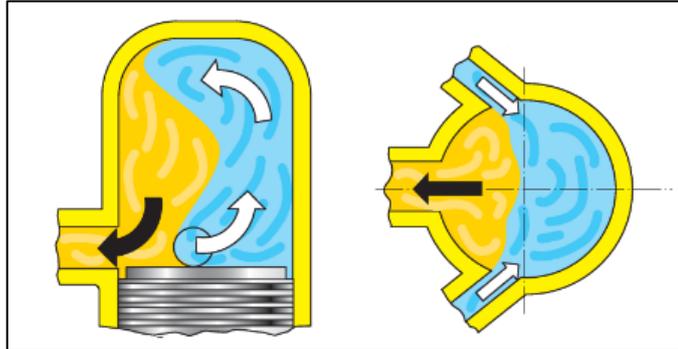


Figura 10-1: Barrido tangencial o por lazo

Realizado por: (Secundino,2011)

1.2.2.5 Refrigeración

La mayoría de los motores de dos tiempos, especialmente motocicletas utilizan una refrigeración libre por aire, donde debido al diseño de aletas como se observa en la figura 4-1 el aire incide de forma natural. (Secundino, 2011: p.325).

1.2.2.6 Lubricación en un motor 2T

- **Modo de lubricación**

En ciertos motores modernos, la lubricación se realiza por medio de un dosificador o bomba añadiendo aceite a la mezcla aire- combustible después del carburador. Sin embargo, en la mayoría de motores especialmente en motocicletas el aceite se añade al combustible, manipulando de manera externa en el tanque de combustible, cuando la mezcla ingresa al interior se pega en las paredes y en todas las partes móviles donde se realiza la lubricación. Este es un tipo de lubricación que se denomina **lubricación por mezcla o engrase directo**. Se considera que la cantidad correcta de aceite a introducir en el combustible está entre un 2% a 5 %. El operador debe estar capacitado para realizar la proporción correcta de la mezcla. (Secundino, 2011: p.279).

Es decir que al no disponer de un sistema de lubricación como se lo tiene en un motor de cuatro tiempos, el aceite ingresará por la lumbrera de admisión junto con la mezcla y desde ahí iniciara la lubricación al motor a sus elementos, este proceso se renovará constantemente cada vez con el fin de mantener lubricado al motor, en la expulsión de los gases también está presente el aceite, es por ello la cantidad de humo muchas veces de color azul que presentan los motores de dos tiempos. En la figura 11-1 se ilustra el proceso continuo de lubricación:

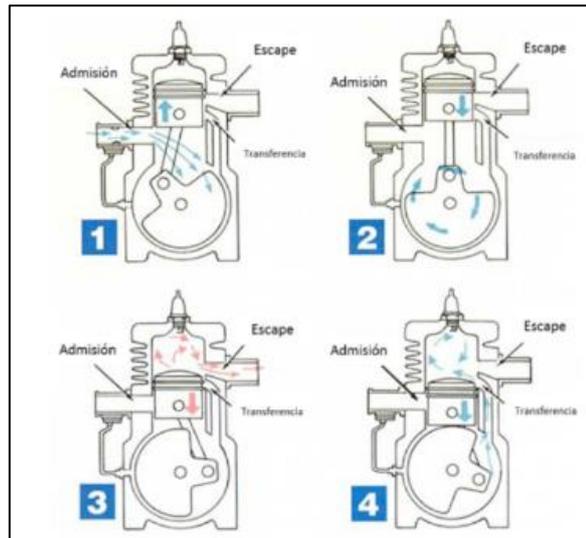


Figura 11-1: Proceso continuo de lubricación

Realizado por: (Bardahl,2015)

- **Manera de preparación de la mezcla de lubricación**

Para preparar la mezcla aceite-combustible, tanto los fabricantes de aceites como de motores, presentan una expresión o proporción que indicará la cantidad de combustible vs la cantidad de aceite a añadir a la mezcla, ejemplo de estas proporciones son: 20:1, 40:1, 50:1, etc. Donde la primera cantidad corresponde a la proporción de combustible, y la proporción 1 siempre corresponderá a la cantidad de aceite.

De esta manera al tener una proporción definida, aplicando una regla de tres simple directa y proponiendo una cantidad inicial cualquiera de combustible se puede obtener la cantidad exacta de la proporción 1 de aceite a añadir al combustible y de esta manera tener la mezcla total correcta. En la tabla 1-1 se observa un ejemplo de cantidades en este caso la cantidad inicial o a preparar es un galón de combustible.

Tabla 1-1: Preparación de mezcla para un motor 2T para un galón de combustible

Proporciones			1 galón (4 lt o 4000 ml)	
Proporciones	Combustible	Aceite	Cantidad combustible (ml)	Cantidad aceite(ml)
20:a 1	20	1	4000	200
25: a 1	25	1	4000	160
30: a 1	30	1	4000	133.33
40 a :1	40	1	4000	100
45: a 1	45	1	4000	88.89
50: a 1	50	1	4000	80
60: a 1	60	1	4000	66.67

Realizado por: Autor

1.2.2.7 Sistema de alimentación por carburador en un motor 2T

Funcionamiento

El sistema de alimentación de un motor 2T, estará comandado por el carburador que al igual que cualquier carburador común su función teórica es mezclar de manera óptima la proporción 14,7 partes de aire por cada parte de combustible. En la figura 12-1, se muestra un carburador con sus reglajes principales necesarios para un óptimo funcionamiento. Debido al vacío generado en el interior del motor, este succiona el aire que pasa por el carburador, en su difusor se genera una caída de presión y provoca la salida del combustible por los difusores, provocando el conocido efecto “Venturi” en los carburadores. Dependerá del estado y desgaste del motor para que la función teórica y optima se cumpla. (Eps, 2020).

Carburación

Se inicia a bajo régimen de revoluciones, es aquí donde hay variación en la temperatura ambiente y en el desgaste del motor. Para una buena carburación el tornillo de regulación de aire debe encontrarse completamente cerrado, y debe irse regulando de acuerdo al manual e indicación de cada fabricante, sin embargo, lo normal es la apertura de dos vueltas completas desde la posición cerrada. Después de este reglaje, con el motor encendido se puede regular el ralentí con su respectivo tornillo, otro reglaje es la regulación conocido como starter manual para encendido en los primeros arranques en frío, ilustrados en la figura 12-1. Si se tiene problemas en altos regímenes se deberá sustituir las medidas de los surtidores ubicados en el interior del carburador. (Eps, 2020).

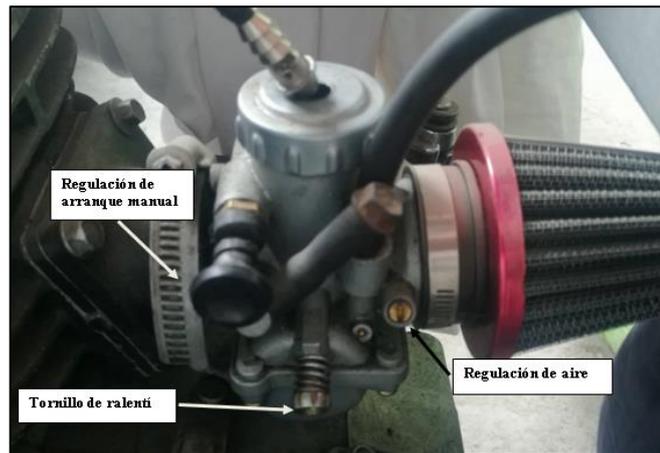


Figura 12-1: Carburador y reglajes de un motor dos tiempos

Realizado por: Autor

1.2.2.8 Ventajas y Desventajas en motores dos tiempos

Ventajas

- Un motor dos tiempos se constituye y evita elementos complejos si se compara con uno de cuatro tiempos, ejemplo el no disponer de un sistema de distribución. (Carreras y de Callejón, 2015: p.294).
- Los cuatro procesos de trabajo de un MCI, se llevan a cabo en una sola vuelta del cigüeñal. (Climent, 2004: p.1).
- En su mayoría estos motores no cuentan con el uso de válvulas.
- “Motor más compacto y ligero” (Sánchez, 2015: p.34).
- Existe un ahorro económico para el mantenimiento o avería en esos motores por su constitución ligera.
- El cárter no se cumple la función de alojar aceite en estos motores.

Desventajas

- En teoría, un motor de 2T debe generar el doble de potencia que un 4T, cuando estén a las mismas rpm, en la práctica no sucede, por factores externos que llevan a una renovación de la carga ineficaz. (Climent, 2004: p.1).

- Conciencia en cuanto al uso de motores de 2T en motocicletas por la contaminación generada y la conservación del medio ambiente que ocasiona el remplazo por motores de cuatro tiempos. (Climent, 2004: p.2).
- Restos de Combustibles, HC, y lubricantes expulsados a la atmosfera. (Secundino, 2011: p.278).
- Se deben cumplir normas como las europeas en cuanto a los HC, previo a la desaparición de los motores dos tiempos. (Secundino, 2011: p.278).
- Al disponer de cierto control en su funcionamiento se consume combustible
- Debido a su trabajo genera, mayor desgaste en sus partes móviles
- Si no se cuenta con una circulación de aire en las aletas de refrigeración de estos motores se puede generar un incremento de temperatura.

1.3 Lubricantes

1.3.1 Concepto

Según (Secundino,2011: p.292), “Un lubricante es cualquier compuesto sólido, líquido o gaseoso que se interpone entre dos superficies en movimiento relativo, con el fin de evitar su contacto y reducir la fricción.”

1.3.2 Objetivos un lubricante

- “Reducir el desgaste” (Ordoñez,2014, p.7)
- “Ayudar a rebajar la temperatura de las piezas lubricadas” (Secundino,2011, p.292)
- “Evitar el contacto entre las piezas a lubricar, reduciendo al máximo su rozamiento y alargando la vida de las piezas. (Secundino,2011, p.292)
- “Reducir el calentamiento de piezas en movimiento” (Ordoñez,2014, p.7)
- “Amortiguar ruidos del motor” (Secundino,2011, p.292)

1.3.3 Tipos de lubricantes

- **Vegetales:** Se extraen de plantas cuyas semillas o frutos contengan aceite. Se emplean para competición o en motores dos tiempos por su elevada viscosidad y untuosidad. (Secundino,2011, p.292).

- **Minerales:** Proponen ser los más utilizados en la industria automotriz, por refinado se obtienen de la destilación del petróleo. (Ordoñez,2014, p.8)
- **Sintéticos:** Su obtención se lleva a cabo por reacciones químicas más complejas, proviene de los esteres y de los hidrocarburos obtenidos por síntesis, entre sus características: un alto índice de viscosidad, mayor fluidez, resistencia a altas temperaturas y a la oxidación. (Ordoñez,2014, p.9).
- **Semisintéticos:** Están compuestos por una proporción de aceite mineral y aceite sintético generalmente (70 a 30 %), con estos aceites se reduce el consumo de combustible y de aceite en el motor. (Secundino,2011, p.292)

1.3.4 Propiedades de los lubricantes

En la siguiente tabla se observan las principales características que deben cumplir los lubricantes:

Tabla 2-1: Principales propiedades de los lubricantes

Viscosidad	Es la resistencia de las moléculas de un fluido a ser desplazadas. Cuanto más viscoso es un líquido o un gas mayor dificultad presenta a la hora de fluir.
Índice de Viscosidad	Mide el comportamiento de la viscosidad en función de la temperatura, generalmente se usa un aceite multigrado , para arranque en bajas temperaturas y funcionamiento en altas
Untuosidad	Es la propiedad que tienen los aceites de adherir- se fuertemente a las piezas que lubrican.
Punto de inflamación	Es la temperatura a la que un aceite des- prende vapores inflamables al entrar en contacto con una llama.
Punto de congelación	Es la temperatura más baja a la que una muestra de aceite es capaz de fluir al enfriarse progresivamente.
Detergencia	Es la capacidad de un aceite para prevenir la formación de barnices y carbonilla durante el funcionamiento del motor.
Capacidad antiespumante	Es su capacidad para evitar la formación de espumas.
Dispersión	Es la capacidad que tiene un aceite de movilizar las partículas que se han limpiado gracias a su detergencia, evitando que se acumulen y lleguen a taponar el circuito de engrase.

Fuente: SECUNDINO,2011

Realizado por: Autor

1.3.5 Especificaciones de los lubricantes

Para que los aceites puedan desempeñarse y cumplir con todas las propiedades, necesitan mezclas con ciertos aditivos, estos deben estar normados o graduados principalmente por:

- **La Norma SAE (Society of Automotive Engineer)**

Específicamente por la Norma SAE J300 interviene directamente en el grado de viscosidad SAE de acuerdo a la temperatura a la que el aceite se someterá debido al funcionamiento del motor. De esta manera pueden ser mono grados cuando es un solo grado SAE o multigrados, por ejemplo: SAE 15W40, el grado SAE 15 para arranque a temperaturas bajas en frío y una viscosidad de un SAE 40 para funcionamiento a elevadas temperaturas como a 100 grados centígrados. El grado SAE dependerá del motor, y de las condiciones de funcionamiento como el clima. En el gráfico 1-1 se muestra un ejemplo de grado de viscosidad SAE de un lubricante. (Secundino,2011, p.295).

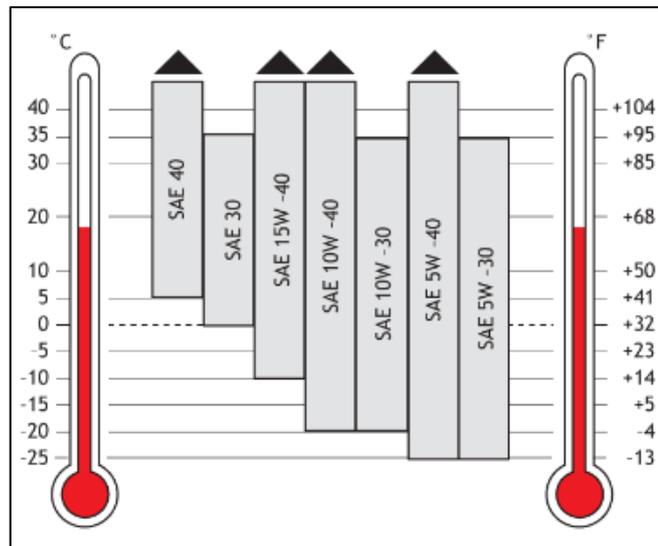


Gráfico 1-1: Ejemplo de recomendación de grado SAE de viscosidad

Realizado por: (Secundino,2011)

- **La Norma API (American Petroleum Institute)**

Desde 1974, mediante ensayos certifica con siglas y símbolos la calidad y el destino de uso del aceite, estos se encuentran en los aceites como sellos de certificación. En la figura 13-1 se muestra la marca de certificación Starburst que cumple con la protección a los motores de

gasolina y los requisitos de la ILSAC, mientras que la figura 14-1 muestra el símbolo de servicio donut que indica grado de viscosidad del aceite y especificaciones de calidad. (Secundino,2011, p.300).



Figura 13-1: Certificación API-Starburst

Realizado por: Secundino,2011



Figura 14-1: Símbolo API-donut

Realizado por: Secundino,2011

Cabe mencionar que cada estándar de calidad es de acuerdo a la categoría en el que el motor se encuentra, existe la clasificación API para motores a diésel, gasolina y otras variantes como aceites para transmisiones. (Estos con clasificación desde API GL-1). (Ordoñez,2012, p.25). Los estándares de clasificación se renuevan cada año. En la figura 15-1 se muestra un ejemplo de clasificación para motores a gasolina. correspondiente al año 2020.

