

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA MECÁNICA AUTOMOTRIZ



TRABAJO DE APLICACION

NIVEL: LICENCIATURA

**ANALISIS MECANICO AMBIENTAL DE UN MOTOR A GASOLINA
UTILIZANDO DISTINTOS TIPOS DE COMBUSTIBLES
COMERCIALIZADOS EN BOLIVIA**

Presentado por: Emiliana Quispe Quispe

LA PAZ – BOLIVIA

Octubre - 2019

INDICE

INDICE DE FIGURAS	I
INDICE DE TABLAS	III
INDICE DE CUADROS	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1. Identificación del problema.....	2
2.2. Formulación del problema de investigación	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos específicos	3
4. JUSTIFICACIÓN.....	4
4.1. Justificación técnica	4
4.1.1. 4.2. Justificación económica.....	4
4.1.2. 4.3. Justificación ambiental.....	4
5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
5.1. Combustibles	5
5.2. Gasolina	5
5.1.1 Octanaje	7
5.2.1. Determinación del octanaje	7

5.3.	Tipos de gasolinas y sus Características	7
5.4.	Principales características del motor.....	12
5.5.	Potencia y torque del motor	12
5.5.1.	Rendimiento del motor.....	14
5.6.	Motores térmicos.....	14
5.7.	Elementos estructurales o fijas del motor.....	16
	Bloque motor.	16
5.8.	Análisis de gases combustión.....	17
5.9.	Componentes de los Gases de Escape	19
5.10.	EQUIPOS UTILIZADOS.....	23
5.10.1.	Analizador de Gases	23
5.11.	ANALIZADOR DE GASES COMBINADO PARA MOTORES DE GASOLINA, GAS Y DIÉSEL MODELO: MET 6.3	24
5.12.	DINAMOMETRO HIDRAULICO.....	28
5.12.1.	Dinamómetro MWD (Accudyno).....	29
6.	MARCO PRÁCTICO.....	32
6.1.	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL MOTOR TOYOTA 5A	32
6.2.	Calibración del analizador de gases MAHA con gas de calibración.....	34
6.3.	INSTALACION DEL DINAMOMETRO HIDRAULICO	36
6.3.1.	Característica de operación.....	38
6.3.2.	Componentes e instalación del dinamómetro hidráulico.....	39
6.3.3.	Operación	47

6.4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS GASES DE ESCAPE	48
6.4.1. Medición del Monóxido de carbono utilizando los tres tipos de combustibles (gasolina especial, gasolina Premium y gasolina Ron 91).....	49
6.4.2. Medición de los Hidrocarburos	53
6.4.3. Resultado obtenido utilizando la gasolina.....	58
6.4.4. Resultado obtenido utilizando la gasolina premium.....	59
6.4.5. Resultado obtenido utilizando la gasolina súper 91	60
6.4.6. Promedio de máximos y mínimos.....	61
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
7.1. Conclusiones.....	63
7.2. Recomendaciones.....	64
8. Bibliografía.....	64
ANEXOS	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gasolina especial.....	8
Figura 2 Gasolina súper 91	10
Figura 3 Gasolina Premium.....	11
Figura 4 Grafica de potencia y torque	13
Figura 5 Elementos del motor (mapa conceptual).....	15
Figura 6. Elementos del motor	16
Figura 7. Elementos fijos del motor	17
Figura 8. Composición de los Gases de escape	20
Figura 9. Analizador de los gases de escape.....	24
Figura 10.Vista interior del equipo MAHA	26
Figura 11. Componentes del analizador de gases	27
Figura 12 .Funciones realizadas del analizador de gases.....	27
Figura 13. Dinamómetro Hidráulico.....	28
Figura 14. Curva de absorción de potencia NHS 305	29
Figura 15.Diagnostico del estado del motor	32
Figura 16. Medición de la compresión del motor.....	33
Figura 17.Verificación de componentes del motor	34

Figura 18. Gas de calibración.....	35
Figura 19. Instalación del equipo analizador de gases con el gas de calibración	35
Figura 20.Motor Toyota y Dinamómetro Hidráulico	36
Figura 21.Celda de carga fijado en el Dinamómetro	37
Figura 22. Dinamómetro hidráulico	37
Figura 23. Bomba de agua.....	39
Figura 24. Depósito de agua	40
Figura 25. Válvula regulable.....	41
Figura 26. .Manómetro	42
Figura 27. Reloj del manómetro	42
Figura 28. Sensor de revoluciones.....	43
Figura 29.Central atmosférica y cable de comunicación	43
Figura 30.Central de datos y cable de comunicación.....	44
Figura 31. Instalación de programa.....	45
Figura 32.Pantalla principal del programa Accudyno	45
Figura 33.Acoplamiento del motor al dinamómetro con una junta homocinética	46
Figura 34. Selección de Normas de medición.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Composición de la Gasolina.....	8
Tabla 2.Especificaciones de la gasolina especial.....	9
Tabla 3.Costos de los combustibles en el mercado	11
Tabla 4.Límites máximos permisibles de emisiones	22
Tabla 5.Contaminación vehicular en la salud	23
Tabla 6.Limites permisibles de contaminación	48
Tabla 7.Limites permisibles de contaminación de emisión de gases	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Especial CO	49
Cuadro 2. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium CO	49
Cuadro 3. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 CO	50
Cuadro 4. Medición de los gases de escape utilizando gasolina CO ₂	51
Cuadro 5. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium CO ₂	51
Cuadro 6. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 CO ₂	52
Cuadro 7. Medición de los gases de escape utilizando gasolina HC	53
Cuadro 8. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium HC	53
Cuadro 9. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 HC	54
Cuadro 10. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Ox	55
Cuadro 11. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium Ox	55
Cuadro 12. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 Ox	56

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a los docentes de la carrera de Mecánica Automotriz de la Facultad de Tecnología que me contribuyeron con sus conocimientos y sabiduría.

Al Ing. Ricardo Paz Zeballos por guiarme y colaborarme en la realización de este proyecto, y a las personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar estos estudios con éxito.

DEDICATORIA

Primeramente agradezco a Dios por darme fortaleza y sabiduría para culminar una etapa más de mi vida.

A mis padres Pedro Quispe Apaza y Manuela Quispe por su cariño, comprensión y por todo el apoyo que me brindaron durante toda mi formación universitaria. A mis hermanos quienes me dieron su apoyo incondicional y en especial a mi abuelita Gregoria quien siempre me guió y me dejó todas sus enseñanzas, quien ahora me cuida desde el cielo.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de estudio del proyecto es el análisis del comportamiento funcional y ambiental de un motor Toyota 5A cuando se apliquen distintos tipos de gasolinas.

El gobierno boliviano busca implementar la norma europea, dando un giro en el uso de combustibles menos contaminantes.

El parque automotor es el responsable del 70% de la contaminación del aire en el país, “La principal problemática relacionada con la contaminación atmosférica es el parque automotor, por lo que se recomienda al transporte público y privado realizar el mantenimiento constante de sus vehículos”. Bolivia está ubicada en la posición número 97 de consumo de combustibles en el mundo, pues la demanda de combustibles en el país ha aumentado aceleradamente.

El anuario estadístico 2012 del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, detalla que el consumo nacional de gasolina alcanzó los 3.238.683 litros por día, a pesar de intentar contrarrestar esta creciente demanda de gasolina, con proyectos de incentivo al uso del Gas Natural Vehicular según Schlumberger, (2003-2004).

En Bolivia los sistemas de transporte que utilizan un motor de combustión interna, constituyen una de las actividades más contaminantes que el hombre realiza todos los días, debido a los gases emanados hacia el medio ambiente, producto de la combustión de hidrocarburos tales gases son el dióxido de carbono, monóxidos de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno.

A nivel mundial se estudian diferentes alternativas de solución para abastecer el requerimiento energético en el campo automotriz incorporando al mercado nuevas fuentes de energía menos contaminantes.

Para lograr este objetivo, YPFB pretende incrementar la calidad de las gasolinas en Bolivia

La gran mayoría de estudios relacionados con los MCI, se basan en disminuir el consumo de combustibles y en la reducción de emisiones contaminantes. Emisiones de vehículos son una fuente importante de contaminación del aire urbano. La contaminación del aire es un problema bien conocido que oscila entre los problemas locales de calidad del aire, hasta los efectos globales que de la humanidad se enfrenta.

Para el estudio del análisis se realizaran comparaciones del funcionamiento del motor destacando las variaciones en el desarrollo de la potencia, torque, consumo de combustible y sobre todo el nivel de contaminación utilizando distintos tipos de combustibles (gasolina) en proporciones adecuadas e iguales para cada ensayo

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

El problema que se observa en nuestro medio es que se desconoce los resultados de indicadores reales de los motores, tales como ser la potencia, torque y en especial la emisión de contaminantes utilizando los distintos tipos de combustibles que se comercializan en nuestro país en la actualidad.

2.2. Formulación del problema de investigación

Los aspectos descritos determinan un problema que debe ser atendido desde un punto de vista técnico, para tal efecto se formula el siguiente problema de investigación:

¿Cómo realizar el análisis de rendimiento y emisión de gases del motor Toyota 5A utilizando diferentes tipos de combustibles alternativos para obtener datos

experimentales del rendimiento mecánico del motor y emisión de gases contaminantes?

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo del rendimiento mecánico y emisión de contaminantes de un motor a gasolina utilizando distintos tipos de combustibles comercializados en Bolivia.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar y evaluar las condiciones de funcionamiento del motor.
- Instalación, adaptación del dinamómetro y el acoplamiento de este al motor para realizar sus respectivas pruebas.
- Utilizar un dinamómetro hidráulico de banco para la determinación del rendimiento mecánico (potencia y momento torsor) del motor.
- Evaluar el rendimiento mecánico midiendo la potencia y el momento torsor del motor utilizando diferentes tipos de combustibles comercializados en Bolivia para obtener datos comparativos.
- Medir la emisión de gases contaminantes de los diferentes combustibles utilizados, con el equipo MAHA MET 6.3.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos experimentalmente para determinar la eficiencia de los tres tipos de combustibles utilizados.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. Justificación técnica

Desde un punto de vista técnico, el desarrollo del proyecto se justifica porque: El siguiente trabajo va dirigido hacia la investigación del comportamiento de los nuevos combustibles que hoy en la actualidad se van generando en Bolivia.

Para obtener pruebas de potencia y momento torsor del motor, se deben realizar las reparaciones y ajustes necesarios que garanticen el buen funcionamiento del motor, permitiendo así obtener valores confiables de comportamiento ante el uso de estos combustibles.

4.1.1. 4.2. Justificación económica

En la actualidad YPFB busca mejorar la calidad de los combustibles y la disminución de los gases contaminantes provocados por el parque automotor para esto se esta comercializando la gasolina especial de 85 ahora 87 de octanaje manteniendo el precio de 3.74 Bs./lt. Y la nueva gasolina RON91 tiene 91 octanos y cuesta Bs. 4,40 y la Premium con 95 octanos tiene un costo de Bs. 4,79. El nivel de octanaje permite dar mayor eficiencia al motor y es recomendada para vehículos de alta gama.

4.1.2. 4.3. Justificación ambiental

Con el desarrollo del proyecto se podrá aportar al conocimiento de datos calculados experimentalmente (mediante la práctica de mediciones; de contaminación con uso de un analizador de gases), sobre el comportamiento de los gases residuales de un motor a gasolina después de aplicar los distintos tipos de combustibles. Lo cual ayudara a tener datos reales sobre el uso de estos combustibles y así poder saber con más certeza en que cantidad los gases contaminantes son expulsados hacia el medio ambiente.

CAPITULO II

5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

5.1. Combustibles

La gasolina es un producto obtenido en la destilación fraccionada del petróleo crudo, esto significa que depende del crudo que se destile es una fracción única o una mezcla de diversas fracciones, está formada de una mezcla de hidrocarburos de peso molecular no muy elevado debe ser volátil, par que queme fácilmente y para mejorar el arranque en frio, pero no tanto como para formar demasiado vapor con el tiempo caluroso.

5.2. Gasolina

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos, inflamables y volátiles logrados tras la destilación del petróleo crudo. Tradicionalmente, se la emplea como combustible en los motores de explosión interna con encendido a chispa convencional, o en su defecto, por compresión y también como disolvente.¹

Las gasolinas empleadas en los motores de combustión interna requieren determinadas características en cuanto a volatilidad, tensión de vapor, poder calorífico, resistencia al picado, que son cualidades que establece la calidad del combustible.

La volatilidad de una gasolina, es el rango de temperatura desde que comienza a hervir la mezcla hasta que se evapora todo el líquido normalmente hasta los 200°C.

El calor de vaporación, es la cantidad de energía necesaria para transformar un líquido en vapor a temperatura y presiones constantes.

¹ (Ucha, Julio 2011)

Fluidez y punto de congelación, esta propiedad se valora según el poder de filtración, el cual representa la temperatura más baja mediante pruebas, en donde el combustible puede fluir por su propio peso. Es un factor importante dado que es necesario que el combustible fluya libremente a la temperatura más baja posible. La resistencia al frío de la gasolina se caracteriza por el punto de cristalización, en las gasolinas comunes este punto generalmente se presenta por debajo de -20°C .

Pureza y residuos de contaminación, los combustibles deben estar libres de impureza de tal manera que no dificulten el funcionamiento del motor. Con este propósito se limita la cantidad de azufre, la acidez y el porcentaje de sustancias resinosas. Los dos primeros originan compuestos corrosivos que afectan distintos componentes del motor. Las sustancias resinosas, conocidos como gomas tienden a formar depósitos en los conductos de aspiración, segmentos y otras partes que dificultan su funcionamiento.

Consumo de aire, es la cantidad de aire necesaria para la combustión completa de un carburante.

Dicha cantidad debe resistir determinada compresión sin auto inflamarse o de lo contrario la combustión será descontrolada e ineficiente y el rendimiento del motor muy bajo, el Numero de Octanos mide esa capacidad y se conoce como Octanaje de la gasolina, de manera mientras mayor sea el número de Octanos más alta es la capacidad de comprimirse sin auto inflamación.

Peso específico, esta propiedad es utilizada para designar los diferentes tipos de combustible, permitiendo calcular los datos de volumen y peso.

Cenizas residuales, cuando se quema un combustible queda un residuo sólido que se conoce como cenizas, son frecuentemente abrasivas y desgastan el motor rápidamente por eso se limita la cantidad residuales de ellas en la gasolina.

5.1.1 Octanaje

Octanaje o número de octano es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.

5.2.1. Determinación del octanaje

Para determinar la calidad antidetonante de una gasolina, se efectúan corridas de prueba en un motor, de donde se obtienen dos parámetros diferentes: El Research Octane Number (Número de Octano de Investigación) que se representa como RON o simplemente R y que se determina efectuando una velocidad de 600 revoluciones por minuto (rpm) y a una temperatura de entrada de aire de 51.7°C (125°F) El Motor Número de Octano del Motor que se representa como MON o simplemente M y se obtiene mediante una corrida de prueba en una máquina operada a una velocidad de 900 revoluciones por minuto y con una temperatura de entrada de aire de 149°C (300°F).

Para propósitos de comercialización y distribución de las gasolinas, los productores determinan el octanaje comercial, como el promedio de los números de octano de investigación (RON) y el octano del motor (MON), de la siguiente forma: ²

$$\text{Número de octano comercial} = \frac{RON+MON}{2} = \frac{R+M}{2}$$

5.3. Tipos de gasolinas y sus Características

Gasolina Especial. Es un líquido inflamable, ligero, compuesto por una serie de hidrocarburos volátiles obtenidos del petróleo.

² (Castillo, Septiembre 2013)

Es de color cristalino amarillento y olor característico. Su principal característica es el octanaje o grado de resistencia a la compresión antes de su detonación o ignición de 85 octanos, es un producto sin plomo.