Categoría	Estado	Servicio
SP	Actual	Incorporado en mayo de 2020. Diseñado para proporcionar protección contra preencendido de baja velocidad (LSP), protección contra desgaste de la cadena de tiempo, protección mejorada del depósito de alta temperatura para pistones y turbocompresores, y control más estricto del lodo de aceite y del barniz. API SP con conservación de recursos coincide con el GF-6A del ILSAC al combinar el desempeño del SP del API con la economía de combustible mejorada, la protección del sistema de control de emisiones y la protección de motores que operan con combustibles que contienen etanol hasta E85.
SN	Actual	Para motores de automóviles modelo 2020 y anteriores
SM	Actual	Para motores de automóviles modelo 2010 y anteriores
SL	Actual	Para motores de automóviles modelo 2004 y anteriores
SJ	Actual	Para motores de automóviles modelo 2001 y anteriores
SH	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado usarlo en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con gasolina fabricados después de 1996. Es posible que no brinde la protección adecuada contra acumulación de lodo de aceite, oxidación o desgaste.
SG	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado usarlo en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con gasolina construidos después de 1993. Es posible que no brinde la protección adecuada contra acumulación de lodo de aceite, oxidación o desgaste.
SF	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado usarlo en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con gasolina fabricados después de 1988. Es posible que no brinde la protección adecuada contra acumulación de lodo de aceite.
SE	Obsoleto	PRECAUCIÓN: no es adecuado usarlo en la mayoría de los motores de automóviles impulsados con gasolina fabricados después de 1979.

Figura 15-1: Estándares de aceites API para motores a gasolina

Realizado por: Guía API, 2020

- **La Norma ILSAC (Comité Internacional de Aprobación y Normalización de los Lubricantes)**

Es un organismo internacional, que realiza ensayos a los aceites, es una norma muy parecida a la API e incluso muchas veces se ayudan mutuamente o una se basa en la otra, está compuesta por la asociación de fabricantes americanos (AAMA) y japoneses (JAMMA). ILSAC usa las siglas GF-1, GF-2, etc., para sus especificaciones. (Secundino, 2011, p.297).

- **La Norma ACEA (Asociación de Constructores Europeos de Automóviles)**

Es la propia clasificación en cuanto a exigencias para aceites desarrollada por los fabricantes europeos de automóviles, añadiendo exigencias mayores a la especificación API, para las especificaciones utilizan las letras A (motores a gasolina), B (motores diésel turismo), C (Motores diésel camiones) seguida por números. (Ordoñez, 2012, p.28).

1.3.6 Lubricantes para motores de dos tiempos

En los motores dos tiempos estos lubricantes al funcionar por mezcla deben ser solubles con la gasolina, no formar depósitos y necesitan tener una gran eficiencia en los puntos de lubricación. En tabla 3-1 se observa la clasificación según API de estos lubricantes.

Tabla 3-1: Clasificación API para motores dos tiempos a gasolina

<i>Nivel</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Características del motor</i>
TA	Ciclomotores, pequeños generadores, motores pequeños refrigerados por aire.	Motores propensos al autoencendido por acumulación de carbonilla
TB	Ciclomotores, motocicletas, maquinaria de jardinería, motosierras con una proporción de mezcla superior al 3%.	Motores propensos al desgaste por fricción, perlado de las bujías, pérdida de potencia por formación de carbonilla y al engomado de los segmentos.
TC	Motocicletas ,motonieves ,motores refrigerados por agua sin catalizador de tres vías, motosierras con una proporción de mezcla inferior al 3%.	Motores propensos a la formación de carbonilla, perlado de las bujías y engomado de los segmentos. Para condiciones muy severas y competición.
TD	Motores fueraborda refrigerados por agua.	Motores propensos al autoencendido por acumulación de carbonilla, al autoencendido y al engomado de los segmentos. El aceite debe ser biodegradable.

Fuente: GONZÁLEZ,2015, p.218

Realizado por: Autor

1.4 Combustibles

Son una composición que al oxidarse liberan energía gradualmente, es decir que al reaccionar con el oxígeno arden. Esta liberación puede ser térmica o su utilización como energía mecánica por lo general en motores de combustión, en estos no toda la cantidad de energía producida por el combustible se aprovecha más bien se pierde en su mayoría en calor. (Masson,2012).

Los combustibles se clasifican según el gráfico 2-1:

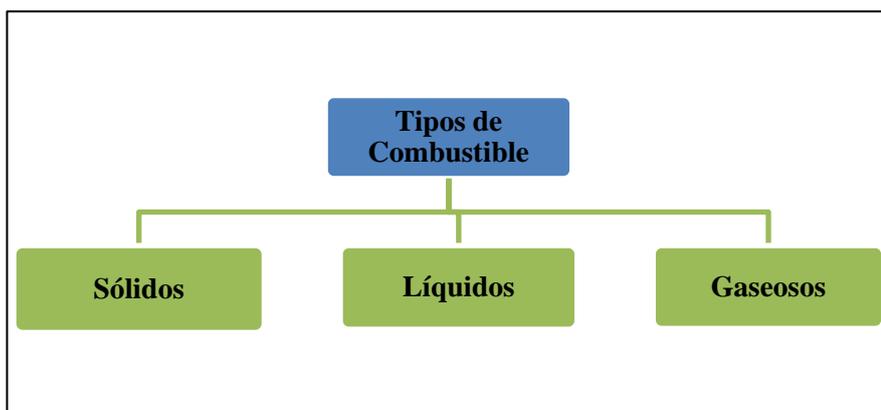


Gráfico 2-1: Clasificación de los combustibles

Realizado por: Carreras,2015

1.4.1 La Gasolina

Debido a la gran demanda de este producto, esta proviene de diversos procesos de refinación y mezcla de hidrocarburos, este combustible nace de la destilación del petróleo crudo, llegando a ser volátil e inflamable. (Carreras,2015, p.313).

Las propiedades obtenidas de la gasolina en un inicio no son adecuadas, con diversos tratamientos se elimina el azufre, sustancias que forman polimerización y se trata de evitar que la gasolina se auto-detone, sin embargo, en las condiciones iniciales de funcionamiento de un motor debe ser volátil pero no en exceso como para ser dañina con los vapores generados. (Sánchez,2011, p.135).

- **Características de la Gasolina**

En el gráfico a continuación se presentan las principales características que debe cumplir la gasolina:

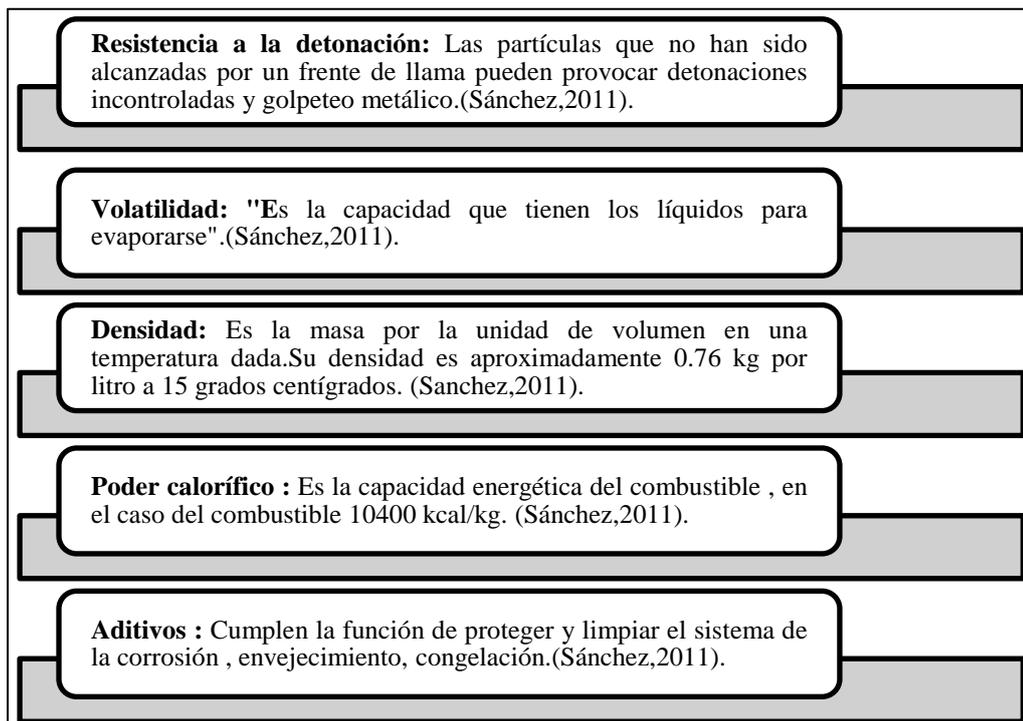


Gráfico 3-1: Principales características de la gasolina

Realizado por: Sánchez,2011

- **Octanaje de la gasolina**

La gasolina proviene de una mezcla líquida de hidrocarburos, del ISOCTANO (C_8H_{18}), y del *n*-HEPTANO (C_7H_{16}), que son las cadenas principales, esta mezcla tiene mucho que ver en sus porcentajes ya que los vapores desprendidos con gran volatilidad pueden dañar las paredes de los cilindros de cualquier motor, generando un golpeteo juntamente con el pistón. De allí nace la importancia del octanaje que se define como la capacidad antidetonante del combustible, es decir que el combustible no se auto detone antes de que la mezcla sea comprimida en la carrera ascendente del pistón, el octanaje también indicará la calidad y pureza de la gasolina. (Sánchez,2011, p.186).

Lo que respalda y evita la auto detonación es el número de octanos (NO), este se obtiene de la misma mezcla del **isooctano** el cual indica el aprovechamiento y rendimiento de la gasolina en la combustión, a su vez el **n-heptano** indica el poder de detonación. El número de octanos comercial con el que viene la gasolina se toma de la cantidad de isooctano en una mezcla al 100%, por ejemplo, si existe una gasolina 87 octanos indica que en la mezcla existe 87% de isooctano y 13% de n-heptano. La eficiencia del combustible consiste en tener mayor cantidad de isooctano o un elevado octanaje para que exista un mayor rendimiento en la combustión, en cambio para evitar una explosión incontrolada o auto detonación de la gasolina se lo consigue reduciendo el n-heptano. (Sánchez,2011, p.186).

Los métodos internacionales para determinar y validar el octanaje son:

- **Método MON** (Motor Octane Number), número de octano motor, se determina ensayando la gasolina con el motor a alta velocidad, con la mariposa de aceleración en estado de WOT, completamente abierta. (Crouse,2004, p.91).
- **Método RON** (Research Octane Number), número de octano investigado, es determinante para la detonación en aceleración se determina ensayando la gasolina en laboratorios con el motor a baja velocidad, con la mariposa de aceleración completamente abierta. Se considera que este método está 10 puntos por encima del método MON, sin embargo, es el número de octanos comercial que se presenta al público. (Crouse,2004, p.91).

1.4.2 Las gasolinas en el Ecuador

En la actualidad en el Ecuador, se van variando continuamente los precios en los combustibles, sin embargo, en el octanaje, se mantiene para la gasolina extra 87 octanos y para la gasolina súper 92 octanos, dependerá de la elaboración del combustible, de la ética y del trato que cada surtidor da al producto para mantener los combustibles en buena calidad y fuera de suciedades.

En las tablas 4-1 y 5-1 se muestran los requisitos que deben cumplir las gasolinas extra y súper respectivamente según la Norma NTE INEN 935 en el Ecuador. (NTE INEN 935,2016).

Tabla 4-1: Requisitos principales de la gasolina extra 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de Octano(RON)	...	87	...	NTE INEN 2102
Destilación: 10%	°C	...	70	ASTM D86
50%	°C	77	121	ASTM D86
90%	°C	...	189	ASTM D86
Punto final	°C	...	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% fracción de volumen	...	2	ASTM D86
Relación Vapor-líquido a 60 °C	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	...	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Contenido de Azufre	% fracción de masa	...	0.065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% fracción de volumen	...	30	ASTM 1319
Contenido de benceno	% fracción de volumen	...	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de oxígeno	% fracción de masa	...	2.7	ASTM D4815 ASTM D5845
Estabilidad a la oxidación	min	240	...	ASTM D525 ASTM D7525

Fuente: (NTE INEN 935,2016).

Realizado por: Autor

Tabla 5-1: Requisitos principales de la gasolina súper 92 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de Octano(RON)	...	92	...	NTE INEN 2102
Destilación: 10%	°C	...	70	ASTM D86
50%	°C	77	121	ASTM D86
90%	°C	...	190	ASTM D86
Punto final	°C	...	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% fracción de volumen	...	2	ASTM D86
Relación Vapor-líquido a 60 °C	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	...	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Contenido de Azufre	% fracción de masa	...	0.065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% fracción de volumen	...	35	ASTM 1319
Contenido de benceno	% fracción de volumen	...	2	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de oxígeno	% fracción de masa	...	2.7	ASTM D4815 ASTM D5845
Estabilidad a la oxidación	min	240	...	ASTM D525 ASTM D7525

Fuente: (NTE INEN 935,2016).

Realizado por: Autor

1.4.3 El Diésel

Es una mezcla de hidrocarburos, también denominado gasóleo, se obtiene por destilación fraccionada del petróleo, es común su uso en motores encendidos por compresión de carga pesado, su inflamación se lleva a cabo por inflamación bajo fuerte presión, posee un poder calorífico de 10500 kcal/kg. (Sánchez,2011, p.190).

➤ Cetanaje del diésel

Esta dado por el número de cetanos, indica la calidad del encendido en el tiempo que se tarda en producirse la combustión. El número de cetano (NC) utilizado en el diésel es por lo general 50,

mientras más alto sea este número el intervalo de encendido se producirá gradualmente y con una óptima combustión. (Sánchez,2011, p.190).

1.4.4 Otros combustibles

Según (Masson,2012) se presentan otros tipos de combustibles que se pueden obtener:

- Combustibles fósiles
- Carbón y sus derivados
- Gas Natural
- GLP
- Biocarburantes
- Biodiesel
- Alcoholes
- Aceites
- Benceno
- Mezclas con etanol

1.5 Emisiones Contaminantes

Desde los años cincuenta nace la situación latente de la contaminación y unas décadas después llega a ser preocupante con los vehículos como protagonistas, particularmente en los gases generados por los motores de combustión. Estados Unidos con su estado de California han sido los pioneros en establecer control y normas de emisiones cada año más severas y exigentes, después más continentes con Europa se han unido a la causa y van optando sus propias medidas. Las emisiones contaminantes en un motor de combustión provienen de: evaporaciones del combustible, emisiones del cárter y gases de la combustión. De estos factores nacen gases tóxicos y no tóxicos que deben ser analizados. En el gráfico 4-1 se muestran el porcentaje de gases presentes en motor a gasolina. (Carreras,2015, p.337).