		Componentes de la gasolina de acuerdo a su clase (%).				
		<i>Parafinas</i>	<i>Isoparafinas</i>	<i>C. Aromáticos</i>	<i>Nafalenos</i>	<i>Oleofinas</i>
Gasolina	Octanaje 87 (Nova)	9.59	38.34	38.61	6.10	7.36
	Octanaje 89 (Magna)	9.06	38.13	43.36	3.84	5.60
	Octanaje 92 (Premium)	7.48	39.68	43.36	3.26	6.22
	JP-4 Jet (Combustible)	29.34	31.02	23.90	13.16	2.58
	P / aviación	3.33	74.22	21.92	0.51	0.01

Tabla 1. Composición de la Gasolina

Fuente. Connuee Movilidad y Transporte

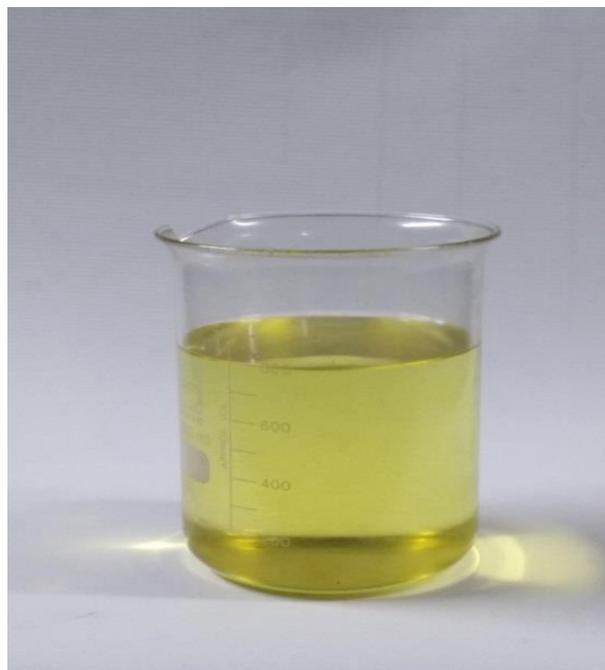


Figura 1 Gasolina especial

Fuente: Elaboracion propia

PRUEBA	VERANO (*)		INVIERNO		UNIDAD	METODO ASTM		
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Informar		Informar			D-1298	D-4052	
Relación V/L=20 (760 mmHg)	56(133)		51(124)		°C (°F)	D-5188	D-2533	
Tensión de vapor de Reid a 100°F(38°C)	7	9	7	9.5	Psig	D-323	D-4953	D-5191
Contenido de plomo (**)		0.013		0.013	g Pb/ lt	D-3237	D-5059	
Gomas existentes		5		5	mg/100ml	D-381		
Azufre total		0.05		0.05	% peso	D-1266	D-2622	D-4294
Octanaje RON	85				85	D-2699		
Octanaje MON	Informar		Informar			D.2700		
Índice antidetonante (RON+MON)/2	Informar		Informar					
Color	Incolora a ligeramente amarillo					Visual		
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual		
Poder calorífico	Informar		Informar		BTU/lb	D-240		
Destilación Engler (760 mmHg) (***)						D-86		
10% vol.		65(149)		60(140)	°C (°F)			
50% vol.	77(170)	118(245)	77(170)	116(240)	°C (°F)			
90% vol.		190(374)		185(365)	°C (°F)			
Punto final		225(437)		225(437)	°C (°F)			
Residuos		2		2	%Vol			
Contenido de aromáticos totales		42		42	% vol.	D-1319	D-5134	D-5769
Contenido de olefinas		18		18	% vol.	D-1319	D-5134	D-6729
Contenido de benceno		3		3	% vol.	D-4053	D-5134	D-3606
Contenido de manganeso		18		18	mg Mn/ lt	D-3831		
Contenido de oxígeno		2.7		2.7	% peso	D-2504	D-4815	

Tabla 2.Especificaciones de la gasolina especial

Fuente: ANH

Gasolina Ron 91. Es también un líquido inflamable, producto sin plomo y mayor octanaje 91 octanos, es de color rojo con la cual se la identifica en el mercado, formulada para automóviles con convertidor catalítico y motores de alta relación de compresión.



Figura 2 Gasolina súper 91

Fuente: Elaboración propia

Gasolina Premium. Es también un líquido inflamable, producto sin plomo y mayor octanaje 95 octanos.

Es de color purpura con la cual se la identifica en el mercado, formulada para automóviles con convertidor catalítico y motores de alta relación de compresión.³

³ (YPFB, 2017)



Figura 3 Gasolina Premium

Fuente: Elaboración propia

PRECIOS MERCADO INTERNO DE LOS PRODUCTOS REGULADOS AL CONSUMIDOR FINAL											
GESTION	GASOLINA ESPECIAL	GASOLINA PREMIUM	GASOLINA SUPER 91	GASOLINA SUPER ETANOL 92	GASOLINA DE AVIACION	DIESEL OIL	JET FUEL NACIONAL	GLP	KEROSENE	GAS OIL	GAS NATURAL VEHICULAR
	Bs/L	Bs/L	Bs/L	Bs/L	Bs/L	Bs/L	Bs/L	Bs/Kg	Bs/L	Bs/L	Bs/m ³
Dec-10	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-11	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-12	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-13	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-14	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-15	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-16	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-17	3.74	4.79	-	-	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Dec-18	3.74	4.79	4.40	4.50	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66
Apr-19	3.74	4.79	4.40	4.50	4.57	3.72	2.77	2.25	2.72	1.10	1.66

Tabla 3. Costos de los combustibles en el mercado

Fuente: ANH

5.4. Principales características del motor

Los factores más importantes para un diseñador y usuario de un motor son :

- Las curvas características dadas por la potencia, el torque y la eficiencia global.
- El rendimiento volumétrico.
- El consumo específico del combustible.
- El ruido y la emisión de poluentes dentro del rango de operación.
- El costo de la instalación y al durabilidad del motor.

La performance de un motor se define más precisamente por:

- La potencia máxima a cada velocidad dentro del rango de operación del motor.
- El rango de velocidades y potencia en el que el motor es satisfactorio.

5.5. Potencia y torque del motor

La potencia de cualquier motor es su capacidad para realizar un trabajo. Ese trabajo, en un coche, consiste en moverlo. Tanto acelerar como mantenerse a velocidad constante implican un trabajo a realizar por el motor. La potencia es el producto de dos factores, par y régimen de giro.

Par de giro es la fuerza con la que da vueltas el motor. Cuanta más fuerza tenga al dar cada vuelta, más capacidad tendrá para realizar un trabajo.

Régimen de giro es el número de vueltas que da por unidad de tiempo, en general, revoluciones por minuto. Cuantas más vueltas dé por minuto, más capacidad tendrá, también, para realizar un trabajo.⁴

⁴ (Artez, 2011)

$$P = T * w = \frac{2\pi * T * n}{60}$$

P: Potencia del motor (kW)

T: Torque o par motor (Nm)

w: Velocidad angular del eje del cigüeñal (rad/s)

n: Revoluciones por minuto (rpm)

El torque (par motor o momento de fuerza), es una capacidad de desarrollar fuerza por parte del sistema motriz. En este caso, más que una capacidad propia del motor, es una capacidad del conjunto motriz, ya que podemos aumentar el torque disponible, con recursos externos al motor. (Zúñiga, 2012)

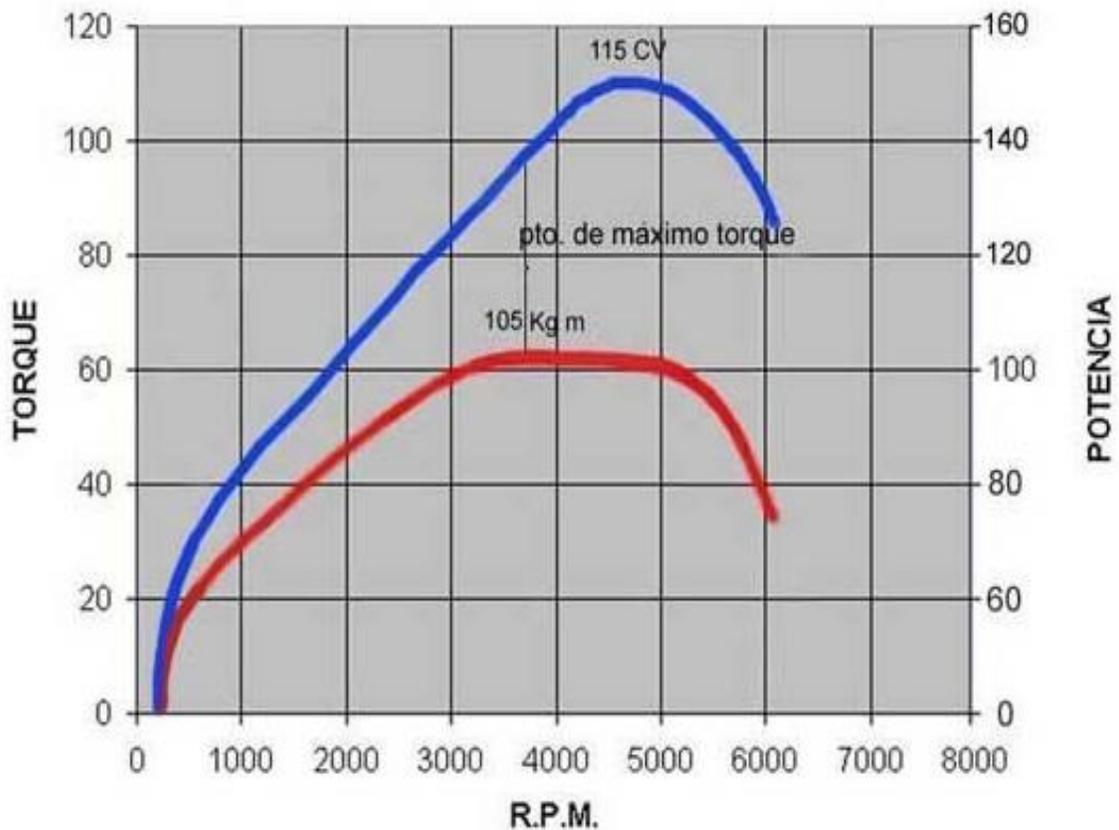


Figura 4 Grafica de potencia y torque

Fuente: Elaboración propia

5.5.1. Rendimiento del motor

El motor de combustión interna es una máquina que transforma energía mediante el siguiente proceso:

Energía química (combustible), energía térmica (combustión), energía mecánica (desplazamiento del pistón).

La energía contenida en el combustible, de origen químico, se transforma en calor mediante la combustión.

De este modo, el consiguiente aumento de presión provoca el desplazamiento del pistón, obteniéndose así energía mecánica.

En este proceso no toda la energía del combustible es transformada en trabajo útil. Una buena parte se pierde, por lo que la energía aprovechable que se obtiene es menor a la inicial. El balance resultante entre la cantidad de energía aportada la obtenida en una máquina se denomina rendimiento y se expresa como un porcentaje del trabajo que se aporta.

$$n = \frac{\text{energía obtenida}}{\text{energía aportada}} * 100$$

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

5.6. Motores térmicos

La energía química en forma de combustible que se almacena en el depósito de los vehículos se transforma en energía mecánica o movimiento gracias a los motores. En los vehículos actuales, los elementos constructivos de los motores siguen siendo los mismos que antaño, aunque se han modificado sus formas constructivas, sus

materiales, la tecnología de fabricación, etc. La clasificación de los elementos constructivos del motor es la siguiente.

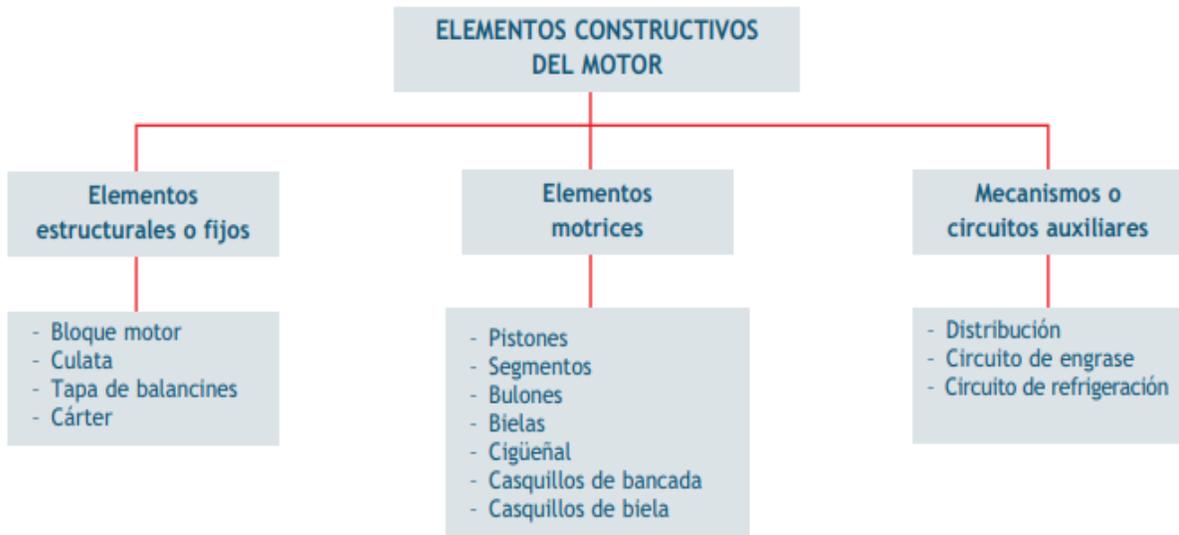


Figura 5 Elementos del motor (mapa conceptual)

Fuente: Elaboración propia

De forma general, los ciclos de los motores se dividen en cuatro tiempos: El tiempo de admisión. El motor recibe gases frescos. El tiempo de compresión. Los gases se comprimen y se hacen más inflamables. El tiempo de expansión. Se produce la combustión y con ella el aporte de trabajo mecánico hacia la transmisión. El tiempo de escape. Los gases quemados se evacúan para volver a admitir gases frescos y repetir este ciclo. Los elementos motrices transforman un movimiento lineal alternativo del pistón en uno rotatorio en el cigüeñal. La distribución se encarga de abrir y cerrar los conductos de entrada de gases frescos y salida de gases quemados. El motor además debe ser lubricado por un circuito de engrase para evitar daños y pérdidas energéticas por rozamientos y también debe ser refrigerado por un circuito de refrigeración para que no se produzcan daños por excesos de temperaturas.

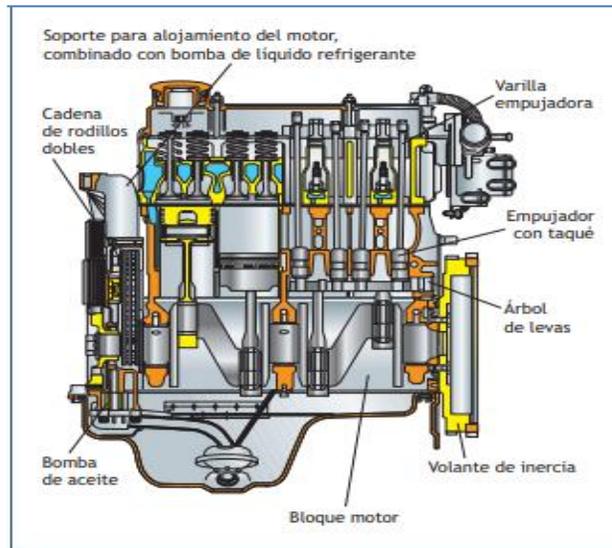


Figura 6. Elementos del motor

Fuente: Elaboracion propia

5.7. Elementos estructurales o fijos del motor

Los elementos estructurales o fijos del motor son piezas que sirven de alojamiento, soporte y guiado a las partes motrices del motor. Los elementos fijos del motor son El bloque motor, la culata, el cárter, la tapa de balancines o de culata.