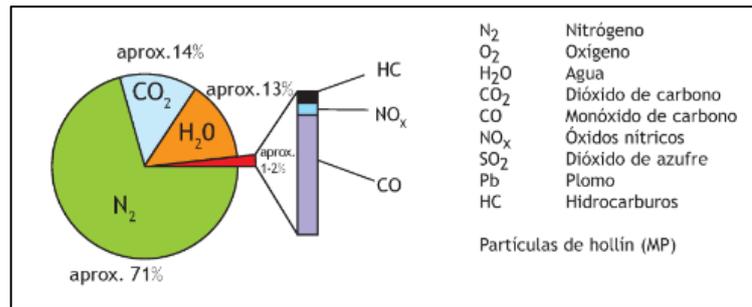


Gráfico 4-1: Composición de gases de escape en un motor de gasolina

Realizado por: Carreras,2015

1.5.1 Gases tóxicos

- **Monóxido de Carbono (NO):** Es un gas inodoro, incoloro y explosivo. Es mortal ya que impide la oxigenación a la sangre a través de los glóbulos rojos. (Sánchez,2011. p.194).
- **Óxidos de Nitrógeno (NOx):** Se forman cuando reaccionan el oxígeno con el nitrógeno en una combustión perfecta a alta temperatura en el motor. Son tóxicos principalmente el NO_2 producen problemas respiratorios y dolores de cabeza. (Carreras,2015. p.340).
- **Hidrocarburos (HC):** Son directamente los hidrocarburos expulsados sean líquidos, sólidos o gaseosos productos de una mala e incompleta combustión. (Muñoz,2015. p.116).
- **Dióxido de Azufre (SO_2):** Es un gas de olor penetrante que nace del azufre presente en el combustible, está presente en bajo porcentaje en los gases de escape sin embargo puede causar problemas en las vías respiratorias. (Sánchez,2011. p.194).
- **Partículas de hollín:** Presenten por un mal funcionamiento del motor y muy común en los motores diésel, que causan problemas en las vías respiratorias. (Sánchez,2011. p.194).
- **Plomo:** Se utilizaba como un buen aditivo para evitar la auto detonación del combustible. Sin embargo, es perjudicial para la salud y puede causar problemas de desarrollo intelectual. En la actualidad se usan gasolinas sin plomo. (Sánchez,2011. p.195).

1.5.2 Gases no tóxicos

- **Nitrógeno (NO_2):** Es el 78% del aire y está presente en la admisión del motor en el proceso de la combustión. (Sánchez,2011. p.195).
- **Oxígeno (O_2):** Es el 21% del aire y es esencial para que la combustión se lleve a cabo. (Sánchez,2011. p.195).
- **Agua (H_2O):** Se enfría y se condensa oxidando algunos gases a lo largo del escape. (Sánchez,2011. p.195).
- **Dióxido de Carbono (CO_2):** En un inicio no es tóxico cuando la naturaleza pueda cumplir su ciclo al transformarlo en oxígeno. (Sánchez,2011. p.195).

1.5.3 Normativas de anticontaminación

Las normas medioambientales continuamente se van actualizando y exigen vehículos con menos emisiones cada vez. Entre los entes más importantes están **la legislación de Estado de California**, quien exige reducir en gran medida las emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), entre sus decisiones más severas esta prohibir la venta de vehículos a diésel y gasolina desde 2035. (Sánchez,2011. p.196).

A su vez la **Unión Europea** también cumple la misión de reducir emisiones contaminantes utilizando el sistema OBD y específicamente en vehículos europeos EOBD (diagnóstico a bordo), el cual es universal y se utilizan en todos los vehículos modernos, el objetivo de este sistema es monitorear el funcionamiento del motor del vehículo, controlar y evitar que se eleven las emisiones contenientes. (Sánchez,2011. p.196).

Existen normativas en los cuales los entes reguladores se basan para controlar los valores permitidos de emisiones contaminantes como las **normas EURO**, sin embargo, cada país se basa en normas internacionales o implementa sus valores máximos permitidos ya sea para automotores gasolina o diésel. (Sánchez,2011. p.196).

En las siguientes tablas se presentan ejemplos de los valores máximos permitidos de emisiones para vehículos a gasolina, diésel y motocicletas en el Ecuador.

Tabla 6-1: Límites máximos de emisiones permitidos vehículos a gasolina (prueba estática)

Año modelo	% CO (volumen)		ppm HC (volumen)	
	0-1500(Altitud)	1500-3000(Altitud)	0-1500(Altitud)	1500-3000(Altitud)
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1999 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente: (NTE INEN 2204,2017).

Realizado por: Autor

Tabla 7-1: Límites máximos de opacidad permitidos vehículos a diésel

Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Fuente: (NTE INEN 2-207,2002).

Realizado por: Autor

La opacidad es el concepto contrario a luz, que debido a partículas que en el análisis de vehículos salen por el escape impiden la visibilidad.

Tabla 8-1: Límites máximos de emisiones permitidas para motocicletas y tricótomos.

Tipo de motor	CO(%V)	HC (ppm)
Todas **	3,5	2000

Fuente: (NTE INEN 136-1R,2017).

Realizado por: Autor

1.5.4 Análisis de emisiones de escape en motocicletas por coloración en el humo

La interpretación del color de humo de escape puede indicar el comportamiento del motor, la manera y los agentes que se involucran en el proceso de combustión, a continuación, se presentan algunos casos:

- **Ligero de color blanco:** En motocicletas su presencia es normal debido a la condensación del aire caliente, no se trata necesariamente de agua en el proceso de combustión. (Pesis,2015. p.139).

- **Denso de color blanco:** En motocicletas con sistemas de refrigeración por líquido, se debe por la presencia de líquido refrigerante o agua en el cilindro debido a problemas en la junta o en el bloque. (Pesis,2015. p.139).
- **Denso blanco-azulado:** Se debe a una ligera presencia de aceite en el proceso de combustión, generalmente por falta de estanqueidad en guías de válvulas o en los segmentos del pistón, o procesos normales de funcionamiento en motores dos tiempos. (Pesis,2015. p.139).
- **Azulado:** En motocicletas de dos tiempos, es muy normal esta coloración, la intensidad de humo azul se verá reflejada por la cantidad de aceite quemado en el proceso de combustión.
- **Denso de color oscuro:** Se debe al exceso de combustible en el proceso de combustión, es decir una mezcla excesivamente rica, se puede presentar por un problema en el sistema de alimentación. (Pesis,2015. p.139).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Introducción

El presente capítulo tiene como finalidad presentar las diferentes mezclas que han sido puestas a pruebas para el funcionamiento del motor dos tiempos. Las pruebas experimentales que se han llevado a cabo en este trabajo son producto netamente de una investigación de campo tanto para el consumo como para el análisis del comportamiento de las emisiones de escape. En primer lugar, se ilustran los materiales y métodos que se necesitan para llevar a cabo la investigación, a su vez los cálculos de las proporciones para las distintas mezclas aceite-combustible necesarias para el comportamiento del motor, también se detalla los procedimientos de las pruebas realizadas y la obtención de datos. Cabe mencionar que, para el análisis de las emisiones contaminantes, se hace uso del método de aceleración libre y los conceptos de coloración de humo descritos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2202 para Opacidad. Finalmente, los datos que se obtienen en este capítulo permitirán conocer si existe una diferencia significativa en los resultados de consumo y en el comportamiento de los gases de escape.

2.2 Tipo de Investigación

Este trabajo presenta los siguientes tipos de investigación:

- **De campo:** Es un método donde se recolectan y se registran ordenadamente datos nuevos productos del objeto de estudio, ayudamos muchas veces por la técnica de la observación. (Baena,2014. p.12).
En este caso en la investigación dichos datos serán el consumo de combustible, la coloración y opacidad de los gases de escape.
- **Experimental:** Aquí es donde se manipulará una variable experimental que estará controlada con el objetivo de que se produzca un efecto en el experimento es decir otra variable. (Baena,2014. p.14).

La variable que será objeto de manipulación en el trabajo es la mezcla aceite-combustible para causar un efecto en el consumo y en los gases de escape.

2.3 Alcances y Limitaciones de la investigación

2.3.1 Alcances

Los alcances que tendrá la investigación, estos son directamente determinados por las siguientes técnicas:

- **Explorativa**

Como se observa en el gráfico 5-2, esta técnica se encuentra en el peldaño más bajo cuando se inicia una investigación, esta se enfoca en estudios nuevos y que carecen de estudio, que con una base ayudaran en el desarrollo de nuevas investigaciones y más profundas. (Investigadores,2020).



Gráfico 5-2: Alcances de una investigación

Realizado por: Autor

Esta investigación tendrá un alcance exploratorio ya que el estudio con diferentes mezclas aplicando aceites y gasolinas del medio ecuatoriano es nuevo y carece de estudio. Esto permitirá cimentar bases para tener investigaciones que avancen los peldaños siguientes.

- **Observación:** Es una técnica básica y de gran ayuda en un trabajo experimental, como lo define el propio Báez:

La observación es una técnica que se utiliza constantemente para recabar datos e información para construir conocimientos por medio de los sentidos. Continuamente observamos y describimos objetos o hechos, pero rara vez lo hacemos en forma metódica y premeditada. La observación es un proceso fundamental en la investigación; en ella se apoyan los investigadores para obtener los datos y captar los aspectos más significativos de cara a el problema a investigar. Como afirma Ander-Egg (1993) la observación es el procedimiento empírico por excelencia. (Báez,2018. p.97).

En este trabajo la técnica de la observación dentro la investigación de campo antes descrita es fundamental ya que por medio de esta y con el uso de los equipos, materiales y métodos adecuados es como los datos e información llegan a ser recolectados.

2.3.2 Limitaciones

El presente trabajo al ser experimental y con estudio de campo exploratorio con la técnica de la observación, se han considerado estos mismos aspectos tanto para el consumo como para el análisis emisiones contaminantes, es decir que mediante una correcta visualización y con la ayuda de los equipos, materiales y métodos de esta investigación se buscan comportamientos diferentes en el consumo y gases del motor, llegando a una recolección de datos que son analizados de la manera correcta.

La unidad de medida del consumo de combustible es presentada en volumen, en cuanto a las emisiones de escape son presentadas en coloración e intensidad de opacidad.

2.4 Variables de la Investigación

- **Variable independiente:** Proporción de mezcla aceite-combustible
- **Variable dependiente:** Eficiencia de consumo de combustible y comportamiento de los gases de escape.

2.5 Materiales y Métodos

2.5.1 Materiales

En la siguiente tabla se presentan los materiales o equipos que han utilizado para el desarrollo del trabajo experimental con su respectiva explicación:

Tabla 9-2: Materiales y equipos en la realización del trabajo experimental

MATERIALES/EQUIPOS	REPRESENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
Banco de pruebas de un motor 2T		Es un motor dos tiempos Yamaha 175cc, el cual es la base de la investigación y es utilizado para las diferentes pruebas de ensayo, el mismo permitirá visualizar los resultados ayudado de los otros materiales.
Ventilador		Es necesario para crear un flujo de aire en las aletas del motor dos tiempos ya que este es enfriado por aire, esto en caso de que en las pruebas estáticas el motor sufra algún recalentamiento. El flujo de este ventilador dado por fabricante es $0.55 \text{ m}^3/\text{s}$.

<p>Jarra Graduada</p>		<p>Certificada y normada por VITLAB , es una jarra de 1000 ml , indispensable para las mediciones de las mezclas experimentales.</p>
<p>Jeringa 50 ml</p>		<p>Se utiliza para medir la proporción calculada de aceite y de la misma manera su aplicación directa al combustible.</p>
<p>Nivel</p>		<p>Se utiliza como ayuda complementaria ya que con un nivel correcto en las superficies de apoyo tanto de la jarra graduada como del tanque de combustible la medición se producirá con menos error.</p>

Cronómetro		Este se emplea para tomar el tiempo exacto para las pruebas de consumo de combustible en el experimento.
Combustibles (Aceites y Gasolinas)		Los aceites utilizados son para pre-mezcla en motores dos tiempos con diferentes proporciones entre ellas 40,50,25 a 1 y los combustibles son las gasolinas extra de coloración verdosa y súper amarillenta.

Realizado por: Autor

2.5.2 Métodos

Para llevar a cabo la investigación se han tomado en cuenta los siguientes métodos:

Para el análisis de consumo: Se utilizará el método de campo para recolectar la información de datos de consumo de combustible previo a su análisis.

Para el análisis de gases: De igual manera se utilizará el método de campo apoyado de la norma INEN 2202 donde se aplicará también el método de la aceleración libre y las definiciones de coloración, opacidad de humo descritos en esta norma.

2.6 Elaboración del banco de pruebas motor estático dos tiempos

El banco de pruebas que es la base para la investigación experimental fue elaborado de la siguiente manera:

- Se localizó y adquirió un motor dos tiempos cuyas características se presentan en el ANEXO A, dicho motor fue revisado y reparado para desarrollar las pruebas en óptimo funcionamiento.



Figura 16-2: Inspección inicial motor dos tiempos

Realizado por: Autor

- Se elaboró un armazón cubico de lado 40 centímetros, de esta manera para proteger y acoplar en el motor en la parte central.



Figura 17-2: Armazón del motor dos tiempos

Realizado por: Autor

- Se ubicó un carburador original y un filtro de aire al motor dos tiempos, el responsable del funcionamiento.



Figura 18-2: Carburador y filtro del motor dos tiempos

Realizado por: Autor

- Se acopló el sistema de escape con un silenciador.



Figura 19-2: Acople de sistema de escape

Realizado por: Autor

- Se colocó un tanque de combustible, para el ingreso de las mezclas.



Figura 20-2: Tanque de combustible

Realizado por: Autor

- Se instalaron los demás sistemas auxiliares como bobina, cable de bujía, bujía, corte de encendido, acelerador y encendido por pedal.



Figura 21-2: Acople sistemas eléctricos

Realizado por: Autor

- Finalmente se dieron detalles de apariencia para disponer del motor listo para el desarrollo del trabajo experimental.



Figura 22-2: Banco de pruebas elaborado

Realizado por: Autor

2.7 Preparación de las mezclas combustible-aceite

Se han utilizado tres marcas de aceites diferentes codificadas como aceite A, B y C. De acuerdo a las características de cada lubricante y sus recomendaciones (ANEXOS) para la preparación de las mezclas, en la tabla 10-2 se han establecido las siguientes proporciones de mezclas:

Tabla 10-2: Proporciones definidas para las mezclas combustible-aceite

CODIFICACION DE ACEITE	PROPORCIÓN	PROPORCIÓN DE COMBUSTIBLE	PROPORCIÓN DE ACEITE	COMBUSTIBLES
A	40 :1	40	1	EXTRA Y SUPER
B	50 :1	50	1	EXTRA Y SUPER
C	25 :1	25	1	EXTRA Y SUPER

Realizado por: Autor

2.7.1 Cálculo de las proporciones de mezclas

Como se observa en la tabla 10-2 la parte izquierda de la proporción pertenece al combustible, a su vez la parte derecha de la proporción corresponde al aceite y es igual a 1. De esta manera al definir una cantidad de volumen de combustible se puede calcular la proporción de aceite correcta que formara la mezcla total combustible –aceite.

Para calcular correctamente las cantidades se ha definido la siguiente formula:

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{\text{cantidad de combustible que se desea preparar} * 1}{\text{proporción definida de combustible}}$$

En esta investigación se presentan los cálculos para **una cantidad de combustible de 2 litros** (2000 ml), cabe recalcar que la cantidad inicial de combustible es de acuerdo a la necesidad del operario, del motor y puede ser cualquiera. A continuación, se presentan los cálculos de las proporciones utilizadas en la investigación:

- **Cálculo de la proporción 40: 1 para la mezcla Combustible-Aceite A**

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{\text{cantidad de combustible que se desea preparar} * 1}{\text{proporción definida de combustible}}$$

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{2000 \text{ ml} * 1}{40}$$

$$\text{Cantidad de aceite A} = 50 \text{ ml}$$

- **Cálculo de la proporción 50: 1 para la mezcla Combustible-Aceite B**

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{\text{cantidad de combustible que se desea preparar} * 1}{\text{proporción definida de combustible}}$$

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{2000 \text{ ml} * 1}{50}$$

$$\text{Cantidad de aceite B} = 40 \text{ ml}$$

- **Cálculo de la proporción 25: 1 para la mezcla Combustible-Aceite C**

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{\text{cantidad de combustible que se desea preparar} * 1}{\text{proporción definida de combustible}}$$

$$\text{Cantidad de aceite} = \frac{2000 \text{ ml} * 1}{25}$$

$$\text{Cantidad de aceite C} = 80 \text{ ml}$$

Las cantidades obtenidas de aceite serán añadidas a la gasolina extra y súper obteniendo un total de 6 mezclas diferentes. En la siguiente tabla se resume los cálculos obtenidos:

Tabla 11-2: Resumen de proporciones obtenidas mediante cálculo

Tipo de Mezcla	Proporciones	Cantidad combustible (ml)	Cantidad aceite(ml)
1.Extra-Aceite A	40 : 1	2000	50
2.Extra-Aceite B	50 : 1	2000	40
3.Extra-Aceite C	25 : 1	2000	80
4.Super-Aceite A	40 : 1	2000	50
5.Super-Aceite B	50 : 1	2000	40
6.Super-Aceite C	25 : 1	2000	80

Realizado por: Autor

2.7.2 Proceso de formación de las mezclas

El siguiente proceso es general y se repite su procedimiento para los diferentes tipos de mezclas de la tabla 11-2:

- Una vez fijado una óptima superficie de nivel, con la ayuda de un embudo y la jarra graduada colocar en un envase 2 litros de combustible.



Figura 23-2: Colocación de combustible en el envase

Realizado por: Autor

- Ayudándose de los cálculos previos, tomar con una jeringa la cantidad correspondiente de aceite, si no se puede directamente ayudarse de otro envase.



Figura 24-2: Toma de la cantidad de aceite

Realizado por: Autor

- Introducir con la jeringa el aceite en el envase de combustible.



Figura 25-2: Colocación de aceite

Realizado por: Autor

- Agitar el envase para que se mezclen los componentes y notar la diferencia en la coloración después de realizar la mezcla.



Figura 26-2: Antes y después de la mezcla

Realizado por: Autor

- Los procesos se repiten para las diferentes mezclas. Finalmente se obtienen 6 tipos diferentes de mezclas, con diferentes proporciones ,3 para gasolina extra y 3 para gasolina súper.



Figura 27-2: Mezclas preparadas para la prueba experimental

Realizado por: Autor

2.8 Protocolo para realización de las pruebas de consumo de las mezclas preparadas

El equipo fundamental para realizar las pruebas de consumo es el motor estático que cumple con las características (ANEXO A) de un motor dos tiempos, a continuación, se presenta el protocolo general que se debe llevar a cabo para la realización de los experimentos:

- El presente protocolo se realiza para cada una de las 6 diferentes mezclas realizadas.
- En cada prueba se toman 5 mediciones.

- El tiempo de funcionamiento del motor para cada prueba es de 20 minutos constantes.
- Para cada prueba se coloca en el tanque de combustible del motor $\frac{1}{2}$ litro (500 ml) de la mezcla.
- Después de los 20 minutos en el que el motor permanece encendido se medirá el volumen final de combustible en la jarra graduada, teniendo una cantidad inicial y una final. Así se determina la cantidad de mezcla consumida por el motor.



Figura 28-2: Cantidades inicial y final de la mezcla

Realizado por: Autor

- Antes de iniciar las pruebas de consumo, se realiza una inspección al motor en aspectos como: la bujía de encendido, reglajes del carburador, correcta ubicación del tanque del combustible, interruptor de corte de encendido, e inspección del encendido por pedal.



Figura 29-2: Reglajes previos del motor dos tiempos

Realizado por: Autor

- Se debe dar un encendido previo al motor, que puede ser con una mezcla previa de la primera prueba a realizarse, esto con el fin de calibrar el ralentí (entre 1600 y 1700 rpm), si no se logra contar con un tacómetro en estos motores, calibrar la aguja de aire 1 ½ vuelta ,2 vueltas la aguja de ralentí, estas desde la posición completamente cerradas, y se puede comparar con un tacómetro acústico, en la figura 30-2 se presenta un ejemplo de rpm. En este punto esperar aproximadamente 5 minutos para que el motor alcance una temperatura óptima de funcionamiento.



Figura 30-2: Calibración de ralentí

Realizado por: Autor

- Si existe una mezcla previa diferente a la que se va realizar en la prueba, vaciarla por el tornillo de la cuba del carburador y colocar la mezcla correspondiente a la prueba en el tanque de combustible.



Figura 31-2: Vaciado de combustible por la cuba del carburador

Realizado por: Autor

- Colocar los 500 ml de la mezcla graduados en la jarra, en el tanque de combustible.

Nota: El tanque de combustible de este motor cuenta con una marca referencial en los 500 ml, de esta forma se puede comprobar la cantidad de mezcla introducida.



Figura 32-2: Colocación de la mezcla en el tanque de combustible

Realizado por: Autor

- Encender el motor y comenzar la prueba cronometrada a 20 minutos.



Figura 33-2: Inicio de la prueba

Realizado por: Autor

- Durante la prueba, observar que el comportamiento del motor sea estable, caso contrario si sufre algún desperfecto, fuga de combustible o se apaga la prueba quedará invalidada.
- Aproximadamente a los 10 minutos de prueba corrida, encender el ventilador para que la corriente de aire circule por las aletas del motor.



Figura 34-2: Corriente de aire en aletas del motor

Realizado por: Autor

- Al finalizar los 20 minutos de prueba, apagar el motor, apagar el ventilador, retirar la manguera que conecta el tanque de combustible al carburador y vaciar la mezcla en la jarra graduada.

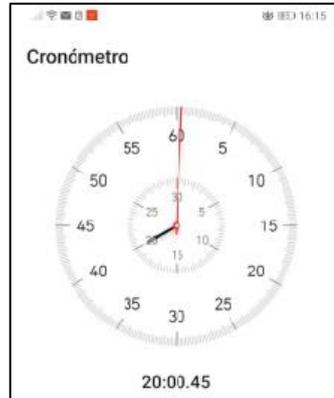


Figura 35-2: Fin de la prueba

Realizado por: Autor

- Visualizar y registrar la cantidad obtenida en cada muestra.

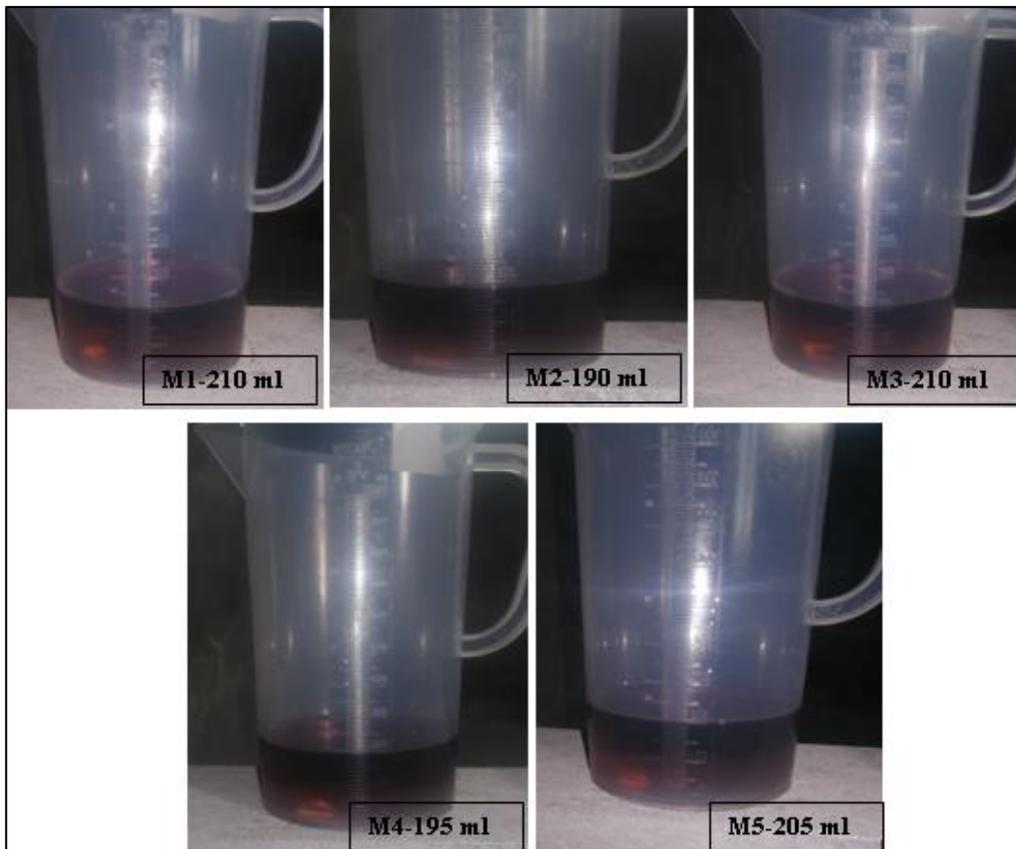


Figura 36-2: Toma de muestras de una prueba

Realizado por: Autor

- Se recomienda un intervalo de máximo 3 minutos para la repetición de la toma de las muestras restantes de cada una de las pruebas con el fin de conservar la temperatura de funcionamiento del motor.
- Finalmente, para iniciar una prueba con una mezcla diferente se debe repetir nuevamente todo el protocolo desde su inicio, con el objetivo de aplicar los mismos pasos para todas las 6 diferentes pruebas.

2.9 Procesamiento de datos de las pruebas de consumo

Una vez aplicado el protocolo para cada una de las pruebas con su respectiva mezcla combustible -aceite se han obtenido los siguientes resultados, acompañadas de una gráficas de control :

- **Prueba 1 Consumo de combustible con la mezcla Extra-Aceite A**

Tabla 12-2: Datos de consumo de la prueba 1

PRUEBA 1			
ACEITE:		A	
RELACIÓN DE MEZCLA:		40 :1	
COMBUSTIBLE:		EXTRA	
TIEMPO PARA CADA MUESTRA:		20 min	
Muestras	Volumen inicial de la mezcla (ml)	Volumen final de la mezcla(ml)	Volumen consumido (ml)
1	500	170	330
2	500	180	320
3	500	175	325
4	500	160	340
5	500	180	320
Media de la muestra			327

Realizado por: Autor

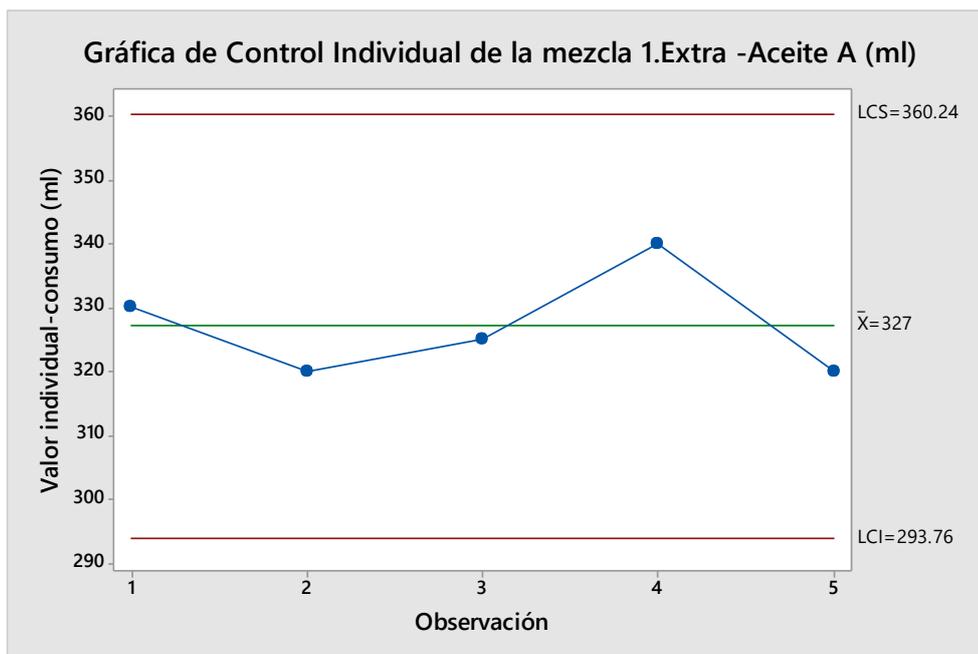


Gráfico 6-2: Gráfica de control de datos –mezcla 1

Realizado por: Autor

- Prueba 2 Consumo de combustible con la mezcla Extra-Aceite B

Tabla 13-2: Datos de consumo de la prueba 2

PRUEBA 2			
ACEITE:		B	
RELACIÓN DE MEZCLA:		50 :1	
COMBUSTIBLE:		EXTRA	
TIEMPO PARA CADA MUESTRA:		20 min	
Muestras	Volumen inicial de la mezcla (ml)	Volumen final de la mezcla(ml)	Volumen consumido (ml)
1	500	140	360
2	500	155	345
3	500	140	360
4	500	145	355
5	500	150	350
Media de la muestra			354

Realizado por: Autor

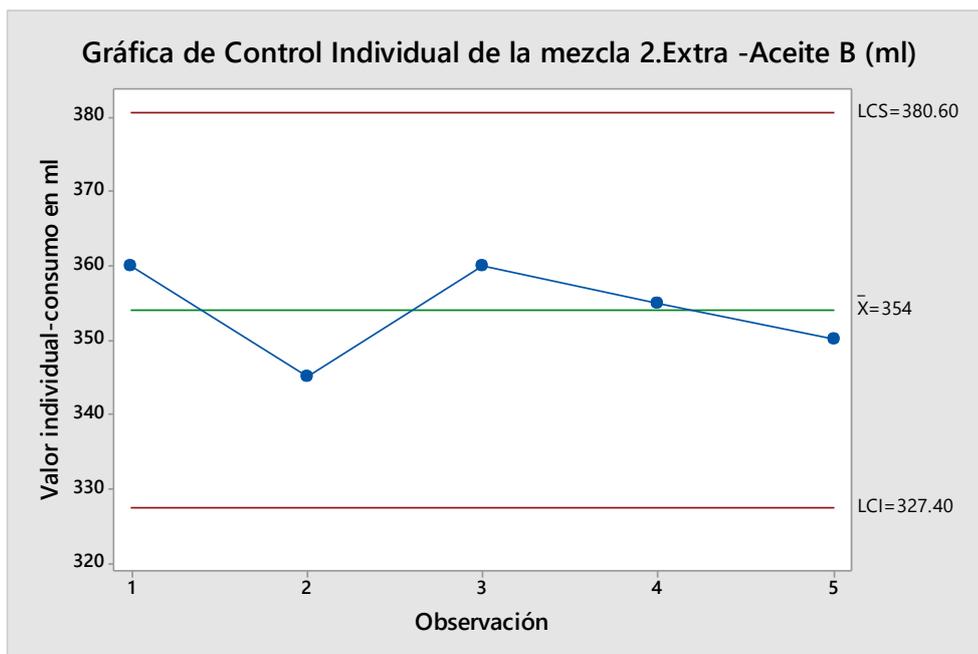


Gráfico 7-2: Gráfica de control de datos –mezcla 2

Realizado por: Autor

- **Prueba 3 Consumo de combustible con la mezcla Extra-Aceite C**

Tabla 14-2: Datos de consumo de la prueba 3

PRUEBA 3			
ACEITE:	C		
RELACIÓN DE MEZCLA:	25 :1		
COMBUSTIBLE:	EXTRA		
TIEMPO PARA CADA MUESTRA:	20 min		
Muestras	Volumen inicial de la mezcla (ml)	Volumen final de la mezcla(ml)	Volumen consumido (ml)
1	500	280	220
2	500	275	225
3	500	285	215
4	500	285	215
5	500	280	220
Media de la muestra			219