Bloque motor. El bloque motor es la pieza más importante del motor. Va anclado a la carrocería a través del bloque silencioso que proporciona una unión elástica que se encarga de absorber las vibraciones del motor para que no se transmitan a la carrocería y a sus ocupantes. El bloque tiene practicados unos orificios, llamados cilindros, donde se alojan, guían y desplazan los pistones con un movimiento alternativo. Los cilindros tienen varias utilidades: Recipiente para contener la mezcla aire-combustible que se va a quemar. Cámara de expansión de dicha mezcla. Sobre la parte superior del bloque se practica una cara totalmente plana sobre la que se asienta la culata con interposición de la junta de culata, para conseguir la estanqueidad entre ambas piezas. La unión de estas dos piezas, a través de tornillos de culata, debe ser muy resistente debido a que deben soportar grandes esfuerzos

producidos por la combustión. Sobre la parte inferior se mecaniza la bancada, donde se aloja el cigüeñal con interposición de unos casquillos de fricción. Esta bancada puede ser de sombreretes independientes, en los bloques de función, o de una tapa de bancada o semicárter que es más rígido, sobre todo en los bloques de aleación de aluminio. El cigüeñal es la pieza que recibe el movimiento alternativo de los pistones a través de las bielas y que gira para transmitir el movimiento.

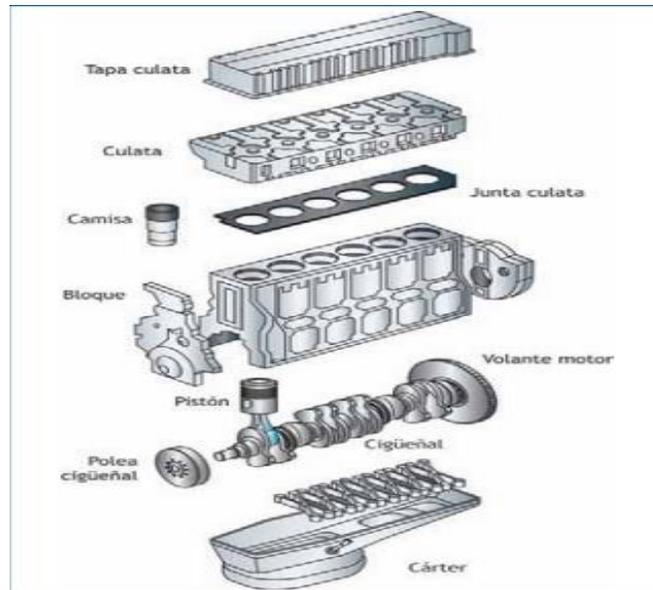


Figura 7. Elementos fijos del motor

Fuente: Elaboración propia

5.8. Análisis de gases combustión

Combustible. Por medio de la destilación fraccionada del petróleo se pueden obtener diferentes tipos de combustibles de características muy diferentes entre sí, esto se debe a que los componentes al ser sometidos al proceso de destilación, poseen puntos de ebullición a diferentes temperaturas, entre este tipo se encuentra.

La gasolina también llamadas naftas, es el principal producto de la refinación del petróleo, corresponden a una mezcla de hidrocarburos utilizados como combustible

en motores de combustión interna, obteniéndose este combustible entre los 40°C y los 200°C.

La calidad de una gasolina o bencina utilizada en un motor de combustión (auto, avión) indica las cualidades antidetonantes de este combustible, La gasolina comercial es una mezcla de hidrocarburos, y cuando se combina con aire y se comprime fuertemente tiene la tendencia a inflamarse en forma más bien explosiva. El agregado de pequeñas cantidades de algunos compuestos a la gasolina permite reducir notablemente las propiedades detonantes del combustible y, por lo tanto, la utilización de mayor compresión en los cilindros, lo que se traduce en mayor potencia para el automóvil.

Ciertas sustancias químicas que se encuentran en los combustibles pueden evaporarse fácilmente, en tanto otras pueden disolverse más fácilmente en agua.

Al decir combustión nos referimos a una mezcla de aire más gasolina que han reaccionado al aplicarles una energía de activación. En este proceso el oxígeno necesario se encuentra en el aire.

Combustible + Aire → Gases de combustión



En donde:

C_xH_y: Combustible.

O₂: Oxígeno.

CO₂: Dióxido de carbono.

H₂O: Agua.

Como resultado del funcionamiento del motor la reacción química anterior no se produce nunca tan perfecta resultando una serie de gases nocivos. Se dice que es una combustión completa. Casi siempre es incompleta.

Función del combustible. El combustible en un motor produce energía química (cámaras de combustión) la cual es transformada en energía mecánica (cigüeñal, eje de levas, pistones). En un motor diesel cuando se atomiza y se mezcla este contenido con aire a alta presión al interior de las cámaras de combustión. Se inflama y la energía se desprende para empujar los pistones hacia abajo y hacer girar el cigüeñal. Un combustible ideal se quemaría por completo, arrojando como disposición final cero contaminantes debido a que toda esta energía desarrollada en el transcurso del proceso se aprovecharía al máximo, sin dejar residuos ni humo.

5.9. Componentes de los Gases de Escape

El aire está compuesto básicamente por dos gases: nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N_2) del 79 % mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21 %. El nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y tal como entra en el cilindro es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de nitrógeno (NO_x). El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla.

Cuando se habla de la composición de los gases de escape de un vehículo se utilizan siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos. Decir que estas sustancias representan una fracción muy pequeña del total de los gases de escape. Debido a ello, antes de describir las diferentes sustancias que integran los gases de escape, se muestra a continuación la composición aproximada de los gases que despiden los motores a gasolina y diesel.

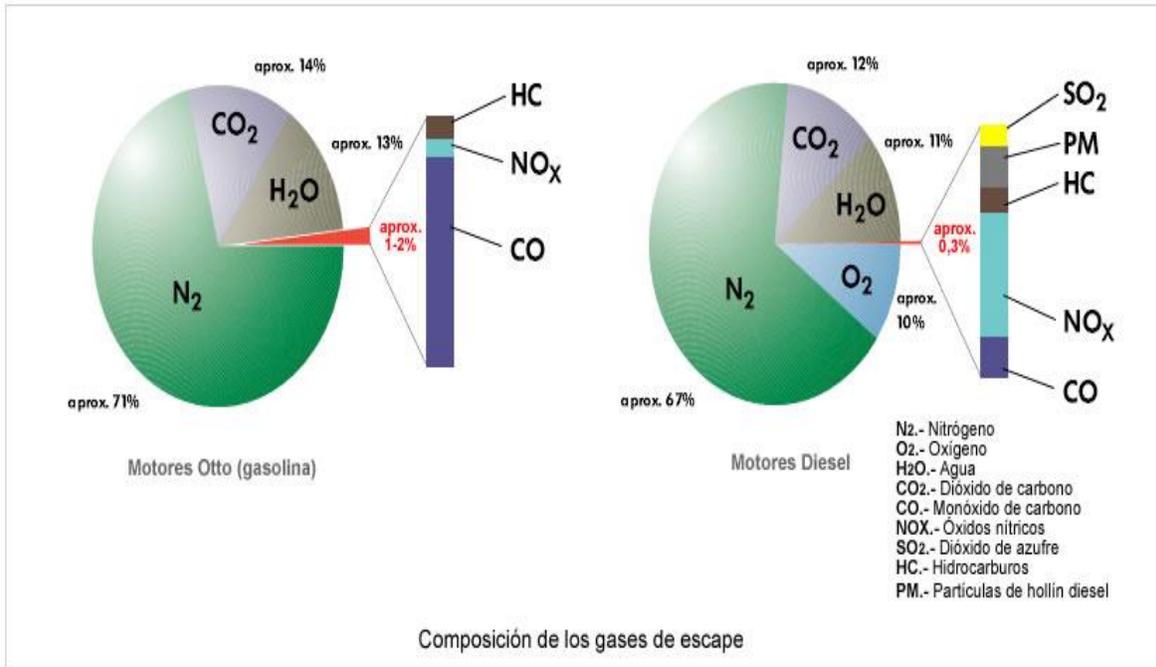


Figura 8. Composición de los Gases de escape

Fuente. Aficionados a la Mecánica

En una combustión real nos podemos encontrar varios compuestos:

Inofensivas: Nitrógeno, Oxígeno, CO₂, hidrogeno y vapor de agua.

Nocivas: Monóxido de carbono CO, Hidrocarburos HC, Óxidos de Nitrógeno, Plomo y compuestos de plomo Pb, Dióxidos de azufre SO₂, hollín, etc.,

Monóxido de carbono CO: Se produce cuando hay poco oxígeno disponible para la combustión y por tanto no llega para quemar todo el carbono del combustible completamente quedando átomos de carbono unidos a solo un oxígeno formando el CO. Es letal para los seres vivos ya que por ejemplo en el hombre puede fijarse a la hemoglobina 5 veces mejor que el oxígeno. Se genera en el interior del motor. En concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina,

incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.

Hidrocarburos HC: son los restos de hidrocarburos sin quemar que salen por el escape. Se producen por mezclas pobres en Oxígeno es nocivo, cancerígeno e irritante. Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. Los hidrocarburos también llamados bencenos, son venenosos por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas, también causa cáncer.

Óxidos de Nitrógeno: resulta al combinarse el oxígeno y el nitrógeno debido a las altas temperaturas que se alcanzan dentro del motor y a las altas presiones. En la cámara de combustión se forma el NO. Al abrirse la válvula de escape los gases pasan al conducto de escape donde se combinan con oxígeno para formar NO₂. Por tanto en el escape se encuentran NO y NO₂ de ahí que para aglutinarlos decimos que hay restos de NO_x. Irrita el aparato respiratorio pudiendo dañarlo gravemente.

Compuestos de Plomo: Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. El Plomo se usa en los motores para evitar la detonación y para lubricar las válvulas de admisión y escape.

Es venenoso, el inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetraetilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas.

En las gasolinas sin plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano

Dióxido de Azufre: Se encuentra en los combustibles como impureza. La emisión de SO₂ es pequeña en los motores de gasolina. En los Diesel es superior por el tipo de

combustible utilizado. Al mezclarse con vapor de agua, es responsable de las lluvias ácidas.⁵

La Norma Boliviana de IBNORCA 06-2002 ha sido creada para establecer la clasificación y los límites permisibles para las emisiones generadas por fuentes móviles.

Límites máximos permisibles para vehículos a gasolina con motor de 4 tiempos

VEHÍCULOS A GASOLINA			
años de fabricación	CO % de volumen	HC (ppm)	
		altura sobre el nivel del mar	
		Hasta 1800 msnm	Mayor a 1800 msnm
Hasta 1997	6	600	650
1998-2004	2,5	400	450
2005 en adelante	0,5	125	125

Tabla 4. Límites máximos permisibles de emisiones

Fuente. Norma Boliviana IBNORCA 062002

La contaminación vehicular ocasiona diversos problemas a la salud a los habitantes de la ciudad que conviven día a día con el parque automotor. La emisión de gases del escape de los automóviles que emanan al medio ambiente los responsables del desgaste de la capa de ozono, así como también de las enfermedades que padecen los seres humanos.

⁵ (<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS+DE+GASES.pdf>)

Incidencia de la contaminación vehicular en la salud

Sustancia		EFECTOS
CO	Monóxido de carbono	Dolor de cabeza, mareos, náuseas, parálisis respiratoria.
NOx	Óxidos de nitrógeno	Enfermedades de las vías respiratorias (especialmente con la presencia de dióxido de azufre SO ₂)
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	Enfermedades de las vías respiratorias (especialmente con la presencia de dióxido de azufre SO ₂)
HC	Hidrocarburos no quemados (benzopireno, benzol)	Cáncer de pulmón, cáncer de piel.

Tabla 5. Contaminación vehicular en la salud

Fuente. Dirección de Medio Ambiente –GMSC

5.10. EQUIPOS UTILIZADOS

5.10.1. Analizador de Gases

Un analizador de gases de escape es un instrumento utilizado para medir, en el escape de un coche, la cantidad de monóxido de carbono y otros gases, causados por una combustión incorrecta.

Cuando un analizador de gases, se usa en combinación con otros equipos de diagnóstico, se convierte en una de las más importantes herramientas para diagnosticar adecuadamente problemas relacionados con el funcionamiento del motor en general. Un analizador de cuatro gases, está equipado con una bomba de vacío, que arrastra los gases de escape a través de una manguera de muestra insertada en el tubo de escape del automóvil y de ahí al analizador de gases, donde una muestra de gas de escape pasa al interior del analizador una emisión de luz infrarroja es proyectada a través de la muestra de gas de escape.

Es recomendable tomar lecturas por medio del analizadores en algunos motores de la misma marca y del mismo modelo, a fin de establecer valores de referencia.



Figura 9. Analizador de los gases de escape

Fuente: Elaboración propia

5.11. ANALIZADOR DE GASES COMBINADO PARA MOTORES DE GASOLINA, GAS Y DIÉSEL MODELO: MET 6.3

El analizador de gases combinado MET 6.3 concilia la tecnología de medición de gases de gasolina y diésel más moderna en una compacta carcasa. Este singular concepto permite al usuario tanto una aplicación como comprobador de gases, como múltiples posibilidades para el diagnóstico de gases de escape.

Utilización reglamentaria del equipo

- Este analizador de gases está diseñado únicamente para la toma y análisis de gases de escape en automóviles.

- La temperatura máxima de los gases de escape al utilizar la sonda suministrada es de 250 °C.
- La temperatura máxima de los gases de escape al utilizar la sonda para altas temperaturas opcional es de 750 °C.
- La temperatura de operación es 5...45 °C.
- El aparato no es adecuado para el uso en espacios con peligro de explosión y en cabinas lavacoches, también debe protegerse siempre de la humedad.

Descripción del equipo

En el MET 6.3 se han integrado los aparatos “Analizador de 4 gases” y “Opacímetro”. “La toma de muestras se produce en ambas partes del equipo a través de la misma sonda. De este modo es posible medir de forma casi simultánea los siguientes componentes del gas de escape:

- CO en % vol.
- CO₂ en % vol.
- HC en ppm
- O₂ en % vol.
- Grado de opacidad en % Además se calculan los valores siguientes:
- λ (Lambda, relación estequiometrica de aire combustible)
- CO corregido en % vol.
- Coeficiente de opacidad en m⁻¹
- Concentración de masa de hollín en mg/m³

En función de la autorización el equipo dispone de una pantalla y un teclado de membrana. Aparte de la calibración, aquí pueden realizarse todas las entradas necesarias para el funcionamiento.

Para poder realizar una inspección de gases conforme a la ley el equipo debe funcionar con un PC con el correspondiente software para emisiones “MAHA

Emission Software” (MES). En este caso el MET se controla desde el PC. Las partes del software específicas de cada país se describen en instrucciones separadas.

Calibración

El MET 6.3 está sujeto a la obligación de calibración. La primera calibración se produce en la fábrica, luego el equipo debe calibrarse anualmente.

Si se daña el sello de calibración, debido a una actualización de software o una reparación, el equipo debe calibrarse de nuevo.

Accesorios

Los accesorios que lleva el equipo MAHA MET 6.3 son:

- Medidor de revoluciones
- Manguera de sonda calentada
- Sonda de temperatura de aceite
- Sonda de escape para gasolina y diesel
- Fuente de alimentación de 60 W
- Tubo hermético para prueba estanqueidad

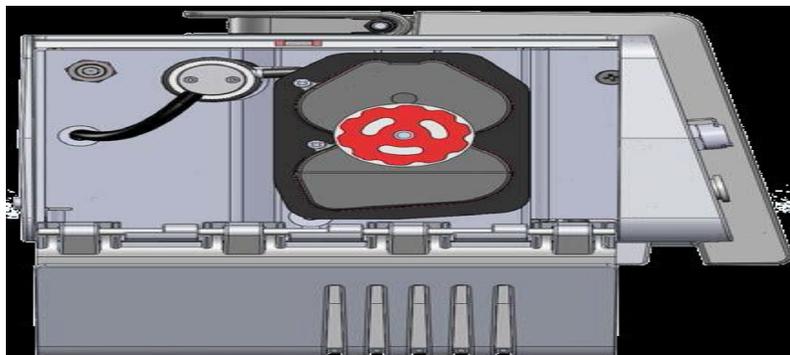


Figura 10. Vista interior del equipo MAHA

Fuente. Manual MAHA



Figura 11. Componentes del analizador de gases

Fuente: Manual MAHA



Figura 12. Funciones realizadas del analizador de gases

Fuente: Manual MAHA

5.12. DINAMOMETRO HIDRAULICO

Un dinamómetro de motor hidráulico, es un dispositivo diseñado para medir y absorber la potencia de salida del motor. Se requiere de la regulación de un caudal de agua variable con una presión del agua para absorber la energía mecánica y extraer el calor generado por este proceso.