Realizado por: Autor

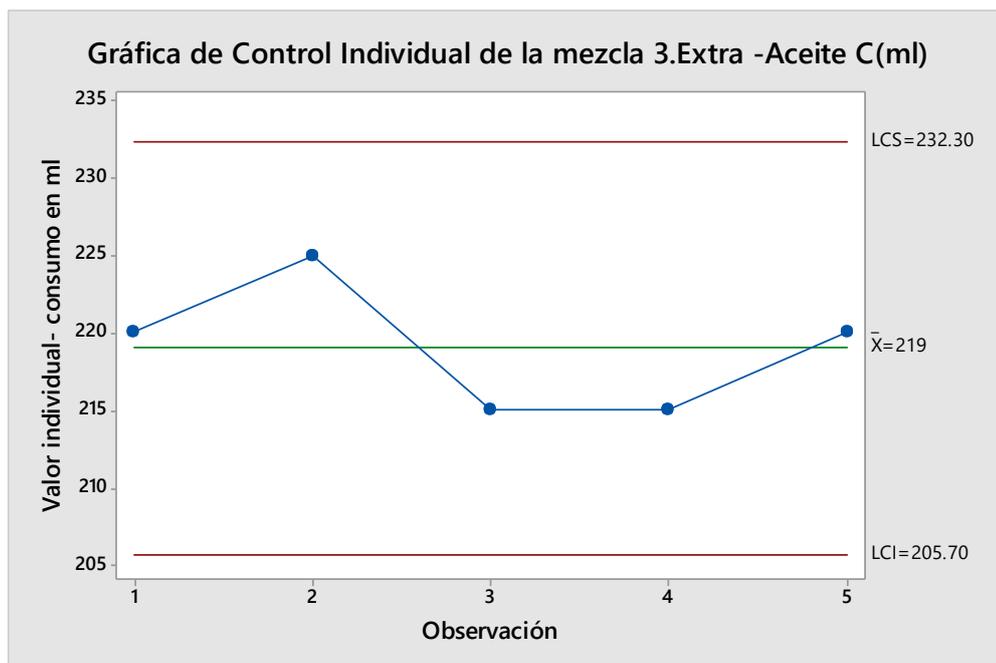


Gráfico 8-2: Gráfica de control de datos –mezcla 3

Realizado por: Autor

- **Prueba 4 Consumo de combustible con la mezcla Super-Aceite A**

Tabla 15-2: Datos de consumo de la prueba 4

PRUEBA 4			
ACEITE:	A		
RELACIÓN DE MEZCLA:	40 :1		
COMBUSTIBLE:	SUPER		
TIEMPO PARA CADA MUESTRA:	20 min		
Muestras	Volumen inicial de la mezcla (ml)	Volumen final de la mezcla(ml)	Volumen consumido (ml)
1	500	170	330
2	500	160	340
3	500	160	340
4	500	170	330
5	500	165	335
Media de la muestra			335

Realizado por: Autor

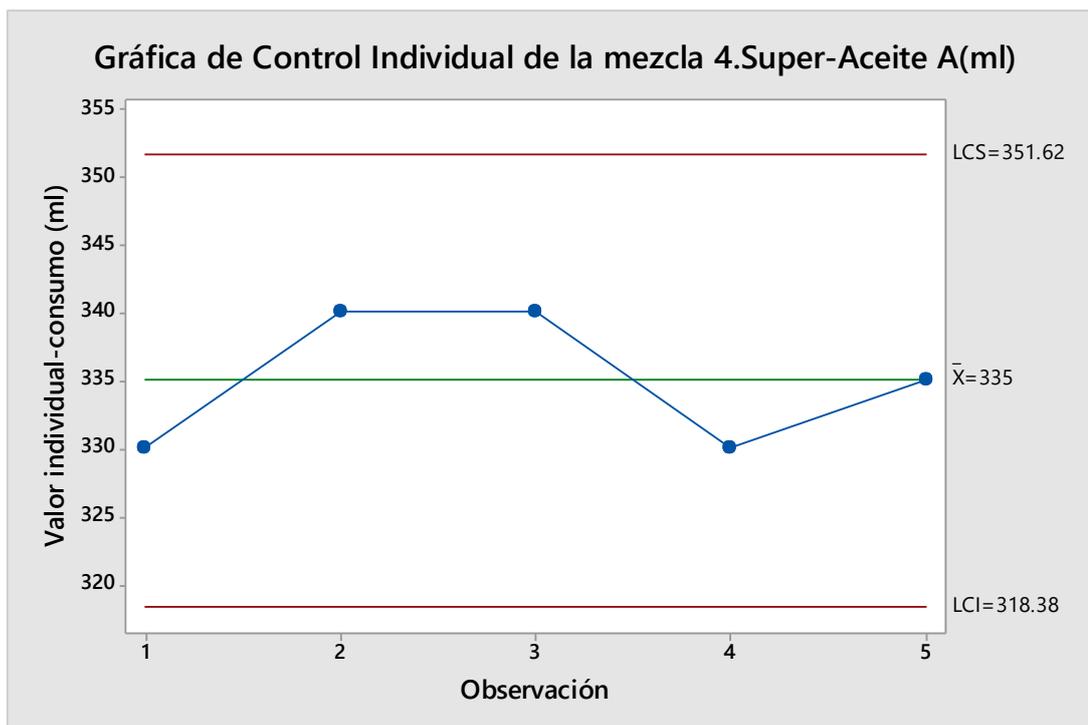


Gráfico 9-2: Gráfica de control de datos –mezcla 4

Realizado por: Autor

- **Prueba 5 Consumo de combustible con la mezcla Super-Aceite B**

Tabla 16-2: Datos de consumo de la prueba 5

PRUEBA 5			
ACEITE:		B	
RELACIÓN DE MEZCLA:		50 :1	
COMBUSTIBLE:		SUPER	
TIEMPO PARA CADA MUESTRA:		20 min	
Muestras	Volumen inicial de la mezcla (ml)	Volumen final de la mezcla(ml)	Volumen consumido (ml)
1	500	210	290
2	500	190	310
3	500	210	290
4	500	195	305
5	500	205	295
Media de la muestra			298

Realizado por: Autor

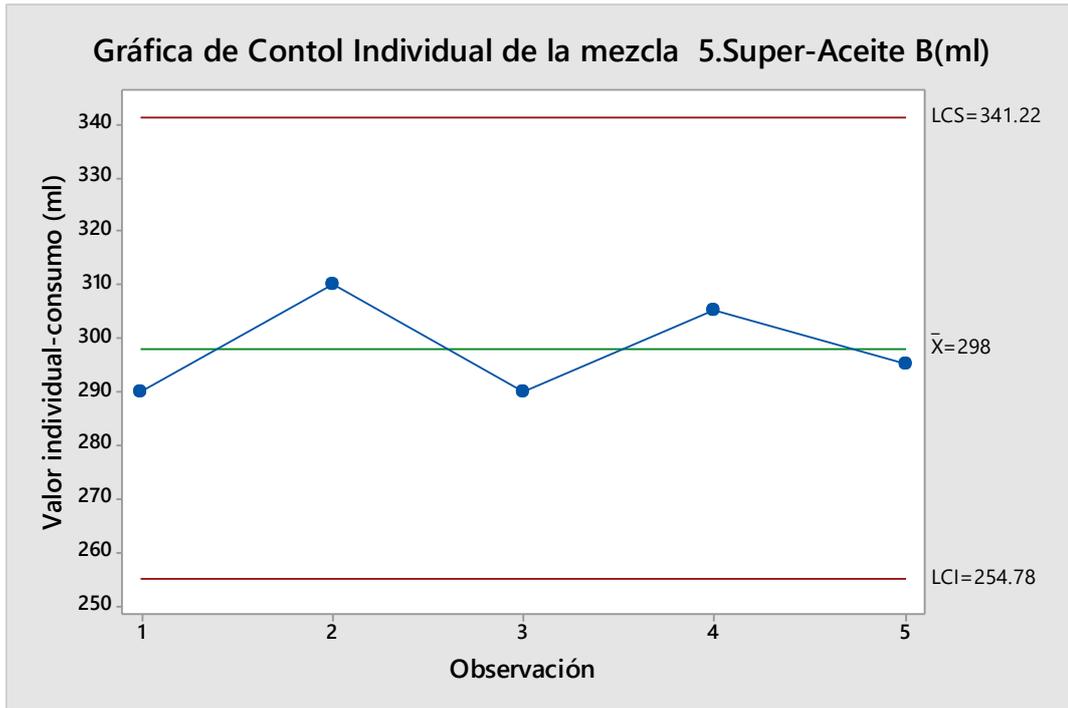


Gráfico 10-2: Gráfica de control de datos –mezcla 5

Realizado por: Autor

- **Prueba 6 Consumo de combustible con la mezcla Super-Aceite C**

Tabla 17-2: Datos de consumo de la prueba 6

PRUEBA 6			
ACEITE:		C	
RELACIÓN DE MEZCLA:		25 :1	
COMBUSTIBLE:		SUPER	
TIEMPO PARA CADA MUESTRA:		20 min	
Muestras	Volumen inicial de la mezcla (ml)	Volumen final de la mezcla(ml)	Volumen consumido (ml)
1	500	225	275
2	500	215	285
3	500	220	280
4	500	220	280
5	500	220	280
Media de la muestra			280

Realizado por: Autor

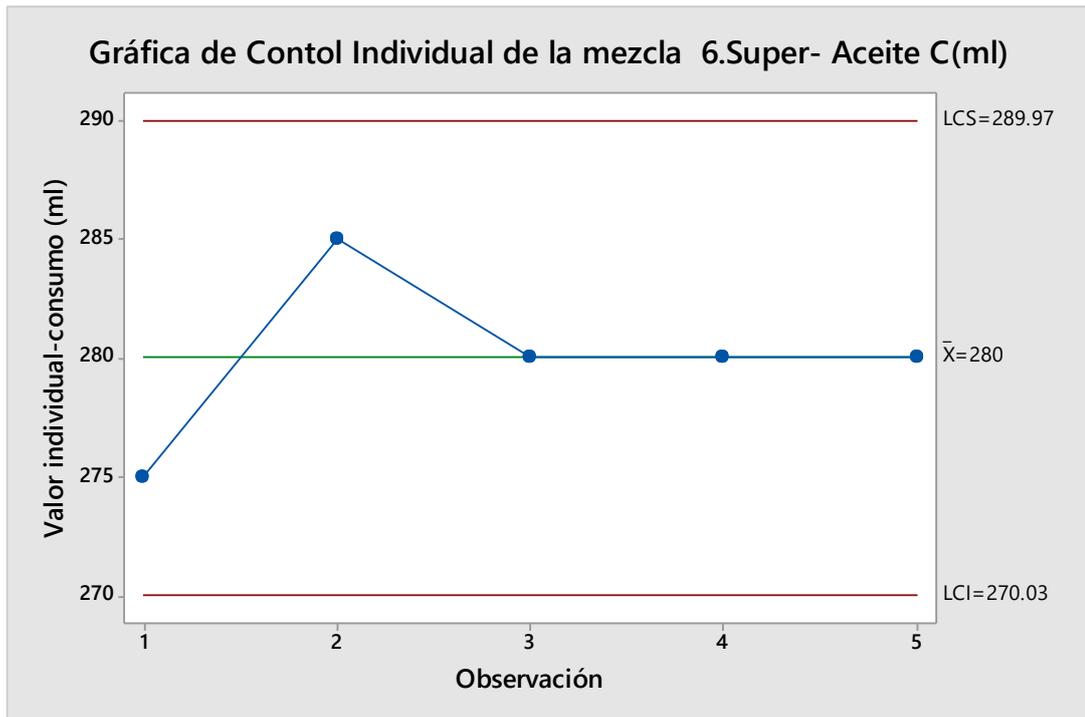


Gráfico 11-2: Gráfica de control de datos –mezcla 6

Realizado por: Autor

Nota: Las tablas presentas han sido producto de las condiciones de los productos ecuatorianos, y han sido tomadas a una presión atmosferica de (72 Kpa), msnm(2500), temperatua ambiente(25°C), ademas las gráficas presentadas presentan un proceso normal sin salirse de los límites de control , la variación es comun debido al proceso de consumo realizado por el motor.

2.10 Protocolo de pruebas de comportamiento de las emisiones de escape

Este es un protocolo de campo exploratorio para analizar el comportamiento de los gases de escape del motor dos tiempos luego de aplicar las diferentes mezclas que son puestas a prueba, a su vez este protocolo ha sido elaborado en base a los conceptos establecidos en la norma técnica ecuatoriana 2202 para opacidad, los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- El presente protocolo se realiza para cada una de las 6 diferentes mezclas realizadas.
- Para recolectar los datos se han defino los parámetros que se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 18-2: Parámetros para la coloración de humo

Coloración del humo	Descripción
Ligero color blanco	En motocicletas su presencia es normal debido a la condensación del aire caliente, no se trata necesariamente de agua en el proceso de combustión.(Pesis,2015).
Denso color blanco	Se debe por la presencia de líquido refrigerante o agua en el cilindro debido a problemas en la junta o en el bloque. (Pesis,2015).
Blanco-azulado	Se debe a una ligera presencia de aceite en el proceso de combustión, generalmente por falta de estanqueidad en guías de válvulas o en los segmentos del pistón, o procesos normales de funcionamiento en motores dos tiempos. (Pesis,2015).
Azulado	En motocicletas de dos tiempos, es muy normal esta coloración, la intensidad de humo azul se verá reflejada por la cantidad de aceite quemado en el proceso de combustión. (Pesis,2015).
Oscuro	Se debe al exceso de combustible en el proceso de combustión, es decir una mezcla excesivamente rica. (Pesis,2015).

Realizado por: Autor

Tabla 19-2: Parámetros para la intensidad de opacidad del humo

Intensidad de la Opacidad	Porcentaje
Muy alta	100%
Alta	80%
Media	60%
Baja	40%
Muy baja	20%

Realizado por: Autor

- En cada prueba se toman 5 mediciones, de acuerdo a los intervalos y aplicación del método de aceleración libre.
Nota: Según la norma (INEN 2202,2013) el método de aceleración libre es aumentar las revoluciones del motor rápidamente desde mínimas a máximas revoluciones.
- Para cada prueba se coloca en el tanque de combustible una cantidad de mezcla definida por el operario.
- Antes de iniciar las pruebas, se realiza una inspección al motor en aspectos como: la bujía de encendido, reglajes del carburador, correcta ubicación del tanque del combustible, interruptor de corte de encendido, fugas de escape e inspección del encendido por pedal.

- Se debe dar un encendido previo al motor de 5 minutos para alcanzar una temperatura correcta de funcionamiento.
Nota: En este punto aplicar los reglajes y puesta a punto del motor presentados en el apartado 2.8 del protocolo de pruebas de consumo de esta investigación.
- Si existe una mezcla previa diferente a la que se va realizar en la prueba, vaciarla por el tornillo de la cuba del carburador y colocar la mezcla correspondiente a la prueba en el tanque de combustible.
- Corroborar que no existan obstáculos en el accionamiento del acelerador para que la prueba sea válida. (INEN 2202,2013).
- Encender el motor y aplicar el método de aceleración libre este consiste en mantener oprimido el acelerador durante 2 segundos, después soltar el acelerador para que el motor regresar al estado de ralentí. (INEN 2202,2013).



Figura 37-2: Accionamiento del acelerador

Realizado por: Autor

- El motor debe ser sometido por lo menos a cuatro ciclos durante el ensayo de aceleración libre, el tiempo de espera para cada intervalo debe ser de 10 a 12 segundos con el fin de que durante este tiempo el motor se vuelva a estabilizar. (INEN 2202,2013).
- Durante la ejecución de la prueba, registrar el comportamiento de los gases de escape, su coloración y la intensidad de la opacidad de acuerdo a los parámetros establecidos en las tablas 18-2 y 19-2. Según (INEN 2202,2013) “Esta determinación debe tomarse por observación visual del humo emitido durante el ciclo de aceleración libre indicado.”
- Si existiese alguna complicación en el registro de datos ayudarse de herramientas tecnológicas como videos, para luego procesar los datos.



Figura 38-2: Identificación de coloración y opacidad de humo

Realizado por: Autor

- Finalmente, para iniciar una prueba con una mezcla diferente se debe repetir nuevamente todo el protocolo desde su inicio, con el objetivo de aplicar los mismos pasos para todas las 6 diferentes pruebas.

2.11 Procesamiento de datos de las pruebas de análisis de gases

Aplicando el protocolo correspondiente para las emisiones de escape , y los parametros establecidos en las tablas 18-2 y 19-2 de esta investigación se han obtenido los siguientes datos:

- **Prueba 1 Emisiones de escape con la mezcla Extra-Aceite A**

Tabla 20-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 1

PRUEBA 1			
ACEITE:	A		
RELACIÓN DE MEZCLA:	40 :1		
COMBUSTIBLE:	EXTRA		
MÉTODO	ACELERACIÓN LIBRE		
Muestras	Coloración del humo	Intensidad de la opacidad	Opacidad %
1	Azulado	Alta	80%
2	Azulado	Alta	80%
3	Azulado	Alta	80%
4	Azulado	Alta	80%
5	Azulado	Alta	80%

Realizado por: Autor

- **Prueba 2 Emisiones de escape con la mezcla Extra-Aceite B**

Tabla 21-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 2

PRUEBA 2			
ACEITE:	B		
RELACIÓN DE MEZCLA:	50 :1		
COMBUSTIBLE:	EXTRA		
MÉTODO	ACELERACIÓN LIBRE		
Muestras	Coloración del humo	Intensidad de la opacidad	Opacidad %
1	Azulado	Media	60%
2	Azulado	Media	60%
3	Azulado	Media	60%
4	Azulado	Media	60%
5	Azulado	Media	60%

Realizado por: Autor

- **Prueba 3 Emisiones de escape con la mezcla Extra-Aceite C**

Tabla 22-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 3

PRUEBA 3			
ACEITE:	C		
RELACIÓN DE MEZCLA:	25 :1		
COMBUSTIBLE:	EXTRA		
MÉTODO	ACELERACIÓN LIBRE		
Muestras	Coloración del humo	Intensidad de la opacidad	Opacidad %
1	Blanco-Azulado	Media	60%
2	Blanco-Azulado	Media	60%
3	Blanco-Azulado	Media	60%
4	Blanco-Azulado	Media	60%
5	Blanco-Azulado	Media	60%

Realizado por: Autor

- **Prueba 4 Emisiones de escape con la mezcla Super-Aceite A**

Tabla 23-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 4

PRUEBA 4	
ACEITE:	A
RELACIÓN DE MEZCLA:	40 :1
COMBUSTIBLE:	SUPER
MÉTODO	ACELERACIÓN LIBRE

Muestras	Coloración del humo	Intensidad de la opacidad	Opacidad %
1	Azulado	Alta	80%
2	Azulado	Alta	80%
3	Azulado	Alta	80%
4	Azulado	Alta	80%
5	Azulado	Alta	80%

Realizado por: Autor

- **Prueba 5 Emisiones de escape con la mezcla Super-Aceite B**

Tabla 24-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 5

PRUEBA 5			
ACEITE:	B		
RELACIÓN DE MEZCLA:	50 :1		
COMBUSTIBLE:	SUPER		
MÉTODO	ACELERACIÓN LIBRE		
Muestras	Coloración del humo	Intensidad de la opacidad	Opacidad %
1	Blanco-Azulado	Media	60%
2	Blanco-Azulado	Media	60%
3	Blanco-Azulado	Media	60%
4	Blanco-Azulado	Media	60%
5	Blanco-Azulado	Media	60%

Realizado por: Autor

- **Prueba 6 Emisiones de escape con la mezcla Super-Aceite C**

Tabla 25-2: Datos de comportamiento de las emisiones de escape de la prueba 6

PRUEBA 6			
ACEITE:	C		
RELACIÓN DE MEZCLA:	25 :1		
COMBUSTIBLE:	SUPER		
MÉTODO	ACELERACIÓN LIBRE		
Muestras	Coloración del humo	Intensidad de la opacidad	Opacidad %
1	Blanco-Azulado	Baja	40%
2	Blanco-Azulado	Baja	40%
3	Blanco-Azulado	Baja	40%
4	Blanco-Azulado	Baja	40%
5	Blanco-Azulado	Baja	40%

Realizado por: Autor

Nota: Las tablas presentas han sido producto de las condiciones de los productos ecuatorianos, y han sido tomadas a una presión atmosferica (72 Kpa), msnm(2500), temperatua ambiente(25°C).

2.12 Presentación de la Prueba Estadística ANOVA previo al análisis de los datos

ANOVA es una prueba que significa análisis de varianza, esta es aplicable a más de dos grupos cuyo objetivo es comparar si las medias existentes en los grupos son iguales con la hipótesis nula, o si existe una diferencia significativa es decir que la menos una media es diferente esto los hace con la hipótesis alterna. (Soporte minitab,2019).

Para poder llevar a cabo el análisis de ANOVA se requiere que se cumpla:

- Homocedasticidad o homogeneidad de varianzas
- Distribución normal en los grupos
- Grupos independientes

El análisis de datos que se llevan a cabo en la presente investigación se desarrollaron en el **Software Minitab**.

Según (Soporte minitab,2018) los métodos y fórmulas que se usan en el programa para el análisis por medio de ANOVA son los siguientes:

- **Grados de libertad (GL)**

$$(Factor)GL = r - 1$$

$$(Factor)GL = r - 1$$

$$Total = n_T - 1$$

Donde:

n_T = Número tal de observaciones

r= Número de niveles de factor

- **Suma de cuadrados (SC)**

$$Factor\ SC = \sum n_i(\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$$

$$Error\ SC = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$SC\ Total = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

Donde:

\bar{y}_i = media de las observaciones en $i^{ésimo}$ nivel del factor

$\bar{y}_{..}$ = media de las observaciones

y_{ij} = valor de la $j^{ésima}$ observación al $i^{ésimo}$ nivel del factor

- **Cuadrados medios (CM)**

$$Factor\ CM = \frac{Factor\ SC}{Factor\ GL}$$

$$Error\ CM = \frac{Error\ SC}{Error\ GL}$$

- **Valor F**

$$F = \frac{CM\ (Factor)}{CM\ (Error)}$$

Este valor es un F Calculado si se compara con un F de tabla de acuerdo al nivel de significancia que puede ser $\alpha = 0.05$.

De igual manera el software minitab provee el valor de **p value** (p) que definirá la como la probabilidad para aprobar una hipótesis nula de medias iguales si superan el $\alpha = 0.05$.

En la investigación se tomará el criterio de elección por p value.

El software también va calculando, ajustando y prediciendo los valores en una línea de regresión con las siguientes formulas:

- **R-cuad**

$$R^2 = 1 - \frac{Error\ SC}{SC\ Total}$$

- **R-cuad (ajustado)**

$$R^2_{ajustado} = 1 - \frac{Error\ CM}{(SC\ Total)/(GL\ Total)}$$

- **R-cuad (predecido)**

$$R^2_{pred} = 1 - \frac{PRESS\ (Suma\ de\ los\ cuadrados\ de\ predicción)}{(SC\ Total)}$$

Cuando se aplica la **prueba de Anova** y se encuentra que las medias difieren y no son iguales el software minitab compara las medias de los grupos en parejas para determinar cuál o cuáles son las medias que están haciendo las diferencia para ello se generan las gráficas por el método de comparaciones de **Tukey** o el método de **Fisher** que deben ser interpretadas correctamente por el usuario.

CAPITULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Planteamiento de la hipótesis para la selección basado en la prueba de ANOVA

- **Hipótesis Nula (H_0):** Una óptima proporción en la mezcla aceite -combustible apoyada por una buena calidad de las variables empleadas, no mejora los resultados de eficiencia de consumo y no reduce el comportamiento de los gases de escape.

$$H_0 \rightarrow \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = 0$$

Es decir, no hay una diferencia significativa en las variables empleadas y las medias son iguales.

- **Hipótesis Alternativa (H_i):** Una óptima proporción en la mezcla aceite -combustible apoyada por una buena calidad de las variables empleadas, mejora los resultados de eficiencia de consumo de combustible y reduce el comportamiento de los gases de escape.

$$H_i \rightarrow \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq 0$$

Es decir, hay una diferencia significativa en las variables empleadas y no todas las medias de los grupos son iguales o al menos una de las medias es distinta

3.1.1 Parámetro para seleccionar la hipótesis

El parámetro para la selección de la hipótesis será el **valor p** value del software minitab que se comparará con el valor de significancia.

El valor de significancia que se usará en la selección de la hipótesis será **$\alpha = 0.05$**

- Si el valor de $p > \alpha$ se **acepta la hipótesis nula.**
- Si el valor de $p < \alpha$ se **rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.**

Este parámetro se utilizará para cualquier selección que en el software minitab se requiera ya sea para otras pruebas, métodos, graficas, etc.

3.2 Análisis de resultados de las pruebas de consumo

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en las pruebas de consumo previo a su análisis en minitab:

Tabla 26-3: Resumen de datos obtenidos en las pruebas de consumo

Pruebas de consumo realizadas con las seis diferentes mezclas Combustible-Aceite						
Mezclas # muestras	1.Extra - Aceite A (ml)	2.Extra- Aceite B(ml)	3.Extra - Aceite C(ml)	4.Super- Aceite A(ml)	5.Super- Aceite B(ml)	6.Super- Aceite C(ml)
1	330	360	220	330	290	275
2	320	345	225	340	310	285
3	325	360	215	340	290	280
4	340	355	215	330	305	280
5	320	350	220	335	295	280

Realizado por: Autor

3.2.1 Ingreso y validación de datos en el software minitab

- Los datos son ingresados en la hoja de trabajo por columnas

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	1.Extra -Aceite A (ml)	2.Extra-Aceite B(ml)	3.Extra -Aceite C(ml)	4.Super-Aceite A(ml)	5.Super-Aceite B(ml)	6.Super- Aceite C(ml)
1	330	360	220	330	290	275
2	320	345	225	340	310	285
3	325	360	215	340	290	280
4	340	355	215	330	305	280
5	320	350	220	335	295	280
6						

Figura 39-3: Ingreso de datos en minitab

Realizado por: Autor

- Cuando se ingresan los datos estos deben ser validados previamente para poder aplicar la prueba estadística de ANOVA, al ser datos de grupos independientes estos deben tener una tendencia de distribución normal y una homogeneidad de varianzas (homocedasticidad).

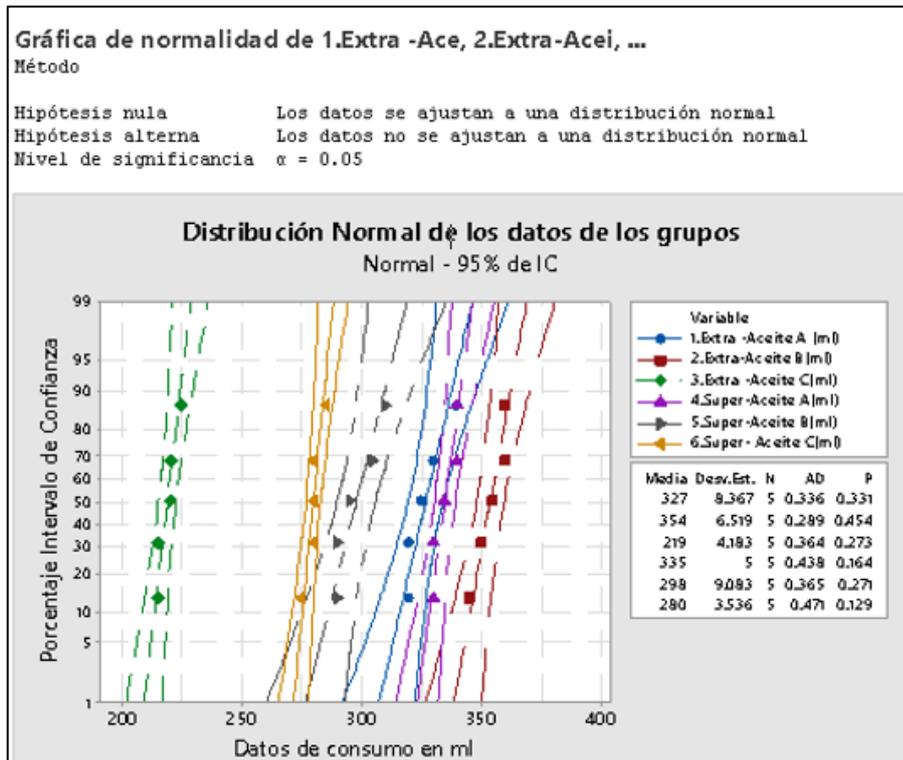


Gráfico 12-3: Distribución normal de los datos

Realizado por: Autor

En la gráfica 12-3 se observa como los datos de cada grupo siguen una distribución normal y están dentro de sus límites de tendencia, de igual forma sus valores de p son superiores al nivel de significancia 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula del método de que los datos se ajustan a una distribución normal.

En la gráfica 13-3 se observa como los intervalos de los grupos se sobreponen, a su vez tanto el valor p de los métodos de comparaciones múltiples y de la prueba de Levene para determinar varianzas iguales superan el valor de significancia de 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula que enuncia que todas las varianzas son iguales.

De esta manera los datos obtenidos cumplen los requisitos para poder realizar la prueba estadística de ANOVA.

- **Gráfica de comparación de Tukey**

En la gráfica 14-3 se presenta el criterio de selección de medias significativamente en parejas, como se puede observar la mayoría de parejas no contienen al cero por lo tanto son significativamente diferentes, sin embargo, la media de la mezcla Súper-Aceite A con la media Extra-Aceite A presentan una similitud al contener 0 en el método. En gráfica 15-3 se analiza si esta similitud infiere para la selección del resultado.