Este dinamómetro está formado por un rotor con paletas semielípticas en forma de bolsas, las cuales, al girar arrastradas por el eje del motor producen un movimiento toroidal intenso en el agua existente en la cavidad formada por el rotor y el estator.

Con lo que se transmite cantidad de movimiento desde el primero al segundo, tendiendo a hacer girar a la carcasa, lo que forma un par resistente al giro del rotor, ya que este acoplamiento hidráulico entre ambos elementos produce la transmisión del par del eje a la carcasa.

La medida de este par se puede realizar añadiendo un brazo rígido a la carcasa, al final de este se colocan pesos suficientes para contrarrestar el giro y multiplicando la fuerza ejercida por estos pesos por la distancia al eje del rotor se obtendría el par resistente al movimiento.



Figura 13. Dinamómetro Hidráulico

Fuente. Manual de operación dinamómetro hidráulico

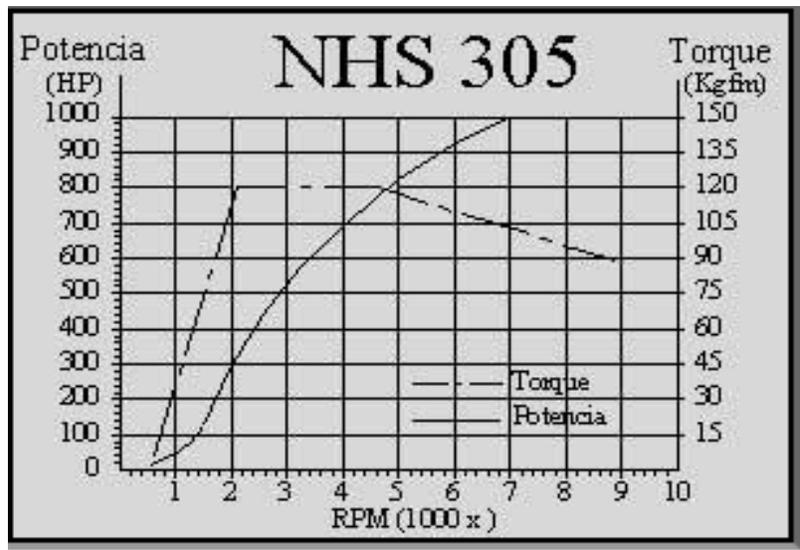


Figura 14. Curva de absorción de potencia NHS 305

Fuente: Manual de operación

5.12.1. Dinamómetro MWD (Accudyno)

ACCUDYNO es un sistema destinado a medir la potencia, el torque y otros parámetros de motores realizando ensayos por barrido (aceleración o desaceleración) o punto por punto. Mediante el uso de sensores, amplificadores y una placa de adquisición de datos captura en tiempo real las diversas variables del motor almacenándolas en un archivo. Estos datos pueden tabularse o graficarse para su posterior análisis. También se puede imprimir un informe con los datos ingresados para su presentación o enviar el archivo por correo electrónico.

Se puede visualizar las variables en el panel principal de instrumentos. Además de configurar alarmas para alertar sobre variaciones de valores fuera de los límites preestablecidos.

Este sistema le permite compensar las variaciones de temperatura, presión atmosférica y humedad y obtener la potencia normalizada utilizando el Factor de Corrección, el mismo se calcula automáticamente a partir de los datos ingresados manualmente o mediante una central atmosférica.

También podrá compensar la inercia de las partes mecánicas (motor, freno) mediante la introducción del Momento de Inercia del sistema.

Hardware

El hardware utilizado por el equipo consta de los siguientes componentes:

- Gabinete Amplificador incluyendo:

- Amplificador de celda de carga con conexión a sensor (solo equipos con Dinamómetro)

- Otras variables solicitadas

- Sensores, incluyendo

- Sensor de RPM. Captor con cable y conector. Imán (según el tipo de sensor)

- Celda de carga con cable y conector.

- Cable serial de conexión a PC.

- Fuente de alimentación.

- Cable de pulsador con pulsador y conector.

- Sensor de RPM de motor (según el modelo).

- Central atmosférica (se vende por separado).

- Cable de sonda lambda y sonda lambda (se venden por separado).

- Sensores de Temperatura/Presión (se venden por separado).

- CD de instalación con este manual y guías de instalación.

Estas especificaciones pueden variar según el modelo del equipo.

Software

El software entregado es el ACCUDYNO, y tiene las siguientes características:

- Adquisición de datos desde el banco de pruebas

- Cálculo de potencia.
- Cálculo de Potencia y torque corregidos por condiciones atmosféricas y por inercia.
- Grafica los datos adquiridos.
- Comparación de gráficos de varios ensayos simultáneamente.

- Muestra una tabla con los datos adquiridos. Incluye datos adicionales y el logo de su empresa.

- Almacena las variables adquiridas desde la placa de adquisición en archivo que puede ser consultado en cualquier momento.

- Limitador de RPM configurable por software.

- Panel de instrumentos con 1 tacómetro y 8 variables más.

- Posibilidad de conexión a central atmosférica para captura de Presión, Humedad y Temperatura ambiente y cálculo automático de Factor de Corrección.

- Almacenamiento de datos adicionales e informativos del motor.

CAPITULO III

6. MARCO PRÁCTICO

6.1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL MOTOR TOYOTA 5A

En el diagnóstico del estado del motor se realizaron diferentes actividades para determinar las fallas y averías en los componentes del motor determinado para realizar las pruebas de emisión de contaminantes y rendimiento del motor. Se realizaron las siguientes actividades:

Evaluación y puesta a punto del motor.

Los pasos procedimentales para el diagnóstico del motor Toyota 5A son:

Medición de la compresión en cada cilindro en esta prueba se obtuvo el valor de (130 psi) para cada cilindro lo que nos indica que hay una buena compresión en el motor.

Verificación del sistema de combustible, lubricación, asegurándonos que el motor se encuentre en buenas condiciones de marcha.



Figura 15. Diagnóstico del estado del motor

Fuente. Elaboración propia



Figura 16. Medición de la compresión del motor

Fuente: Elaboración propia

Revisión de sensores según manual de diagnóstico del motor 5^a para corregir algunas fallas de señal o conexión de circuito, para ello debe realizarse las siguientes acciones

- Limpieza de componentes de la culata de motor
- Revisión visual de las mangueras del radiador
- Ajuste fijo del motor al piso con tornillos para evitar desajustes por vibración
- Ajuste de los elementos móviles del motor como ser pernos sueltos, etc.
- Verificación de aceite y agua del motor que deberán estar en el nivel adecuado



Figura 17.Verificación de componentes del motor

Fuente. Elaboración propia

6.2. Calibración del analizador de gases MAHA con gas de calibración

Para la calibración del equipo MAHA MET 6.3 se necesita un gas de calibración la cual se debería renovar anualmente, el gas de calibración que se utilizó para calibrar el equipo es de las siguientes características:

Propano	1207 ppm
Monóxido de Carbono	4.02 %
Dióxido de Carbono	12.00 %
Nitrógeno	BALANCE



Figura 18. Gas de calibración

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Instalación del equipo analizador de gases con el gas de calibración

Fuente: Elaboración propia

6.3. INSTALACION DEL DINAMOMETRO HIDRAULICO

Los frenos dinamométricos hidráulicos son los encargados de crear un par resistente proporcionando la carga del motor, son adecuados para mediciones de potencia de salida de un motor, se requiere de la regulación de un caudal de agua variable con una presión para absorber la energía mecánica.



Figura 20. Motor Toyota y Dinamómetro Hidráulico

Fuente. Elaboración propia

El dinamómetro MWD contiene un eje con rotor de acero al carbono, con alavés, que gira dentro de una carcasa de fundición con alabes similares, a través de las cuales se hace circular agua corriente a presión. El agua entra a las cámaras del rotor a través de sendos orificios en sus dos caras, en la cámara del rotor es acelerada por los alabes del rotor y desacelerada por los alabes del estator.

Desde el diámetro exterior de las cámaras hacia el centro, el agua forma un núcleo sólido, dirigida aproximadamente a 50% de la velocidad angular del rotor. Finalmente el agua deja las cámaras del rotor a través de los picos calibrados del fondo del

estator la potencia de salida del motor es absorbida y convertida en calor por la interacción del vórtice de agua generada entre el rotor y el estator.

El arrastre resultante produce una resistencia a la rotación y tiende con un esfuerzo igual a girar la carcasa del dinamómetro. La carcasa está impedida de girar por el sensor de reacción de torque (celda de carga) que está fijado en un brazo de apoyo del dinamómetro como se ve en la figura 20.

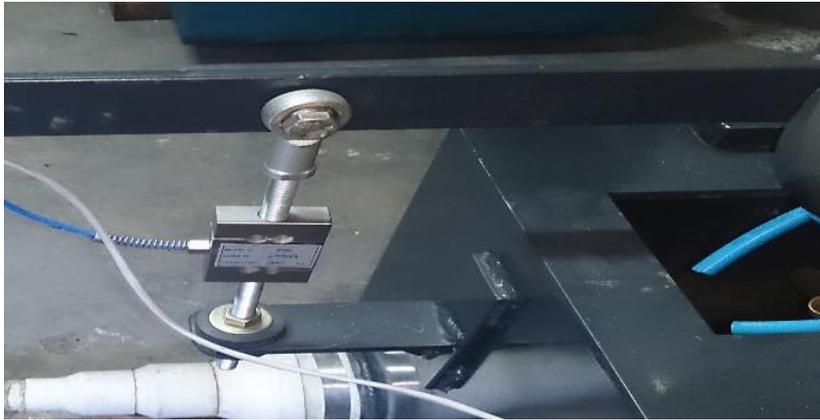


Figura 21. Celda de carga fijado en el Dinamómetro

Fuente. Elaboración propia

El agua parte importante del proceso forma parte del frenado y contribuye en la disipación de la energía absorbida por el dinamómetro.



Figura 22. Dinamómetro hidráulico

Fuente: Elaboración propia

6.3.1. Característica de operación

La potencia absorbida por el dinamómetro hidráulico depende de su velocidad de rotación y de la cantidad de agua en las cámaras del rotor. El nivel de agua en las cámaras del rotor esta modulado con la apertura de la válvula de entrada de agua y el cierre dado en los picos de salida de chicleras.

La carga aplicada (torque aplicado) aumenta:

- Al girar la perilla de control en sentido anti horario

6.3.1.1. Al disminuir el diámetro de los picos o chicleras de salir La carga aplicada (torque aplicado) disminuye:

- Al girar la perilla de control en sentido horario.
- Al aumentar el diámetro de los picos o chicleras de salida.

- Lugar de operación .

Es el lugar (sala de ensayos), donde se realizaron los ensayos para calcular parámetros de potencia, torque y otros. También es el lugar donde se realizó el acoplamiento del motor al dinamómetro y éstos dieran paso al funcionamiento, en nuestro caso la operación se realizó en el Aula Taller de Motores Diesel que tiene las mínimas condiciones para su respectiva instalación y operación.

- Presión de agua

Una presión estable de agua de aproximadamente 4.413 bar. Donde el caudal requerido está en función de la válvula de entrada de agua al dinamómetro. La calidad de agua circulante no afecta el funcionamiento o la exactitud del dinamómetro.

Para lograr estabilidad de operación las fluctuaciones de la caudal deben ser menores que +/- 0.5% del caudal indicado.

6.3.2. Componentes e instalación del dinamómetro hidráulico

Se realizó la instalación del dinamómetro en la sala de ensayos juntamente con los elementos como: mangueras, bombas y otros, para su respectivo funcionamiento pero antes se realizó una inspección.

Inspección.

Se realizó una inspección visual de las partes y componentes del dinamómetro tanto como sus accesorios y los elementos donde se lo instalo adecuadamente.

6.3.2.1. Bomba de agua

Se acoplo dos bombas de agua, la primera de 3 HP de potencia que suministraba a presión el agua suficiente para accionar las partes del dinamómetro y la segunda bomba de 1 HP de potencia que genera depresión para el retorno de agua del dinamómetro al tanque de agua.



Figura 23. Bomba de agua

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.2. Depósito de agua

Básicamente es un contenedor de agua, que se utiliza para realizar el frenado del dinamómetro, el modo e uso es la siguiente el caudal de agua que necesita para ser frenado dependerá de la potencia máxima que se desea medir, aproximadamente se deberá usar más de 30 litros por hora, cuanto mayor sea la medición de potencia se usara más agua, y eso dependerá del caudal necesario que se requiera



Figura 24. Depósito de agua

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.3. Válvula regulable

Se instala la válvula regulable dependiendo del tipo de dinamómetro, si es que la presión es bastante alta entonces las mangueras pueden llegar a sobrecargarse por

la presión que se genera en ese lugar, recomendable usar una válvula reguladora extra para evitar sobre cargas en las mangueras.



Figura 25. Válvula regulable

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.4. Manómetro

Es el que debe garantizar el caudal necesario para que se disipe el calor generado del dinamómetro, la presión no debe sobre pasar los 4 bar.



Figura 26. .Manometro

Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Reloj del manómetro

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.5. Sensor de revoluciones (rpm)

Es de efecto Hall y tiene un conector de imán que toma en cuenta la presencia de un campo magnético para su medición de 100 hasta 10000 rpm.

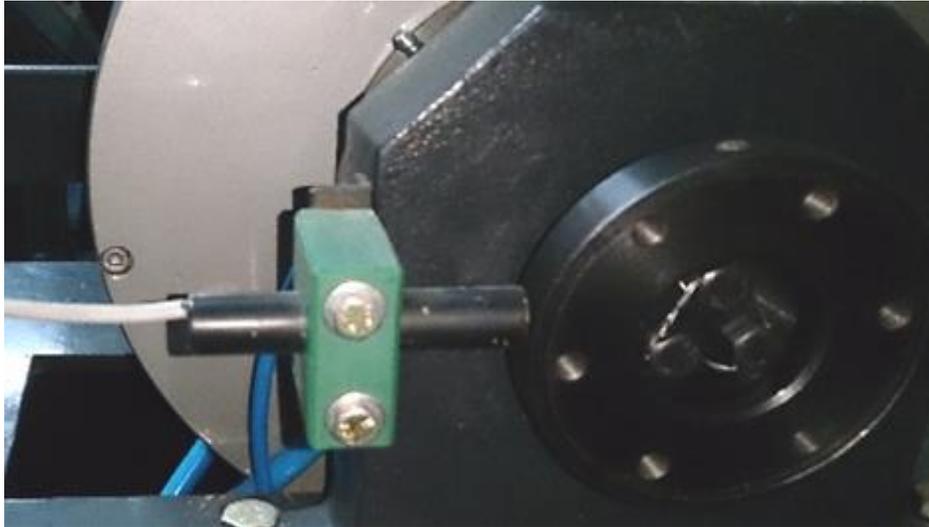


Figura 28. Sensor de revoluciones

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.6. Sensor captador de presión, temperatura y humedad del medio ambiente y cable con pulsador y conector



Figura 29. Central atmosférica y cable de comunicación

Fuente. Elaboración propia

6.3.2.7. Sistema de adquisición de datos y cable de comunicación de datos

En esta central de carga se conectan los sensores mencionados, con su respectivo cable serial de conexión a PC con una longitud estándar de 4 m.