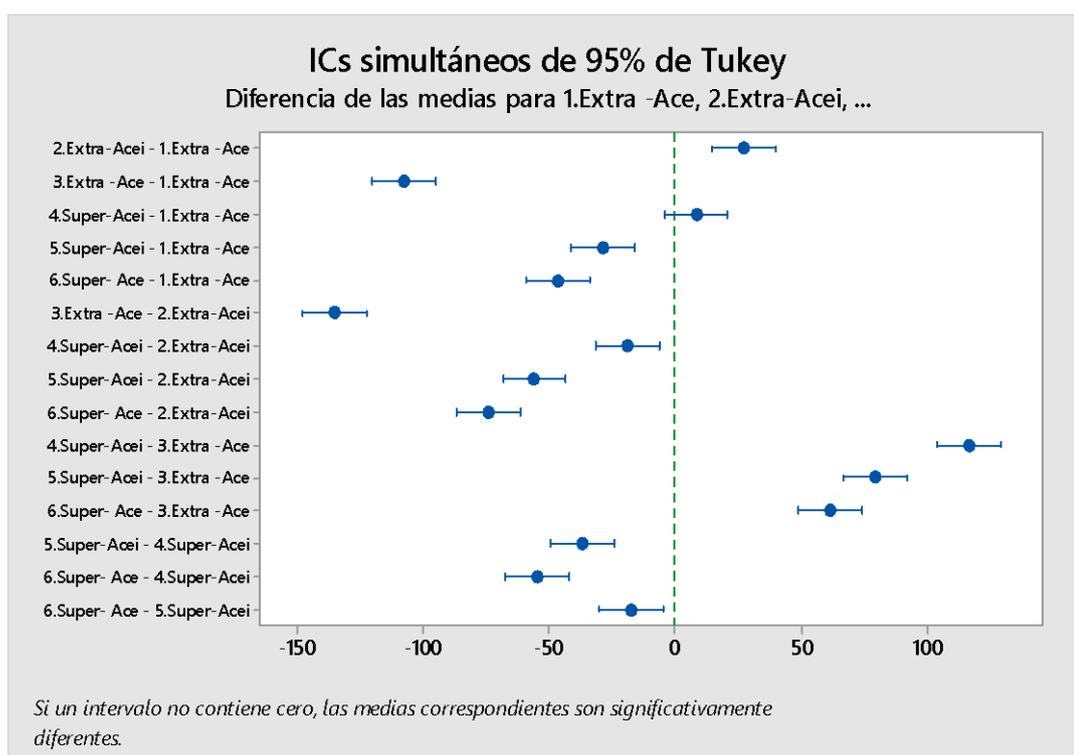


Gráfico 14-3: Comparación de medias significativamente diferentes

Realizado por: Autor

- **Gráfica de intervalos**

Finalmente, en la gráfica 15-3 se puede evidenciar el traslape que existe entre las diferentes mezclas puestas a prueba en la investigación y se puede evidenciar que la mezcla de combustible Extra-Aceite C es quien tiene una diferencia significativa en cuanto a las demás ya que es la que presenta el menor valor en cuanto a la media de consumo de combustible.

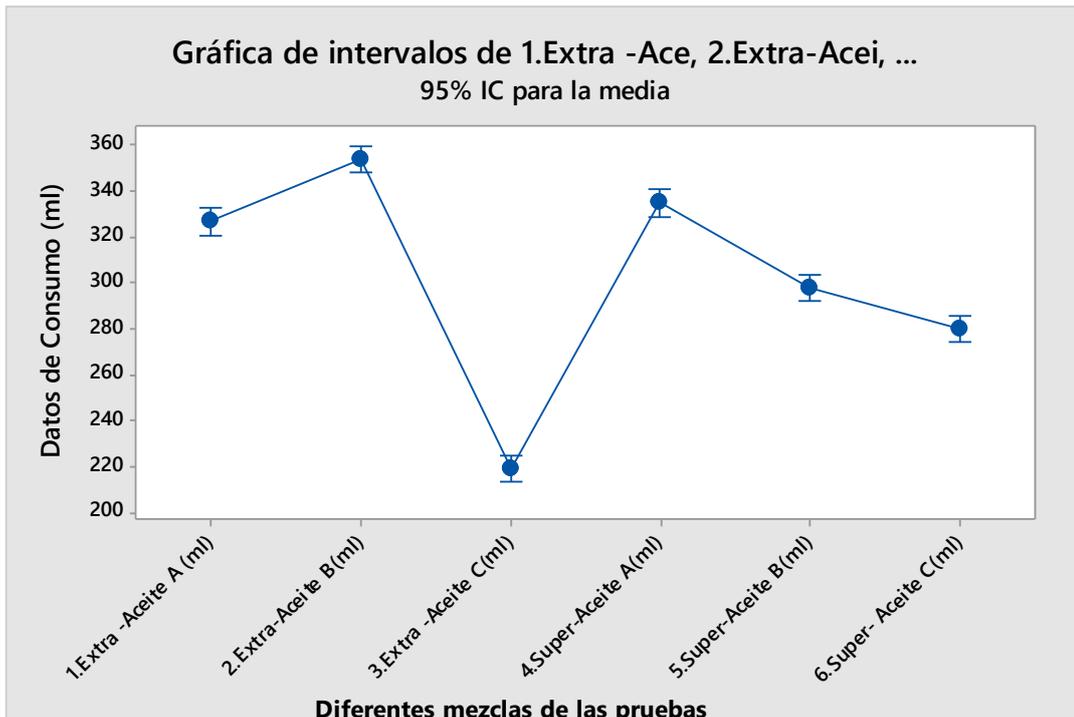


Gráfico 15-3: Análisis de consumo por medio de la gráfica de intervalos

Realizado por: Autor

3.2.3 Discusión de resultados de las pruebas de consumo

Una vez analizado los datos obtenidos por medio de una prueba estadística, se ha encontrado medias muestrales significativamente diferentes entre ellas una de menor consumo de combustible es la Extra -Aceite C, relación de mezcla 25:1, con una media de 219 ml de combustible consumido en un tiempo (t)=20 minutos.

La mezcla que presentó un mayor consumo de combustible es la mezcla Extra-Aceite B con una media de 354 ml de combustible consumido en un tiempo (t)=20 minutos.

En la prueba de Tukey para comparar pares de medias se evidenció que la mezcla de combustible Súper-Aceite A con la mezcla Extra -Aceite A, no presentan una diferencia significativa de medias es decir sus consumos 335 ml vs 327 ml de combustible respectivamente en un tiempo (t)=20 minutos, son considerados aparentemente iguales, sin embargo, al analizar gráfica de intervalos están lejos del menor consumo de combustible.

Siguiendo el traslape de consumos de la gráfica 15-3 el orden de consumo de menor a mayor consumo es el siguiente:

Tabla 28-3: Orden descendente de consumos según traslape de gráfica de intervalos

Tipo de Mezcla	Consumo de combustible(ml)
Aceite C-Extra	219
Aceite C-Super	280
Aceite B-Super	298
Aceite A-Extra	327
Aceite A-Super	335
Aceite B-Extra	354

Nota: Datos de prueba en un tiempo de consumo t=20 min

Realizado por: Autor

El Aceite C influye en los datos de menor consumo de combustible tanto para la gasolina Extra como Súper.

Se nota un leve incremento de consumo de combustible en el motor al aplicar la gasolina Súper en las mezclas excepto en el Aceite B cuyo consumo mejora a continuación se presenta una tabla con las diferencias de consumo:

Tabla 29-3: Diferencia de consumo en los combustibles aplicados

Tipo de Aceite	Relación de mezcla	Consumo combustible Extra (ml)	Consumo combustible Super (ml)	Diferencia de consumo (ml)
Aceite A	40 : 1	327	335	8
Aceite B	50 : 1	354	298	-56
Aceite C	25 : 1	219	280	61

Nota: Datos de prueba en un tiempo de consumo t=20 min

Realizado por: Autor

Al aplicar el aceite A con una relación de mezcla 40 a 1 el consumo no varía significativamente mismo resultado que fue obtenido en análisis estadístico de ANOVA.

Al aplicar el aceite B con una relación de mezcla 50 a 1 el consumo se reduce en 56 ml de combustible en un tiempo de prueba t=20 min al cambiar de combustible extra a súper, mismo comportamiento que son analizados con los gases de escape.

Al aplicar el aceite C con una relación de mezcla 25 a 1 existe un incremento notable de consumo de combustible al cambiar de gasolina, sin embargo, estas mezclas ocupan el primer y segundo

lugar en el mínimo consumo de combustible en relación a las demás. Estos comportamientos también son analizados con los gases de escape.

3.3 Validación de resultados mediante el análisis de emisiones de gases

El método de aceleración libre presenta los mismos resultados en las cinco muestras de cada prueba por lo tanto para el análisis será llevado a cabo por estadística descriptiva, con el fin de validar los resultados obtenidos anteriormente en las pruebas de consumo, de esta manera elegir correctamente la hipótesis planteada y las variables que la conforman.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 30-3: Resumen de datos obtenidos en el análisis de emisiones motor dos tiempos

Resumen datos obtenidos análisis de emisiones -método aceleración libre			
Tipo de Mezcla	Coloración	Intensidad de la opacidad	% Opacidad
Aceite A-Extra	Azulado	Alta	80%
Aceite B-Extra	Azulado	Media	60%
Aceite C-Extra	Blanco-Azulado	Media	60%
Aceite A-Super	Azulado	Media	60%
Aceite B-Super	Blanco-Azulado	Media	60%
Aceite C-Super	Blanco-Azulado	Baja	40%

Realizado por: Autor

- **Prueba 1 Análisis de comportamiento de gases con mezcla Aceite A-Extra**



Figura 42-3: Coloración y opacidad prueba 1

Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura la prueba 1 presento un color **azulado** con una intensidad de opacidad **alta** que de acuerdo a los parametros planteados en el protocolo de pruebas para el análisis de gases corresponde al **80%**.

- **Prueba 2 Análisis de comportamiento de gases con mezcla Aceite B-Extra**



Figura 43-3: Coloración y opacidad prueba 2

Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura la prueba 2 presento un color azulado con una intensidad de opacidad **media** que de acuerdo a los parametros planteados en el protocolo de pruebas para el análisis de gases corresponde al **60%**.

- **Prueba 3 Análisis de comportamiento de gases con mezcla Aceite C-Extra**



Figura 44-3: Coloración y opacidad prueba 3

Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura la prueba 3 presento un color **blanco-azulado** con una intensidad de opacidad **media** que decauerdo a los parametros planteados en el protocolo de pruebas para el análisis de gases corresponde al **60%**.

- **Prueba 4 Análisis de comportamiento de gases con mezcla Aceite A-Super**



Figura 45-3: Coloración y opacidad prueba 4

Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura la prueba 4 presento un color **azulado** con una intensidad de opacidad **media** que decauerdo a los parametros planteados en el protocolo de pruebas para el análisis de gases corresponde al **60%**.

- **Prueba 5 Análisis de comportamiento de gases con mezcla Aceite B-Súper**



Figura 46-3: Coloración y opacidad prueba 5

Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura la prueba 5 presento un color **blanco-azulado** con una intensidad de opacidad **media** que decauerdo a los parametros planteados en el protocolo de pruebas para el análisis de gases corresponde al **60%**.

- **Prueba 6 Análisis de comportamiento de gases con mezcla Aceite C-Super**



Figura 47-3: Coloración y opacidad prueba 6

Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura la prueba 6 presento un color **blanco-azulado** con una intensidad de opacidad **baja** que decauerdo a los parametros planteados en el protocolo de pruebas para el análisis de gases corresponde al **40%**.

3.3.1 Discusión de los resultados del análisis de emisiones de gases de escape

Los resultados son analizados por medio de la siguiente gráfica:

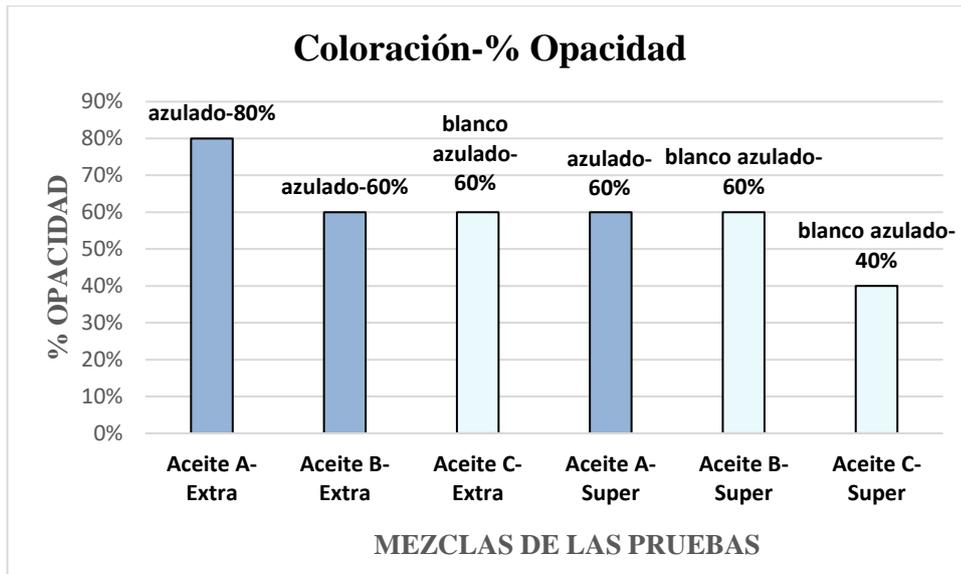


Gráfico 16-3: Análisis coloración-opacidad de las emisiones de un motor 2T

Realizado por: Autor

Se puede observar que mezcla Extra -Aceite A presenta una mayor opacidad en relación al resto con un color azulado lo que significa que hay una presencia considerable de cantidad de aceite en el proceso de combustión en la salida de los gases de escape.

La mezcla quien presenta una menor opacidad es la Súper-Aceite A con un porcentaje de 40% a su vez una coloración blanco-azulado se interpreta como una presencia leve de aceite en el proceso de combustión, otras mezclas con una presencia leve de aceite en la combustión son las mezclas Extra-Aceite C y Súper-Aceite B ambas con un color blanco azulado y una opacidad de 60%.

Una diferencia significativa que se puede notar con el análisis de coloración y opacidad en los gases es que el uso de la gasolina súper genera un cambio en el comportamiento de los gases de escape, que fueron los siguientes:

- El Aceite A cambia de una opacidad alta de 80% con la gasolina extra a una opacidad media de 60% con la gasolina súper manteniendo el color azulado de presencia de aceite considerable en la combustión.

- El Aceite B cambia de un color azulado con gasolina extra a un color blanco-azulado con la gasolina súper lo que significa que en la combustión existe menor presencia de aceite.
- El Aceite C mantiene el color blanco-azulado con las gasolinas extra y súper sin embargo con la gasolina súper se reduce la opacidad de 60% a 40 %, lo que indica el buen comportamiento y aplicación de este aceite en las mezclas de combustible.