Figura 30. Central de datos y cable de comunicación

Fuente. Elaboración propia

6.3.2.8. Instalación del programa Accudyno

Para la instalación de este programa se utilizó una computadora portátil de marca HP, a la cual instalamos el programa Accudyno con las siguientes características.

- Microprocesador de 1GHz o superior.
- 256 Mb de Ram.
- 40 Mb de espacio en disco.
- Windows XP, Vista o 7.
- Internet Explorer 6 o superior instalado.
- 1 Puerto serie disponible con ficha DB9 (para conexión de la placa de adquisición)



Figura 31. Instalación de programa

Fuente: Elaboración propia

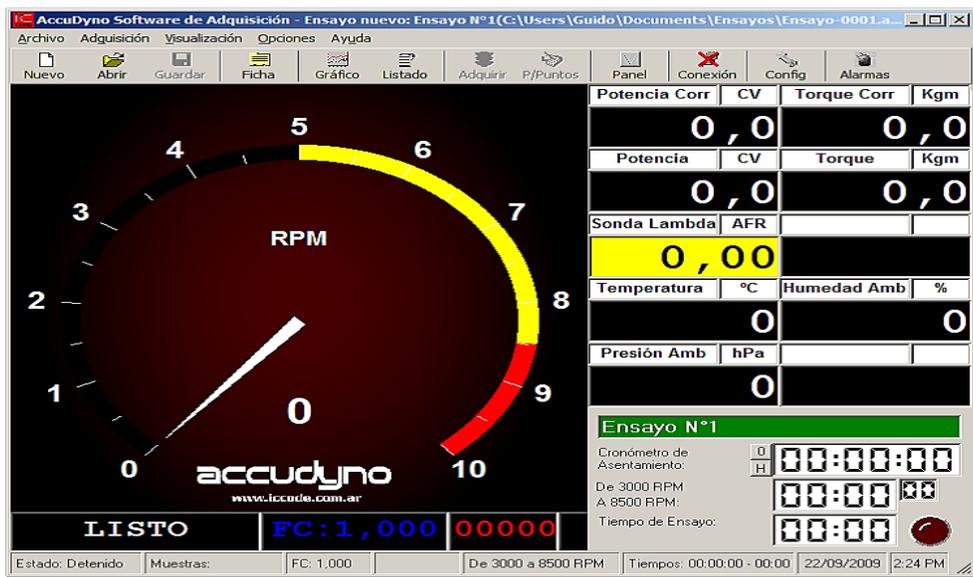


Figura 32. Pantalla principal del programa Accudyno

Fuente. Manual Accudyno

6.3.2.9. Acoplamiento del motor al dinamómetro

Para realizar el acoplamiento primeramente se debe verificar todos los componentes que deberían estar acoplados al motor.

Después se deberá verificar los ejes en los cuales se conectarán el motor con el dinamómetro, para transmitir el movimiento del motor al dinamómetro sin causar excesivas cargas hacia los ejes, para esto es necesario utilizar juntas homocinéticas el cual ayuda a que no exista vibraciones exageradas y elevadas entre el motor y el dinamómetro.



Figura 33. Acoplamiento del motor al dinamómetro con una junta homocinética

Fuente. Elaboración propia

6.3.2.10. Norma de corrección

SAE J1349/2004. La norma más moderna y vigente de SAE. Esta norma se caracteriza por realizar un seguimiento adecuado de las variaciones del motor.



Figura 34. Selección de Normas de medición

Fuente: Manual Accudyno

En la configuración tenemos la selección de la norma que se utilizará para calcular el factor de corrección de la potencia, la SAE J1349 es la norma que se utilizó en el presente trabajo para realizar las mediciones de potencia y momento torsor, la norma SAE J1349 incluye todos los elementos necesarios en el motor, como el ventilador y el radiador, ofreciendo por tanto un valor de potencia 'neta'.

6.3.3. Operación

Antes de realizar el ensayo se realizó las siguientes verificaciones:

- Se hizo girar el dinamómetro controlando su libre rotación
- Se verificó la alineación del dinamómetro y el motor.
- Inspeccionamos que las mangueras y cables conectados al dinamómetro no dificulten la libre oscilación del mismo.
- Encendimos las bombas de agua verificando el correcto funcionamiento de la válvula de retorno.
- Verificamos el engrase de los rodamientos

6.4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS GASES DE ESCAPE

En las siguientes tablas se muestran los límites permisibles de contaminación de emisión de gases del escape para motores a gasolina según año de fabricación, estas tablas nos servirán para comparar los valores obtenidos en las pruebas realizadas de emisión de gases, utilizando los combustibles gasolina especial, gasolina Premium y la gasolina Ron 91. Para realizar las pruebas mencionadas se trabajó para todos los combustibles a 5000 rpm como máximo.

Año-Modelo	Hidro-carbuos (HC) ppm Máx.	Monóxido de carbono (CO) % Vol. Máx.	oxígeno (O2) % Vol. Máx.
1979 y anteriores	700	6.0	6.0
1980 a 1986	500	4.0	6.0
1987 a 1996	400	3.0	6.0
1997 en adelante	200	2.0	6.0

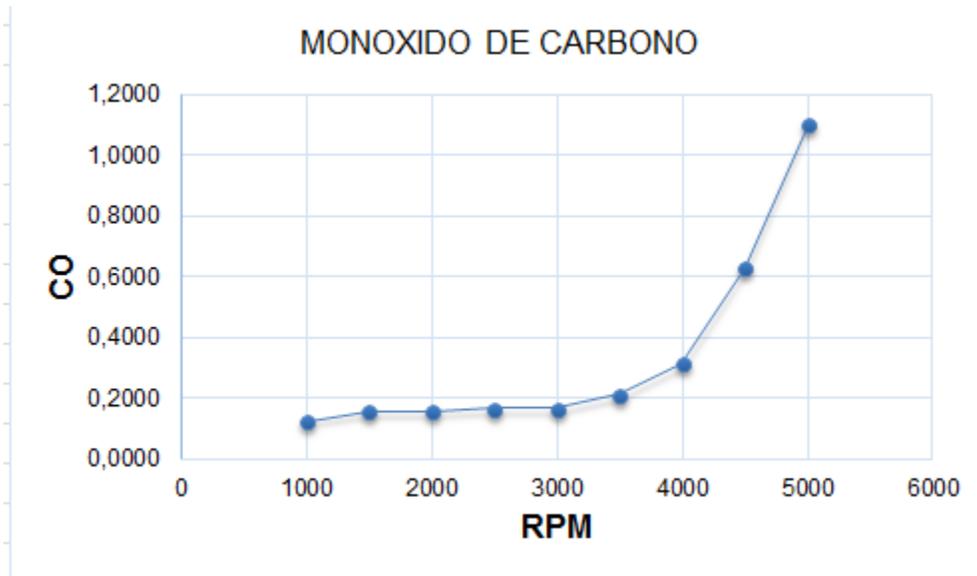
Tabla 6. Límites permisibles de contaminación

VEHÍCULOS A GASOLINA			
años de fabricación	CO % de volumen	HC (ppm)	
		altura sobre el nivel del mar	
		Hasta 1800 msnm	Mayor a 1800 msnm
Hasta 1997	6	600	650
1998-2004	2,5	400	450
2005 en adelante	0,5	125	125

Tabla 7. Límites permisibles de contaminación de emisión de gases

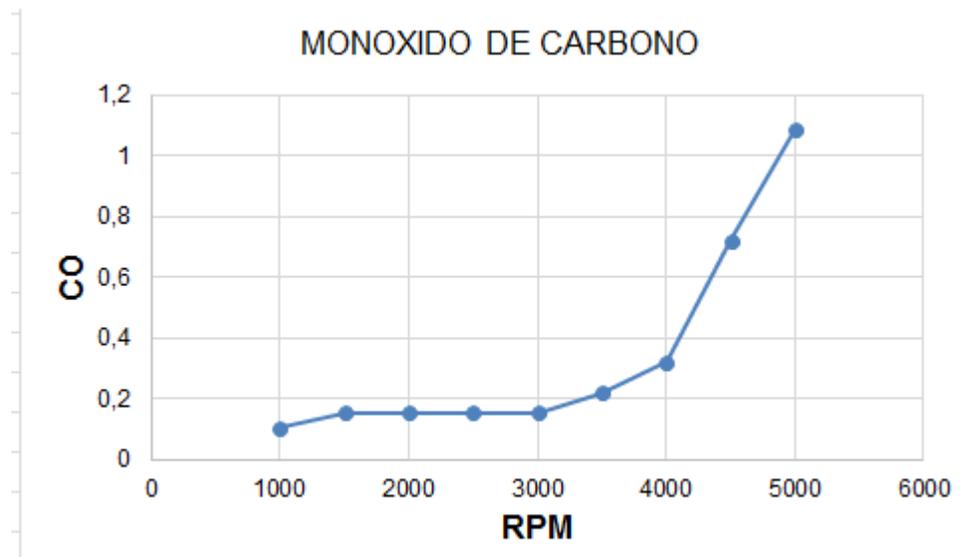
Fuente. Normas Iborca

6.4.1. **Medición del Monóxido de carbono utilizando los tres tipos de combustibles** (gasolina especial, gasolina Premium y gasolina Ron 91).



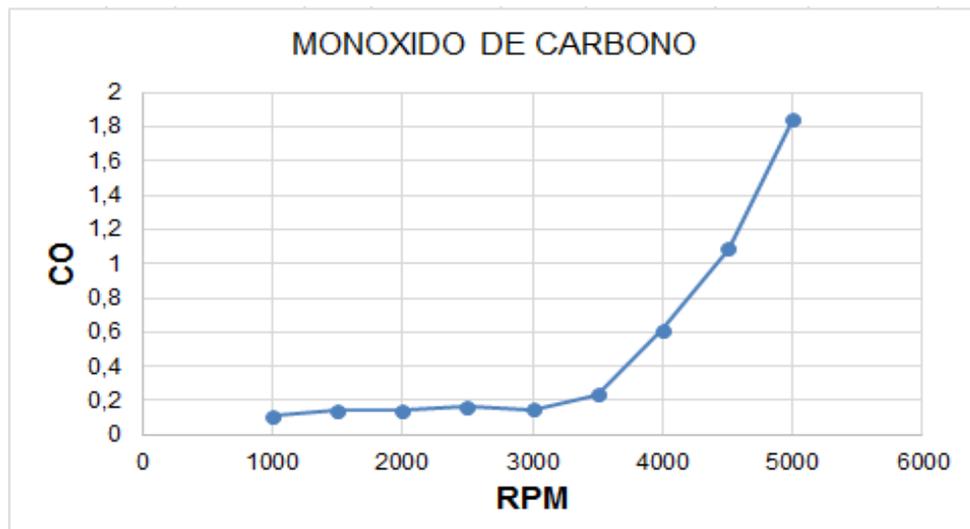
Cuadro 1. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Especial CO

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 2. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium CO

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 3. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 CO

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo un análisis de los cuadros correspondientes a la emanación de CO se puede observar que en el cuadro de la gasolina especial el dato que se obtuvo de monóxido de carbono es 1.1% a 5000rpm, valor que se encuentra dentro del rango de la tabla 6 de especificaciones donde indica que debe ser menor a 2.0 % de CO. Lo que nos indica que este combustible tiene buena relación estequiométrica.

Realizando la prueba con la gasolina Premium, se obtuvo el valor de 1.1% a 5000 rpm, de monóxido de carbono lo que nos indica que también está en los parámetros permitidos en la tabla 6 de especificaciones, lo cual nos indica también buena relación estequiométrica.

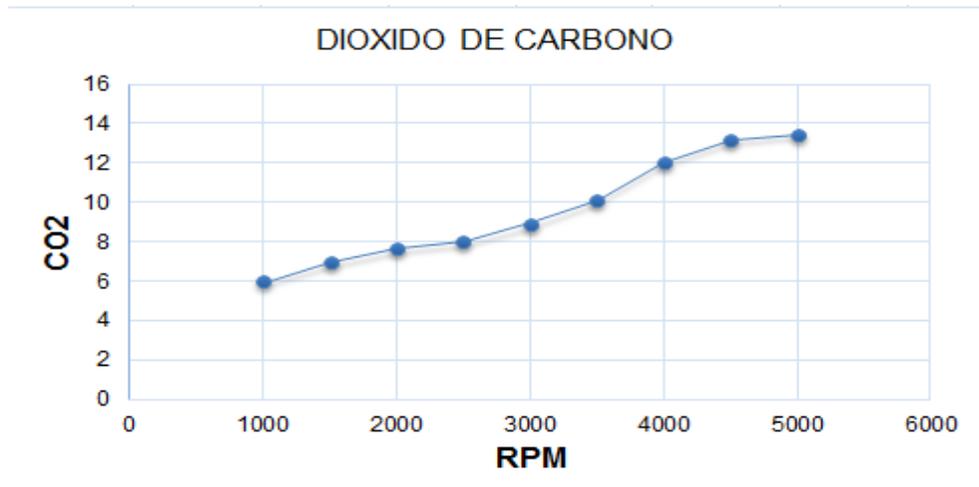
Por último con la gasolina Ron 91 se obtuvo el dato de 1.8 % a 5000 rpm, de monóxido de carbono, con este valor se puede ver que está dentro de los parámetros permisibles según la tabla de especificaciones de emisiones de gases.

Haciendo una comparación de los tres combustibles podemos observar que la gasolina especial y la gasolina premium realizan una mejor combustión, también una

mejor relación estequiometrica a diferencia de la gasolina Ron 91 que tiene un valor mayor de CO.

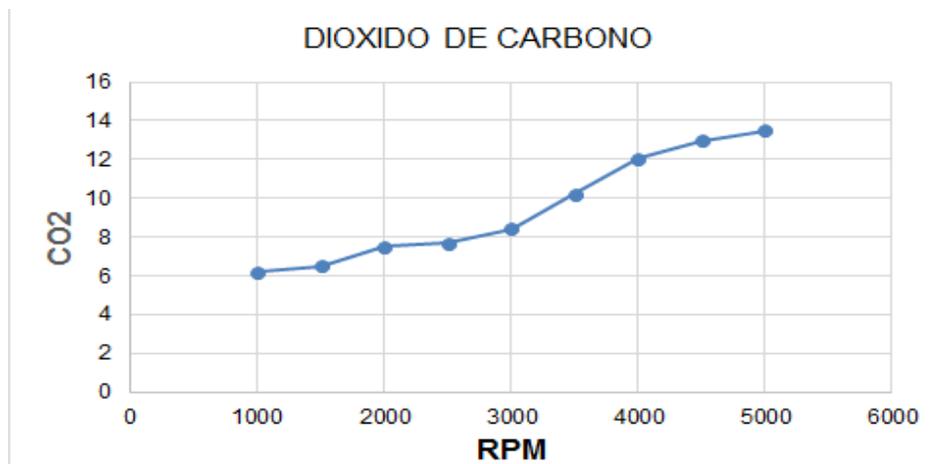
Los valores altos de CO nos indican una situación de mezcla rica y son un indicador de combustión incompleta.

Medición del dióxido de carbono en los tres combustibles



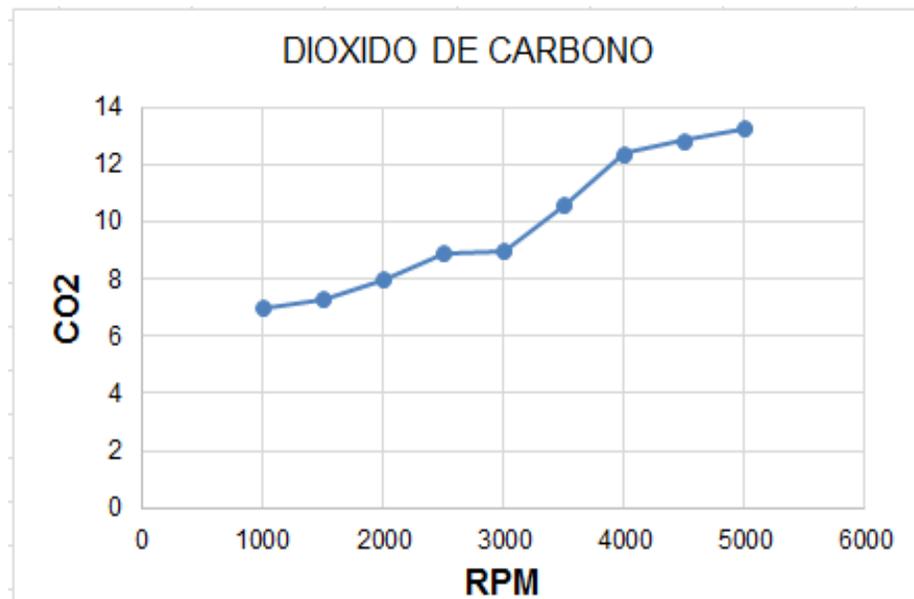
Cuadro 4. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Especial CO₂

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 5. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium Co₂

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 6. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 CO₂

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos del dióxido de carbono de gasolina especial es 13% a 5000 rpm, los datos obtenidos se encuentran en los rangos permisibles según tabla 6 de especificaciones de emisiones de gases que nos indica que debe ser mayor a 12% en modelos de vehículos de año 1997 en adelante.

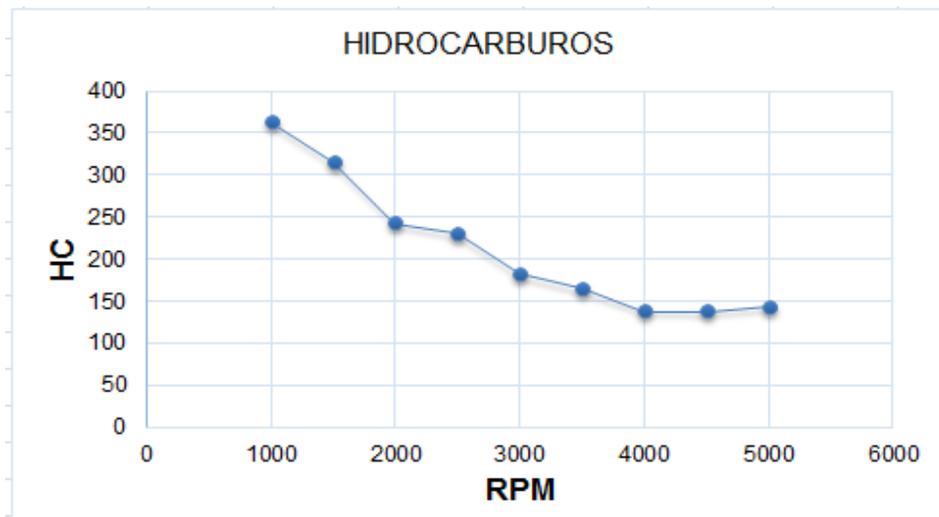
Haciendo el análisis a la gasolina Premium los valores obtenidos de dióxido de carbono es 14% a 5000 rpm, estos valores nos indican que está en el rango permisible según especificaciones de la tabla 6 de emisiones que debe ser mayor a 12% de CO₂, por lo tanto tiene una mejor combustión.

Analizando la gasolina Ron 91 el valor obtenido del dióxido de carbono es de 13% a 5000 rpm, este valor está en los rangos permisibles según tabla de especificaciones de emisiones de gases que nos indica que debe ser mayor a 12% de CO₂.

Realizando el análisis comparativo de CO₂ de los tres combustibles estudiados, se puede observar que la gasolina Premium tiene un valor mejor que los otros dos combustibles, debido a que también este tiene mejor octanaje y de mayor calidad.

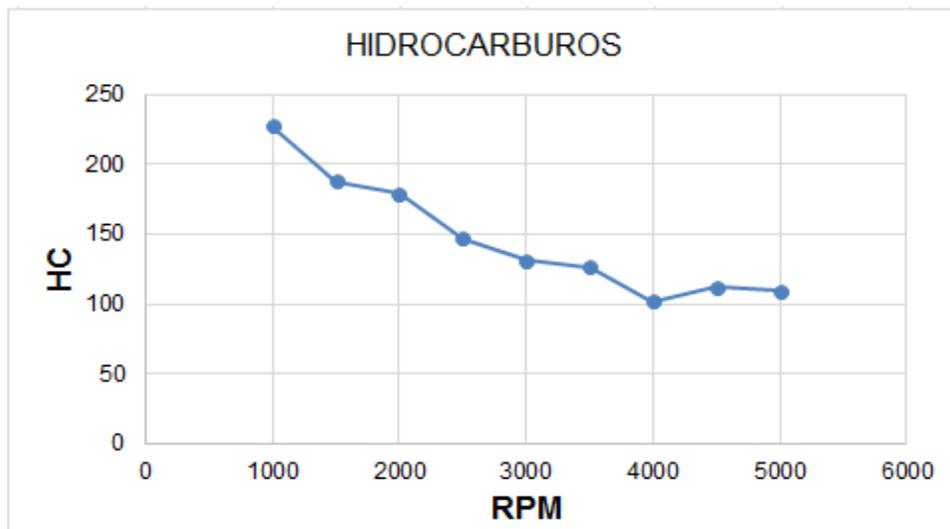
Los valores elevados de CO₂ nos indican una alta eficiencia de combustión en el motor y por lo tanto menor contaminación al medio ambiente, pero si nos da valores muy bajos esto puede ser debido por una mala combustión o una mezcla pobre.

6.4.2. Medición de los Hidrocarburos



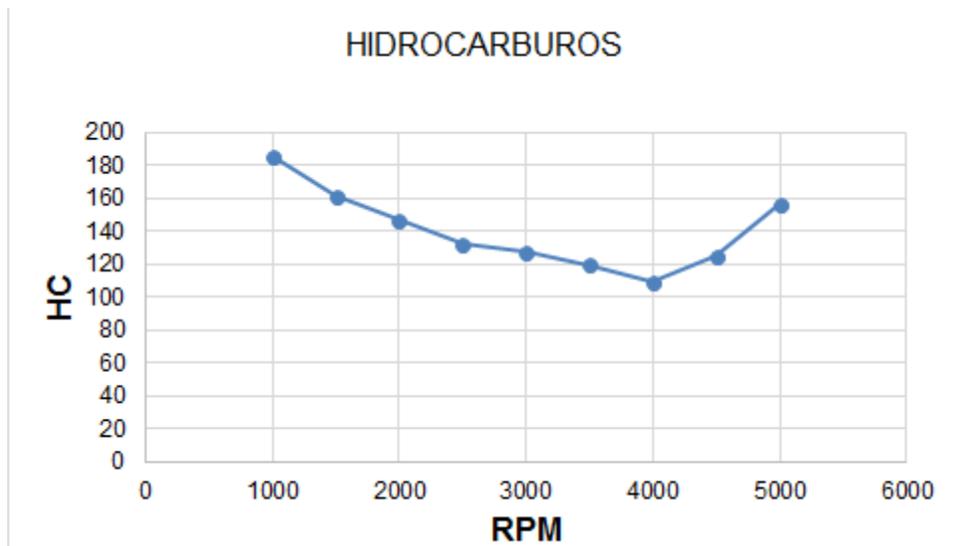
Cuadro 7. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Especial HC

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 8. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium HC

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 9. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 HC

Fuente: Elaboración Propia

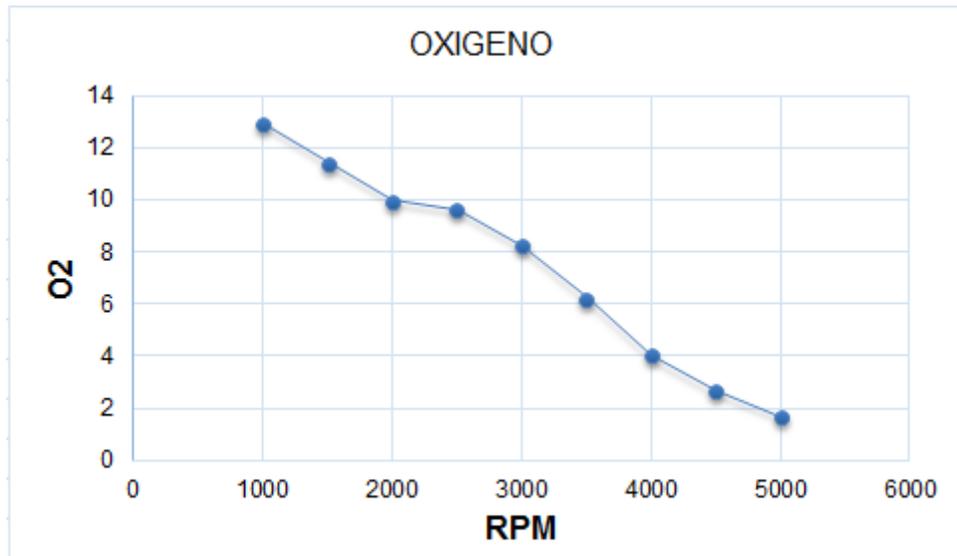
Realizando el análisis en la gasolina especial en la medición de hidrocarburos los valores obtenidos es de 150 ppm a 5000 rpm, estos valores nos indican que cumple el rango permisible según la tabla 6 es especificaciones de emisión de gases.

Las mediciones obtenidas de HC para la gasolina Premium se podría decir que es la que mejor cumple con los rangos permisibles de emisión de contaminantes porque nos da un valor de 120 ppm a 5000 rpm de hidrocarburos. Esto nos indica que hay una buena combustión.

Las mediciones obtenidas de HC para la gasolina Ron 91 nos dan los valores de 160 ppm a 5000 rpm, dato que está en los límites permisibles según la tabla 6 de especificaciones donde nos indica que debe ser máximo a 200 ppm.

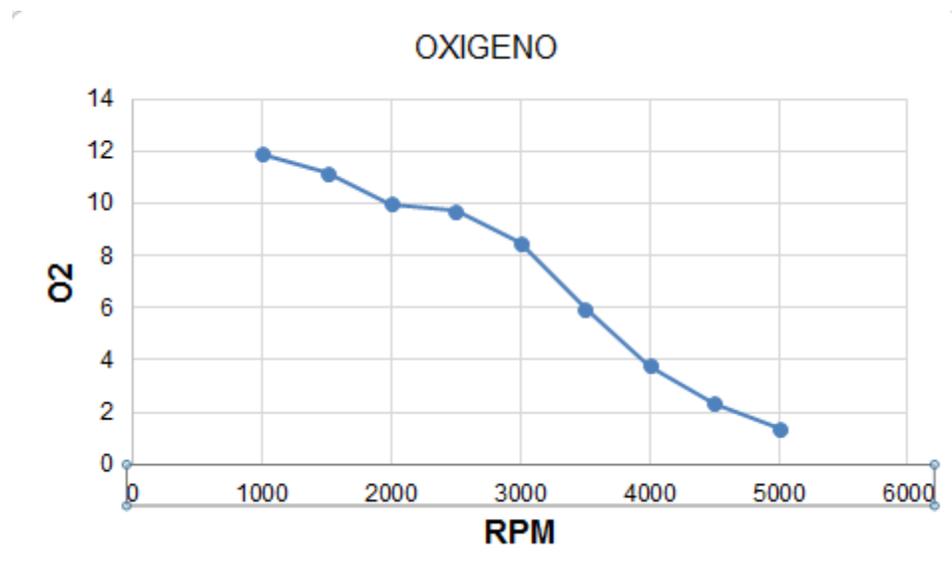
Las lecturas de HC nos muestran el combustible que no se quema dentro la cámara de combustión. Las mediciones altas de HC nos indica exceso de combustible por falta de combustible en la mezcla, pero si las lecturas son muy bajas nos indican todo lo contrario y con esto existe una pérdida de potencia, aumento en el consumo de combustible o mezcla rica.

Medición y datos obtenidos del oxígeno O₂



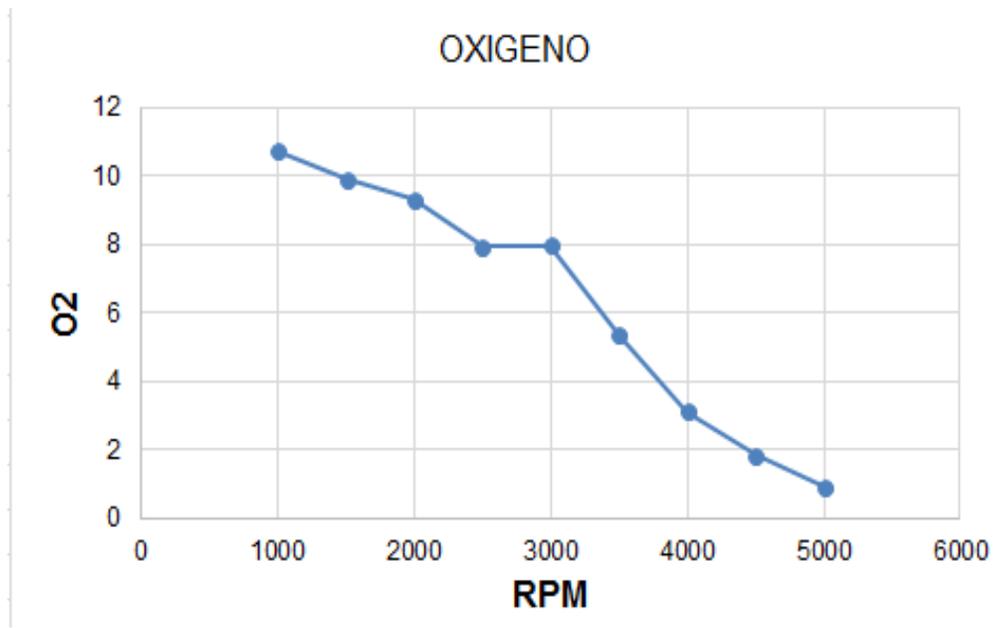
Cuadro 10. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Especial O₂

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 11. Medición de los gases de escape utilizando gasolina Premium O₂

Fuente: Elaboración Propio



Cuadro 12. Medición de los gases de escape utilizando gasolina súper 91 O_x

Fuente: Elaboración Propia

Realizando la prueba con la gasolina especial el valor obtenido de O₂ es 2% a 5000 rpm, dato que nos indica que esta en el rango permisible de emisión de contaminantes el cual el valor máximo es de 6,0%.

Las mediciones obtenidas de O₂ utilizando la gasolina Premium nos dan el valor de 1.2% a 5000 rpm, analizando este valor nos indica que esta en el rango permisible según la tabla 6 de especificaciones y por lo tanto tiene una mejor combustión.

Las mediciones obtenidas de O₂ con la gasolina Ron 91 es de 1 % a 5000 rpm, este valor nos indica que esta gasolina es la que mejor combustiona y por lo tanto una buena relación estequiometrica, supera a las demás gasolinas probadas.

Los valores de O₂ elevados indican una situación de mezcla pobre, lo que nos indica que hay fallas en la combustión.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MEDICION DE TORQUE Y POTENCIA DEL MOTOR

Para la realización de estas pruebas se trabajó con un parámetro de 1000 rpm hasta 5200 rpm como máximo por seguridad para no sufrir accidentes imprevistos, las características principales del motor son las siguientes:

- Motor Toyota 5A
- Potencia máxima 150 CV
- Torque máximo 15 kgm
- Velocidad máxima 6000 rpm

Con el motor en marcha, acelerando de manera progresiva el motor y controlando la perilla de la válvula de control hasta sentir el efecto del torque sobre la velocidad del motor, incrementando la carga con el acelerador y así sucesivamente hasta obtener los datos máximos, estos datos se los realizo utilizando gasolina especial, gasolina Premium y gasolina Ron 91,

Este método consiste en adquirir una serie de datos, relevados de una manera dinámica, pulsando el botón de adquisición de datos solamente una vez y variando la condición de velocidad del motor (acelerando).