CONCLUSIONES

- Una vez analizado el consumo de combustible por medio del estadístico ANOVA y el comportamiento de los gases de escape por medio de gráficas, los resultados se complementan y se corrobora la hipótesis alterna planteada en la investigación con un p valor $(1.617E-20) < \alpha (0.05)$, de que una óptima proporción en la mezcla aceite -combustible apoyada por una buena calidad de las variables empleadas, mejora los resultados de eficiencia de consumo de combustible y reduce el comportamiento de los gases de escape.
- Del análisis de consumo de combustible se ha logrado determinar como una proporción de mezcla en la cual la cantidad de aceite es mayor en relación a otras mezclas, no es suficiente para concluir que existirá mayor consumo y emisiones de gases, como lo es el aceite C cuya proporción para una mezcla fue 25:1 pues este resultó en la mezcla y proporción de menor consumo de combustible, es decir que depende mucho de la calidad de las variables empleadas en este caso el aceite y la gasolina.
- Del análisis de las emisiones de escape de un motor dos tiempos se ha evidenciado como al emplear la gasolina súper en las mezclas de las distintas pruebas, existe una variación en la coloración y emisión de las emisiones de escape del motor. Se atribuye esta condición a la calidad con que se maneja la elaboración de este tipo de combustible.
- Se puede interpretar como el Aceite C que cumple con sus especificación y características de calidad (Anexo D), en efecto reduce el consumo de combustible y presenta una opacidad media de 60% si se mezcla con la gasolina extra a su vez dicha opacidad se reduce a un 40% cuando la mezcla es con la gasolina súper, además estas mezclas resultaron en el primer y segundo lugar de mínimo consumo de combustible respectivamente y presenta una diferencia significativa en relación a otras mezclas.
- Se ha establecido una fórmula matemática en base la proporción de mezcla combustible-aceite la cual acorde a la cantidad de combustible que se desee preparar se encuentre fácilmente la cantidad de aceite correcta que se debe agregar a la mezcla.

RECOMENDACIONES

- Una vez implementado los parámetros iniciales basado en los resultados en esta investigación, se recomienda profundizar en el estudio de cómo optimizar el consumo y emisiones de gases en motores de dos tiempos que no cuentan con un control de estos, con el fin de implementar sistemas ya sean mecánicos o electrónicos que al comparar con los resultados obtenidos resulten en diferencias significativas.
- Se recomienda el estudio de nuevas variables en la pre-mezcla de motores dos tiempos como la implementación de nuevos aceites sean naturales, minerales o sintéticos, pero que sean investigados y elaborados en el medio ecuatoriano, incluyendo un análisis de gases tóxicos.
- Para la implementación de nuevos estudios basados en la prueba experimental de esta investigación se recomienda seguir y aplicar los protocolos que se han implementado de manera correcta tomando en cuenta las variaciones que se pueden producir de acuerdo a las diferentes condiciones ambientales del lugar donde se realizan las pruebas.
- Al momento de realizar las pruebas con el motor dos tiempos se recomienda usar equipos de protección personal para la vista, los oídos, la respiración debido a que el humo y el ruido pueden generar afecciones a la salud, como problemas respiratorios.
- Se recomienda manipular y almacenar con mucha precaución las variables empleadas en las pruebas experimentales ya que se trabaja con productos inflamables como la gasolina y el aceite.

GLOSARIO

Aceleración libre: Es un método que consiste en aumentar las revoluciones de un motor rápidamente desde mínimas revoluciones en estado de ralentí a máximas revoluciones en un intervalo de dos a cuatro segundos. (INEN 2202,2013)

Blanco-Azulado: Es la coloración debida a una ligera presencia de aceite en el proceso de combustión, generalmente por falta de estanqueidad en guías de válvulas o en los segmentos del pistón, o procesos normales de funcionamiento en motores dos tiempos. (Pesis,2015)

Estadístico ANOVA: Es una prueba que significa análisis de varianza, esta es aplicable a más de dos grupos cuyo objetivo es comparar si las medias existentes en los grupos son iguales con la hipótesis nula, o si existe una diferencia significativa es decir que la menos una media es diferente esto los hace con la hipótesis alterna. (Soporte minitab,2019).

Octanaje: Es la capacidad antidetonante del combustible, es decir que el combustible no se auto inflame antes de que la mezcla sea comprimida en la carrera ascendente del pistón dentro de un motor. (Sánchez,2011, p.186)

Opacidad: “Es la fracción de la luz expresada en porcentaje (%), que al ser enviada desde una fuente se le impide llegar al receptor del instrumento observador, siendo lo contrario a la visibilidad”. (INEN 2202,2013)

Proporción de Mezcla: Es la conformación de un todo entre las partes relacionadas entre sí, en motores de dos tiempos una proporción corresponderá a las partes de gasolina y a la parte de aceite que forman una mezcla. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA,2021)

BIBLIOGRAFÍA

BAENA PAZ, G. *Metodología de la Investigación* [en línea]. México D.F: Grupo Editorial Patria.,2014. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/40362>

BÁEZ HURTADO. *Guía para una investigación de campo* [en línea]. 1ª ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Éxodo.,2018. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/153628>

BARDAHL. *El Aceite para Motor de Motocicleta y sus Funciones.* [En línea] 2020. [Consulta: 08 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.bardahl.com.mx/aceite-motor-motocicleta-funciones/>

CENTRO DE FOMACION DE LA MOTOCICLETA(EPS). *Como carburar un motor de dos tiempos.* [Entrada del Blog] 2020. [Consulta: 08 diciembre 2020]. Disponible en: <https://epsformacion.com/blog/como-carburar-motor-2t/>

CLIMENT. *Modelado unidimensional de los motores de dos tiempos de pequeña cilindrada* [en línea]. Barcelona: Editorial Reverté.,2004. [Consulta: 09 diciembre 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/epoch/46704>

CROUSE, W, Y ANGLIN, D. *Mecánica de la Motocicleta* [en línea]. Barcelona: Mc Graw-Hill,2004. [Consulta: 30 diciembre 2020].Disponible en : <https://books.google.com.ec/books?id=XWcbIUJUpKEC&pg=PA91&dq=el+octanaje++de+la+gasolina+es+ron+o+mon&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj9qX0vvHtAhVuu1kKHZv0DU8Q6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=el%20octanaje%20de%20la%20gasolina%20es%20ron%20o%20mon&f=false>

GONZÁLEZ CALLEJA, D. *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* [en línea]. 2ª ed. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.,2015. [Consulta: 22 diciembre 2020].Disponible en : https://books.google.com.ec/books?id=19ASCgAAQBAJ&pg=PA218&dq=tabla+para+mezcla+en+un+motor+de+d+dos+tiempos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjn-OK3--HtAhUizlkKHeetA_oQ6AEwAnoECAUQA#v=onepage&q=tabla%20para%20mezcla%20en%20un%20motor%20de%20dos%20tiempos&f=false

GÓMEZ CARREÑO, Leonardo Javier, & LOAIZA TORO, Carlos Eduardo. Estudio y estimación de emisiones generadas por motos de combustión interna en un sector de alta concentración y análisis de motos eléctricas como una alternativa viable de movilidad [En línea] (Trabajo de titulación). (Trabajo de pregrado) Universidad Internacional del Ecuador , Guayaquil, Ecuador. 2019. pp. 88-89. [Consulta: 2020-07-22]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3986/1/T-UIDE-242.pdf>

GUIA SOBRE ACEITE DE MOTOR DEL API. *La ultima generación de aceites para motores a gasolina ya está aquí .* [En línea] 2020. [Consulta: 26 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.api.org/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Motor%20Oil%20Guide%202020%20Spanish.pdf>

INVESTIGACION CIENTIFICA.ORG. *Alcances de la investigación científica.* [En línea] 2020. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://investigacioncientifica.org/alcance-la-investigacion-cientifica/>

MASSON RICAUTE, Manuel Alejandro. Determinación de la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhidro para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendido por chispa [En línea] (Trabajo de titulación). (Trabajo de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 5-26. [Consulta: 2020-12-29]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/23111/1/65T00063.pdf>

MUNDOMOTOR. *Motores dos tiempos.* [En línea] 2018. [Consulta: 22 julio 2020]. Disponible en: <https://www.mundodelmotor.net/motor-2-tiempos/>

MUÑOZ DOMÍNGUEZ, M. y DE ANTONIO, A. R. *Motores de combustión interna* [en línea]. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.,2015. [Consulta: 25 noviembre 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/espoch/48846>

ORDOÑEZ RAMÍREZ, M. Á. *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos (UF1215)* [en línea]. Antequera, Málaga:IC Editorial.,2012. [Consulta: 22 diciembre 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/espoch/54341>

PESIS, H. *Motos: motores de 2 y4 tiempos* [en línea]. 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: Fox Andina, S.A.,2015. [Consulta: 18 enero 2021].Disponible en : https://books.google.com.ec/books?id=bTimDAAAQBAJ&pg=PA139&dq=color+de+humo+de+escape&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiIvODY_6buAhUx1lkKHc-EDK0Q6wEwAHoECAQQAQ#v=onepage&q=color%20de%20humo%20de%20escape&f=false

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Diccionario de la lengua española* 23ª ed [en línea].[Consulta: 08 febrero 2021].Disponible en : <https://dle.rae.es/proporci%C3%B3n>

R. CARRERAS, J. A. ÁLVAREZ FLÓREZ Y I. CALLEJÓN AGRAMUNT. *Motores alternativos de combustión interna* [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.,2015. [Consulta: 03 diciembre 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/espoch/61423>

SÁNCHEZ, E. *Sistemas auxiliares del motor* [en línea]. Madrid: Macmillan Iberia, S.A.,2011. [Consulta: 29 diciembre 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/espoch/52815>

SÁNCHEZ GUTIÉRREZ, M. *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos (UF 1214)* [en línea]. Málaga: IC Editorial.,2015. [Consulta: 30 noviembre 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/espoch/42658>

SECUNDINO, E. *Motores* [en línea]. Madrid: Macmillan Iberia, S.A.,2011. [Consulta: 10 julio 2020].Disponible en : <https://elibro.net/es/ereader/espoch/101844>

SINGH, A. K. “Castor oil-based lubricant reduces smoke emission in two-stroke engines”. *Industrial crops and products* [En línea],2011,(Holanda), vol. 33, no 2, p. 287-295.[Consulta: 22 julio 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669010003341>

SOFTWARE DE MINITAB 18. *Métodos y fórmulas para el análisis de varianza en ANOVA de un solo factor.* [En línea] 2020. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/how-to/one-way-anova/methods-and-formulas/analysis-of-variance/#mean-squares-ms>

SOFTWARE DE MINITAB 19. *Que es Anova.* [En línea] 2020. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>

TOLEDO MONTALEZA, David Alejandro. Estudio de contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca [En línea] (Trabajo de titulación). (Trabajo de pregrado) Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca, Ecuador. 2016. p. 7. [Consulta: 2020-07-22]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13160/1/UPS-CT006806.pdf>

NTE INEN 2202. *Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. método de aceleración libre.* [En línea] 2013. [Consulta: 17 enero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2202-1.pdf>

NTE INEN 2204 (2R). *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones permitidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.*

NTE INEN 2207 (1R). *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones permitidas por fuentes móviles terrestres que emplean diesel.*

RTE INEN 136 (1R). *Reglamento técnico ecuatoriano rte inen 136 (1r) para motocicletas.* [En línea] 2017. [Consulta: 10 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.pudeleco.com/files/a17015j.pdf>

RTE INEN 935 (9R). *Norma técnica ecuatoriana productos derivaos del petróleo. gasolina.requisitos.* [En línea] 2016. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nte-inen-935-9.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES MOTOR YAMAHA DT 175CC

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MOTOR YAMAHA DT 175CC		
MOTOR Y TRANSMISION		
Cilindrada	171cc	
Número de Cilindros	Monocilindrico 2 tiempos	
Diámetro x carrera	66 X 50 mm	
Relación de compresión	6,7 : 1	
Potencia	16.00 cv (11.7 kw) a 7000 rpm	
Refrigeración	Aire	
Arranque	Pedal	
Transmisión	6 velocidades	
Transmisión Final	Cadena	
CARBURADOR		
Surtidor piloto (baja)	#22.5 / #20	
Surtidor principal (alta)	#165 / #170	
Aguja del acelerador	186-1490J-00	
Inyector principal	2FS-14141-36	
Flotador	314-14165-00	
Reglaje de aire	10W-14104-00	
Reglaje de ralentí	186-14103-00	

Realizado por: Autor

ANEXO B: ESPECIFICACIONES ACEITES MARCA A

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ACEITE MARCA A (MOTOREX 2T)	
APLICACIÓN	
Se recomienda para motores dos tiempos, enfriados por aire como: motocicletas, motosierras, generadores, etc.	
PROPIEDADES	
Relación de mezcla	40,50 : 1
Categoría de Servicio	Semisintético API TC / JASO FB/ SAE 40
Gravedad API	25-31
ASTM D-445 Viscosidad cSt @ 40 °C	142.7
ASTM D-445 Viscosidad cSt @ 100 °C	14.67
ASTM D-2270 Índice de Viscosidad	102
ASTM D-92 Punto de inflamación °C	280
ASTM D-97 Punto de fluidez	-33
Apariencia Visual	Brillante rojo
BENEFICIOS	
Alarga la vida del motor	
Fácil de mezclar con gasolina	
Protege los metales contra el desgaste	
Reduce la preignición y atascamiento en lumbreras	
Alto índice detergente dispersante	

Realizado por: Autor

ANEXO C: ESPECIFICACIONES ACEITES MARCA B

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ACEITE MARCA B (GOLDEN BEAR 2T)	
APLICACIÓN	
Lubricante para motores a dos tiempos, como motocicletas, motores fuera de borda de alta potencia, enfriada por agua o por aire.	
PROPIEDADES	
Relación de mezcla	50 a 1
Categoría de Servicio	Semisintético API TA TB TC/SAE 40
Viscosidad cSt @ 40 °C	147
5 Viscosidad cSt @ 100 °C	14.7
Indice de Viscosidad	99
HTHS Cp @ 150 °C	4.3
Apariencia Visual	Morado
BENEFICIOS	
Máxima protección contra el pegado de anillos, aunque se utilice una mezcla de combustibles de baja calidad	
Mezcla homogénea lubricante /combustible	
Limpieza total en las áreas críticas del motor por su poder detergente y dispersante	
Minimiza el pre-encendido	

Realizado por: Autor

ANEXO D: ESPECIFICACIONES ACEITES MARCA C

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ACEITE MARCA C (MOTUL 2T)	
APLICACIÓN	
<p>Toda motocicleta con motor de 2 tiempos: motores altas prestaciones que alcancen elevadas revoluciones (rpm) y que sean utilizadas en condiciones severas de trabajo. Puede ser utilizado en sistemas que incorporen engrase automático, así como también puede ser Pre-Mezclado manualmente. Es totalmente compatible con todo tipo de gasolina, ya sea con o sin plomo.</p>	
PROPIEDADES	
Relación de mezcla	25 a 1 ; 50 a 1
Categoría de Servicio	Semisintético API TC/JASO FD
DENSIDAD A 20°C (68°F) ASTM D1298	0.858
VISCOSIDAD A 100°C (212°F) ASTM D445	8.2 mm ² /s
INDICE DE VISCOSIDAD ASTM D2270	142 /s
PUNTO DE INFLAMACIÓN ASTM D92	92°C / 198°F
TBN ASTM D2896	1.1 mg KOH/g
Apariencia Visual	Verde
BENEFICIOS	
Anti humo con el nivel FD es el más elevado de norma JASO	
Reduce notablemente la fricción	
<p>Su base sintética posee un alto poder de combustión, lo que reduce notablemente la emisión de humos a la atmósfera, tanto en las zonas calientes (cámara de combustión lumbreras) como también en el tubo escape y silenciador y eliminan la formación de depósitos sólidos en el motor.</p>	
<p>Elimina los depósitos, y el engomado de los segmentos y mantiene libre de residuos carbonosos los electrodos de bujía. Se mezcla instantáneamente con la gasolina ,se mantiene estable y reduce el consumo de combustible.</p>	
Puede ser utilizado en motocicletas que incorporen convertidor catalítico	

Realizado por: Autor