Una vez alcanzado el máximo régimen de giro del motor, recabando los distintos puntos con los cuales luego se conforman las curvas características de torque, potencia y demás variables en función de las revoluciones del motor.

6.4.3. Resultado obtenido utilizando la gasolina

Entre 1000 RPM y 5200 RPM

	Torque Corr[Kgm]	Potencia Corr[CV]
Promedios	9,0	43,1
Máximos:	12,2	88,9
Mínimos:	4,2	5,7

Archivo: F:\Mediciones\Ensayo-2-2 Especial.ad3

Motor: TOYOTA 5A Gasolina

Cond. Ambientales: Temp. 18,3°C; Presion 664,9 mmHg; Humedad 36,0%

Factor Corrección: 1,127 (SAE J1349/2004) / Momento de Inercia: 0,105

Desde 1003 RPM a 5177 RPM

Tiempo de Aceleración: 00:26.58

Entre 1000 RPM y 5200 RPM

Potencia máx: **88,9 CV** @ 5200 RPM

Torque máx: **12,2 Kgm** @ 5200 RPM

Potencia media: **43,1 CV**

Torque medio: **9,0 Kgm**

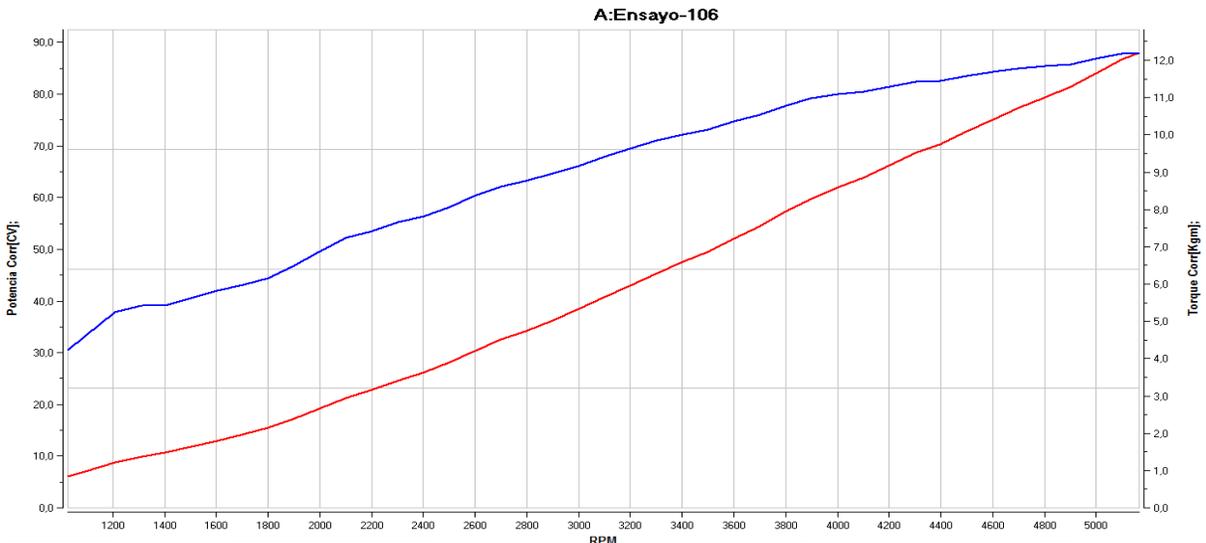
Entre 1000 RPM y 5200 RPM

Potencia máx: **88,9 CV** @ 5200 RPM

Torque máx: **12,2 Kgm** @ 5200 RPM

Potencia media: **43,1 CV**

Torque medio: **9,0 Kgm**



Cuadro: 13 Ensayo N° 2-2

Potencia y Torque Desarrollada por el motor Toyota con gasolina

Fuente: Elaboración Propia

6.4.4. Resultado obtenido utilizando la gasolina premium

Entre 1000 RPM y 5100 RPM

	Torque Corr[Kgm]	Potencia Corr[CV]
Promedios	9,4	44,4
Máximos:	12,7	90,0
Mínimos:	4,8	6,7

Archivo: F:\Mediciones\Ensayo-2-3 Premium.ad3

Motor: TOYOTA 5A Gasolina

Cond. Ambientales: Temp. 17,0°C; Presion 664,9 mmHg; Humedad 38,0%

Factor Corrección: 1,130 (SAE J1349/2004) / Momento de Inercia: 0,105

Desde 1005 RPM a 5060 RPM

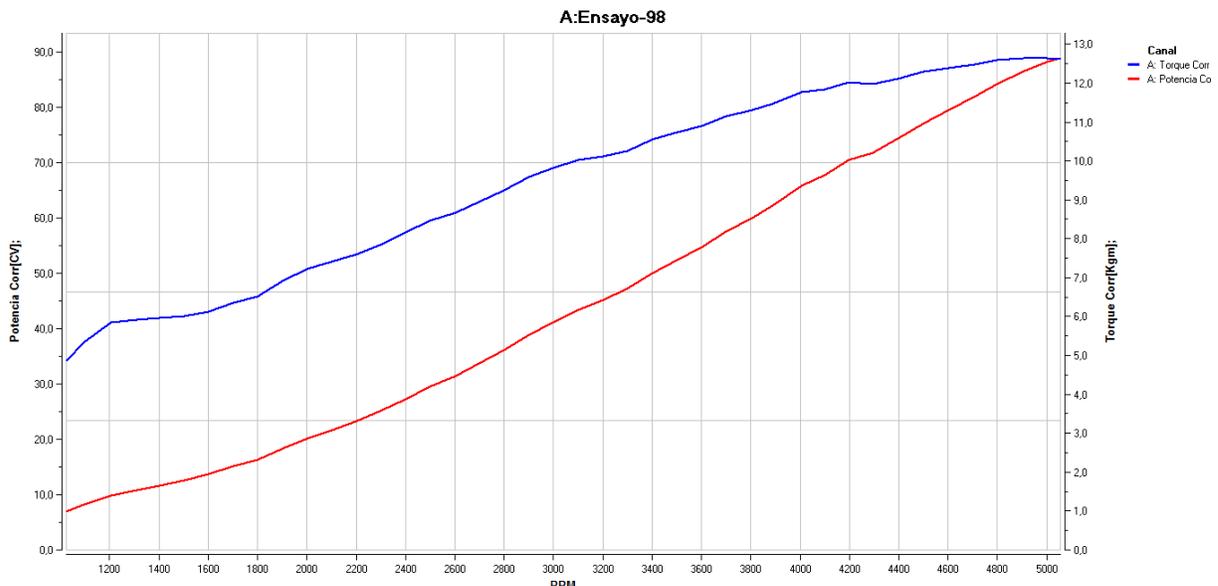
Tiempo de Aceleración: 00:26.21

Entre 1000 RPM y 5100 RPM

Potencia máx: **90,0 CV** @ 5100 RPM
 Torque máx: **12,7 Kgm** @ 5000 RPM
 Potencia media: **44,4 CV**
 Torque medio: **9,4 Kgm**

Entre 1000 RPM y 5100 RPM

Potencia máx: **90,0 CV** @ 5100 RPM
 Torque máx: **12,7 Kgm** @ 5000 RPM
 Potencia media: **44,4 CV**
 Torque medio: **9,4 Kgm**



Cuadro: 14 Ensayo N° 2-2

Potencia y Torque Desarrollada por el motor Toyota con gasolina Premium

Fuente: Elaboración Propia

6.4.5. Resultado obtenido utilizando la gasolina súper 91

Entre 1000 RPM y 5200 RPM

	Torque Corr[Kgm]	Potencia Corr[CV]
Promedios	8,3	39,5
Máximos:	10,9	79,2
Mínimos:	2,5	3,3

Archivo: F:\Mediciones\Ensayo-5 RON91.ad3

Motor: TOYOTA 5A Gasolina

Cond. Ambientales: Temp. 16,6°C; Presion 667,1 mmHg; Humedad 37,0%

Factor Corrección: 1,129 (SAE J1349/2004) / Momento de Inercia: 0,105

Desde 1004 RPM a 5168 RPM

Tiempo de Aceleración: 00:01.50

Entre 1000 RPM y 5200 RPM

Potencia máx: **79,2 CV** @ 5200 RPM

Torque máx: **10,9 Kgm** @ 4700 RPM

Potencia media: **39,5 CV**

Torque medio: **8,3 Kgm**

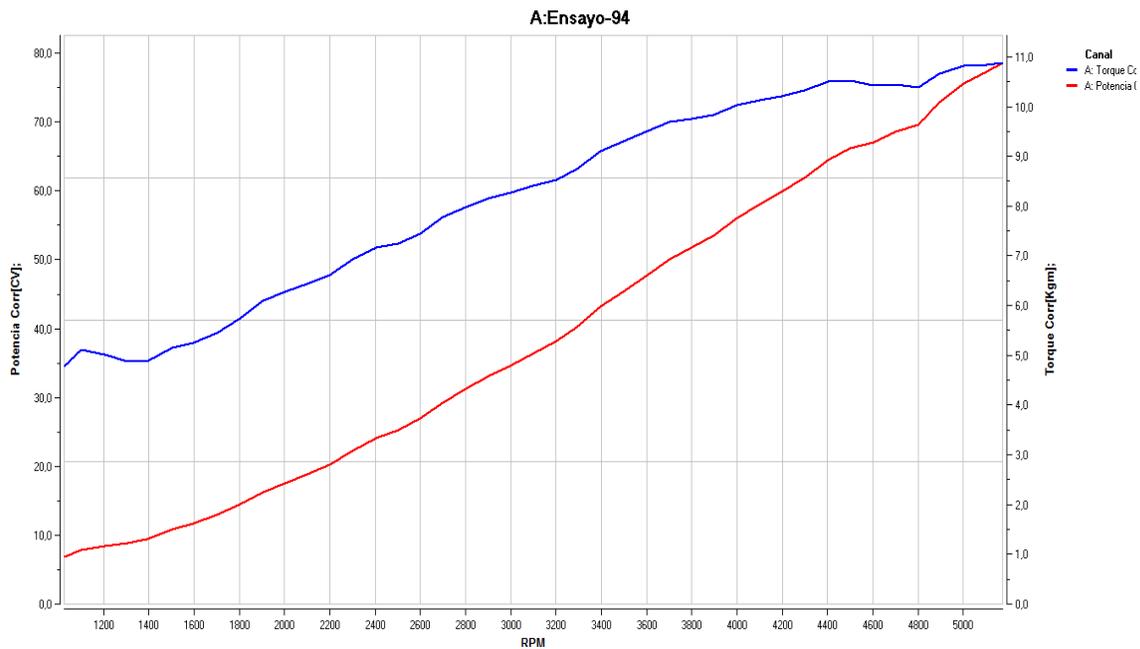
Entre 1000 RPM y 5200 RPM

Potencia máx: **79,2 CV** @ 5200 RPM

Torque máx: **10,9 Kgm** @ 4700 RPM

Potencia media: **39,5 CV**

Torque medio: **8,3 Kgm**



Cuadro: 15 Ensayo N° 5

Potencia y Torque Desarrollada por el motor Toyota con la gasolina súper 91

Fuente: Elaboración Propia

6.4.6. Promedio de máximos y mínimos

Se muestra un resumen con los máximos y mínimos valores encontrados en más de 10 ensayos que se realizaron de manera experimental del torque, potencia y velocidad, del motor Toyota 5A.

Evaluación del motor utilizando gasolina especial

Entre 1000 RPM y 5200 RPM		
	Torque Corr[Kgm]	Potencia Corr[CV]
Promedios	8,3	39,5
Máximos:	10,9	79,2
Mínimos:	2,5	3,3

Archivo: F:\Mediciones\Ensayo-4 Especial.ad3

Motor: TOYOTA 5A Gasolina

Cond. Ambientales: Temp. 16,0°C; Presion 668,2 mmHg; Humedad 38,0%

Factor Corrección: 1,123 (SAE J1349/2004) / *Momento de Inercia:* 0,105

Desde 1002 RPM a 5151 RPM

Tiempo de Aceleración: 00:27.58

Tabla 3. Evaluación de Torque y Potencia - Gasolina

Fuente: Elaboración Propia

Evaluación del motor utilizando gasolina premium

Entre 1000 RPM y 5200 RPM		
	Torque Corr[Kgm]	Potencia Corr[CV]
Promedios	8,3	39,5
Máximos:	10,9	79,2
Mínimos:	2,5	3,3

Archivo: F:\Mediciones\Ensayo-3 Premium.ad3

Motor: TOYOTA 5A Gasolina

Cond. Ambientales: Temp. 17,0°C; Presion 664,9 mmHg; Humedad 37,0%

Factor Corrección: 1,125 (SAE J1349/2004) / *Momento de Inercia:* 0,105

Desde 1005 RPM a 5197 RPM

Tiempo de Aceleración: 00:23.71

Tabla 4. Evaluación de Torque y Potencia – Gasolina Premium

Fuente: Elaboración Propia

Evaluación del motor utilizando gasolina súper 91

Entre 1000 RPM y 5200 RPM

	Torque Corr[Kgm]	Potencia Corr[CV]
Promedios	8,3	39,5
Máximos:	10,9	79,2
Minimos:	2,5	3,3

Archivo: F:\Mediciones\Ensayo-6 RON91.ad3

Motor: TOYOTA 5A Gasolina

Cond. Ambientales: Temp. 16,7°C; Presion 664,9 mmHg; Humedad 37,0%

Factor Corrección: 1,129 (SAE J1349/2004) / **Momento de Inercia:** 0,105

Desde 1026 RPM a 5197 RPM

Tiempo de Aceleración: 00:24.53

Tabla 5. Evaluación de Torque y Potencia – Gasolina súper 91

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

El trabajo realizado considerando el análisis del funcionamiento del motor a gasolina con diferentes combustibles comercializados en Bolivia, es una contribución para aplicar en los vehículos con motores a gasolina, los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

	Potencia máxima	Torque máximo
Gasolina Especial	88.9 CV	12.2 kgm
Gasolina Premium	90 CV	12.7 Kgm
Gasolina Ron 91	79,2 CV	10.9 Kgm

De acuerdo a los resultados y realizando las comparaciones se puede observar que la gasolina Premium es la mejor porque los valores que nos dan de potencia y torque es de 90 CV como potencia máxima y 12.7 kgm, como torque máximo, en segundo lugar se encontraría con un mejor valor las gasolina Especial y por último la gasolina Ron 91 que tiene valores más bajos de las otras dos con esto resultados se justifica que por qué lo sacaron del mercado nacional la gasolina Ron 91 por bajo rendimiento que se obtuvo.

Analizando la emisión de gases y la contaminación del medio ambiente se pudo observar que la gasolina Premium es de mejor calidad y la menos contaminante, los otros dos combustibles están en los rangos permisibles de los límites de contaminación con es esto se define que la gasolina Premium es mejor y que se justifica su precio de venta en surtidores.

La importancia de contar y utilizar equipos como el dinamómetro y sus componentes, el analizador de gases nos permitió calcular la potencia del motor Toyota 5A y el grado de contaminación de los gases utilizando distintos tipos de gasolina, como ser gasolina Premium, gasolina súper 91 y la gasolina especial.

7.2. Recomendaciones

Para mejorar estos trabajos de investigación se requieren espacios adecuados para los equipos e instrumentos que cuentan los talleres de la carrera de mecánica automotriz, en la Facultad de Tecnología donde se puedan realizar pruebas con diferentes motores obteniendo una variedad de valores y parámetros que se puedan aplicar en nuestra área y nuestro contexto.

Es sumamente importante a la hora de realizar una serie de ensayos como los que se ejecutaron en el presente proyecto, desde la reparación del motor, la calibración de los equipos e instrumentos utilizados y demás factores que son importantes a la hora de obtener resultados positivos.

El presente documento puede ser utilizado como una referencia o como una herramienta que puede servir para la toma de decisiones técnicas adecuadas a la realidad de nuestro contexto (La Paz- Bolivia) respecto a las mezclas de combustible utilizado en el funcionamiento del motor.

8. Bibliografía

Ayma, E. M. (26 de Abril de 2016). Decreto supremo N°2741. *Lex Vox*.

Blancarte, J. (03 de 01 de 2011). *autocosmos.com*. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.cl/2011/01/03/cuales-son-los-gases-mas-contaminantes-que-emiten-los-automoviles>

Bolivia, E. p. (20 de Febrero de 2013). Reglamento de Calidad de Carburantes. *Gaceta Oficial*, pág. 1.

Castillo, J. B. (Septiembre 2013). Octanaje. *Cultura Científica*.

Chimahuacan, J. (s.f.). *Equipo Automotriz*. Mexico: Col. Xochiaca.

Haldenwang, M. (1997). *Analizador de gases para motores diesel, gasolina y gas*.
Germany.

Herrador, R. E. (2009). *Guia de Usuario Arduino*. Cordoba: Creative Commons.

<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS+DE+GASES.pdf>
. (s.f.).

Jovaj, M. S. (1982). *Motores del Automovil*. MOSCÚ: MIR.

Kañevsky, A. (2007). *Inyeccion Electronica*. Buenos Aires : Escuela Argentina de
Negocios.

Meganebov, D. (2014). *Aficionados a la Mecanica*.

I/

Patrakhaltsev, N. (1994). *toxicidad de los motores de combustion interna*. Arequipa.

Rodriguez Condori, L. (2016). *Comparacion*. Cochabamba.

Ucha, F. (Julio 2011). Temas en Gasolina. *Definicion ABC*.

YPFB. (11 de Febrero de 2017). <http://www.ypfbrefinacion.com.bo/carburantes.php>.
Obtenido de <http://www.ypfbrefinacion.com.bo/carburantes.php>

ANEXOS

Anexo 1. Características del Gasolina Especial

PRUEBA	VERANO (*)		INVIERNO		UNIDAD	METODO ASTM			
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Informar		Informar			D-1298	D-4052		
Relación V/L=20 (760 mmHg)	56(133)		51(124)		°C (°F)	D-5188	D-2533		
Tensión de vapor de Reid a 100°F(38°C)	7	9	7	9.5	Psig	D-323	D-4953	D-5191	
Contenido de plomo (**)		0.013		0.013	g Pb/ lt	D-3237	D-5059		
Gomas existentes		5		5	mg/100ml	D-381			
Azufre total		0.05		0.05	% peso	D-1266	D-2622	D-4294	
Octanaje RON	85				85	D-2699			
Octanaje MON	Informar		Informar			D.2700			
Indice antidetonante (RON+MON)/2	Informar		Informar						
Color	Incolora a ligeramente amarillo					Visual			
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual			
Poder calorífico	Informar		Informar		BTU/lb	D-240			
Destilación Engler (760 mmHg) (***)						D-86			
10% vol.		65(149)		60(140)	°C (°F)				
50% vol.	77(170)	118(245)	77(170)	116(240)	°C (°F)				
90% vol.		190(374)		185(365)	°C (°F)				
Punto final		225(437)		225(437)	°C (°F)				
Residuos		2		2	%Vol				
Contenido de aromáticos totales		42		42	% vol.	D-1319	D-5134	D-5769	D-6729
Contenido de olefinas		18		18	% vol.	D-1319	D-5134	D-6729	
Contenido de benceno		3		3	% vol.	D-4053	D-5134	D-3606	D-5769
Contenido de manganeso		18		18	mg Mn/ lt	D-3831			
Contenido de oxígeno		2.7		2.7	% peso	D-2504	D-4815		

Fuente. (Bolivia, 2013)

Anexo 1.1 Especificaciones Gasolina Especial

Tabla de especificaciones
Nombre del producto: GASOLINA ESPECIAL

Prueba	VERANO (*)		INVIERNO		Unidad	Método ASTM			
	Min.	Max.	Min.	Max.		Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4
Gravedad específica a 15,6/15,6°C	Informar		Informar			D 1298	D 4052		
Relación V/L = 20 (760 mmHg)	56 (133)		51 (124)		°C (°F)	D 5188	D 2533		
Tensión de vapor Reid a 100°F (37,8°C)	7	9	7	9,5	psig	D 323	D 4953	D 5191	
Contenido de plomo (**)		0,013		0,013	g Pb/L	D 3237	D 5059		
Corrosión lámina de cobre (3h / 50°C)		1		1		D 130			
Gomas existentes		5		5	mg/100mL	D 381			
Azufre total		0,05		0,05	% peso	D 1266	D 2622	D 4294	
Octanaje RON	85		85			D 2699			
Octanaje MON	Informar		Informar			D 2700			
Índice antidetonante (RON +MON)/2	Informar		Informar						
Color	Incoloro a Ligeramente amarillo					Visual			
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual			
Poder calorífico	Informar		Informar		BTU/lb	D 240			
Destilación Engler (760 mmHg)						D 85			
10% vol.		65 (149)		60 (140)	°C (°F)				
50% vol.	77 (170)	118 (245)	77 (170)	116 (240)	°C (°F)				
90% vol.		190 (374)		185 (365)	°C (°F)				
Punto Final		225 (437)		225 (437)	°C (°F)				
Residuo		2		2	% vol				
Contenido de Aromáticos Totales		42		42	% vol.	D 1319	D 5134	D 5769	D 6729
Contenido de Olefinas		18		18	% vol	D 1319	D 5134	D 6729	
Contenido de benceno		3		3	% vol	D 4053	D 5134	D 3806	D 5769
Contenido de Manganeso		18		18	mg Mn/L	D 3831			
Contenido de Oxígeno		2,7		2,7	% peso	D 2504	D 4815		

(*) Verano se define del 1° de septiembre al 31 de marzo e invierno se define del 1° de abril al 31 de agosto

(**) El contenido de plomo especificado es un valor intrínseco de la materia prima, sin haberse adicionado cantidad alguna del mismo con fines de mejorar su octanaje

Fuente. (Bolivia, 2013)

Anexo 1.2 Tabla de Especificaciones

Nombre del producto: gasolina especial

Prueba	VERANO (*)		INVIERNO		Unidad	Método ASTM			
	Mín.	Max.	Mín.	Max.		Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4
Gravedad específica a 15,0/15,6 °C	Informar		Informar			D 1298	D 4052		
Relación V/L = 20 (760 mmHg)	51 (124)		51 (124)		*C (°F)	D 5188	D 2533	D 4814	
Tensión de vapor Reid a 100°F (37,8°C)	7	11,5	7	11,5	psig	D 323	D 4053	D 5191	
Contenido de plomo (**)		0,013		0,013	g Pb/L	D 3237	D 5059		
Corrosión lámina de cobre (3h/50°C)		1		1		D 130			
Gomas existentes		5		5	mg/100mL	D 381			
Azufre total		0,05		0,05	% peso	D 1266	D 2622	D 4294	
Octanaje RON	85		85			D 2699			
Octanaje MON	Informar		Informar			D 2700			
Índice antidetonante (RON+MON)/2	Informar		Informar						
Color	Incoloro a Ligeramente amarillo					Visual			
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual			
Poder calorífico	Informar		Informar		BTU/lb	D 240			
Destilación Engler (760 mmHg)						D 86			
10% vol.		65 (140)		60 (140)	*C (°F)				
50% vol.	77 (170)	118 (245)	77 (170)	116 (240)	*C (°F)				
90% vol.		190 (374)		185 (365)	*C (°F)				
Punto Final		225 (437)		225 (437)	*C (°F)				
Residuo		2		2	% vol.				
Contenido de Aromáticos Totales		42		42	% vol.	D 1319	D 5134	D 5769	D 6729
Contenido de Olefinas		18		18	% vol.	D 1319	D 5134	D 6729	
Contenido de Benceno		3		3	% vol.	D 4053	D 5134	D 3606	D 5769
Contenido de Manganeso		18		18	mg Mn/L	D 3831			
Contenido de Oxígeno		2,7		2,7	% peso	D 2504	D 4815		

(*) Verano se define del 1° de septiembre al 31 de marzo e invierno se define del 1° de abril al 31 de agosto.
 (**) El contenido de plomo especificado es un valor intrínseco de la materia prima sin

Fuente. (Ayma, 2016)

Anexo 2. Especificaciones Gasolina Premium

Tabla de especificaciones
Nombre del producto: GASOLINA PREMIUM

Prueba	VERANO (*)		INIVIERNO		Unidad	Método ASTM			
	Min.	Max.	Min.	Max.		Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4
Gravedad específica a 15,6/15,6°C	Informar		Informar			D 1298	D 4052		
Relación V/L = 20 (760 mmHg)	56 (133)		51 (124)		°C (°F)	D 5188	D 2533	D 4814	
Tensión de vapor Reid a 100°F (37,8°C)	7	9	7	9,5	psig	D 323	D 4953	D 5191	
Contenido de plomo (**)		0,013		0,013	g Pb/L	D 3237	D 5059		
Corrosión lámina de cobre (3h / 50°C)		1		1		D 130			
Gomas existentes		5		5	mg/100mL	D 381			
Azufre total		0,05		0,05	% peso	D 1266	D 2522	D 4294	
Octanaje RON	95		95			D 2699			
Octanaje MON	Informar		Informar			D 2700			
Índice antidetonante (RON +MON)/2	Informar		Informar						
Color	Violeta		Violeta			Visual			
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual			
Poder calorífico	Informar		Informar		BTU/lb	D 240			
Destilación Engler (760 mmHg)						D 86			
10% vol.		65 (149)		60 (140)	°C (°F)				
50% vol.	77 (170)	118 (245)	77 (170)	116 (240)	°C (°F)				
90% vol.		190 (374)		185 (365)	°C (°F)				
Punto Final		225 (437)		225 (437)	°C (°F)				
Residuo		2		2	% vol.				
Contenido de Aromáticos Totales		48		48	% vol.	D 1319	D 5134	D 5769	D 6729
Contenido de Olefinas		18		18	% vol.	D 1319	D 5134	D 6729	
Contenido de benceno		3		3	% vol.	D 4053	D 5134	D 3606	D 5769
Contenido de Manganeso		18		18	mg Mn/L	D 3831			
Contenido de oxígeno		2,7		2,7	% peso	D 2504	D 4815		

(*) Verano se define del 1° de septiembre al 31 de marzo e invierno se define del 1° de abril al 31 de agosto

(**) El contenido de plomo especificado es un valor intrínseco de la materia prima, sin haberse adicionado cantidad alguna del mismo con fines de mejorar su octanaje

Anexo 2.1 Tabla de Especificaciones

Nombre del producto: gasolina premium

Prueba	VERANO (*)		INVIERNO		Unidad	Método ASTM			
	Mín.	Max.	Mín.	Max.		Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4
Gravedad específica a 15,6/15,6 °C	Informar		Informar			D 1298	D 4052		
Relación V/L = 20 (760 mmHg)	51 (124)		51 (124)		°C (°F)	D 5188	D 2533	D 4814	
Tensión de vapor Reid a 100°F (37,8°C)	7	11,5	7	11,5	psig	D 323	D 4053	D 5191	
Contenido de plomo (ppm)		0,013		0,013	g Pb/L	D 3237	D 5050		
Composición lámina de cobre (3h/50°C)		1		1		D 130			
Gomas existentes		5		5	mg/100mL	D 381			
Azufre total		0,05		0,05	% peso	D 1200	D 2022	D 4294	
Octanaje RON	95		95			D 2699			
Octanaje MON	Informar		Informar			D 2700			
Índice antidetonante (RON+MON)/2	Informar		Informar						
Color	Violeta		Violeta			Visual			
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual			
Poder calorífico	Informar		Informar		BTU/lb	D 240			
Destilación Engler (760 mmHg)						D 80			
10% vol.		65 (149)		60 (140)	°C (°F)				
50% vol.	77 (170)	118 (245)	77 (170)	116 (240)	°C (°F)				
90% vol.		190 (374)		185 (365)	°C (°F)				
Punto Final		225 (437)		225 (437)	°C (°F)				
Residuo		2		2	% vol.				
Contenido de Aromáticos Totales		48		48	% vol.	D 1310	D 5134	D 5700	D 6720
Contenido de Olefinas		18		18	% vol.	D 1310	D 5134	D 6720	
Contenido de Benceno		3		3	% vol.	D 4053	D 5134	D 3600	D 5700
Contenido de Manganeso		18		18	mg Mn/L	D 3831			
Contenido de Oxígeno		2,7		2,7	% peso	D 2504	D 4815		

(*) Verano se define del 1° de septiembre al 31 de marzo e invierno se define del 1° de abril al 31 de agosto.

Fuente. (Ayma, 2016)

Anexo 3. Especificaciones Gasolina Ron 91

Propiedades Físico - Químicas	Método de Ensayo		Unidad	Cifras Típicas	
	Covenin	ASTM		Gasolina 95	Gasolina 91
Número de Octano RON	893	D2699	Adm.	95,0	91,0
Índice Antidetonante	-	-	Adm.	91	87
Presión de Vapor Reid	875	D 323 / D 5191	psi	9,5	9,5
Azufre (max)	1826	D2622	% peso	0,06	0,10
Corrosión a la lámina de cobre	872	D 130	Adm.	1	1
Color	890	D1500	Adm.	Sin colorantes	Rosado/R ojo
Contenido de plomo	2048	D5059	g /L	0,013	0,013

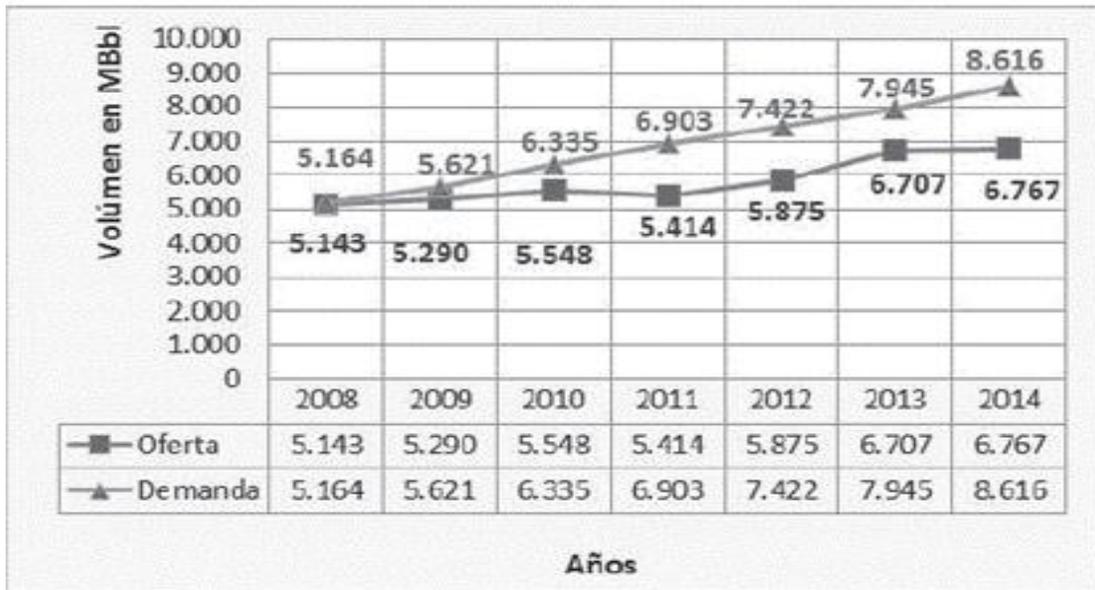
Fuente. (Bolivia, 2013)

Anexo 4. Contaminacion del Medio Ambiente Cochabamba



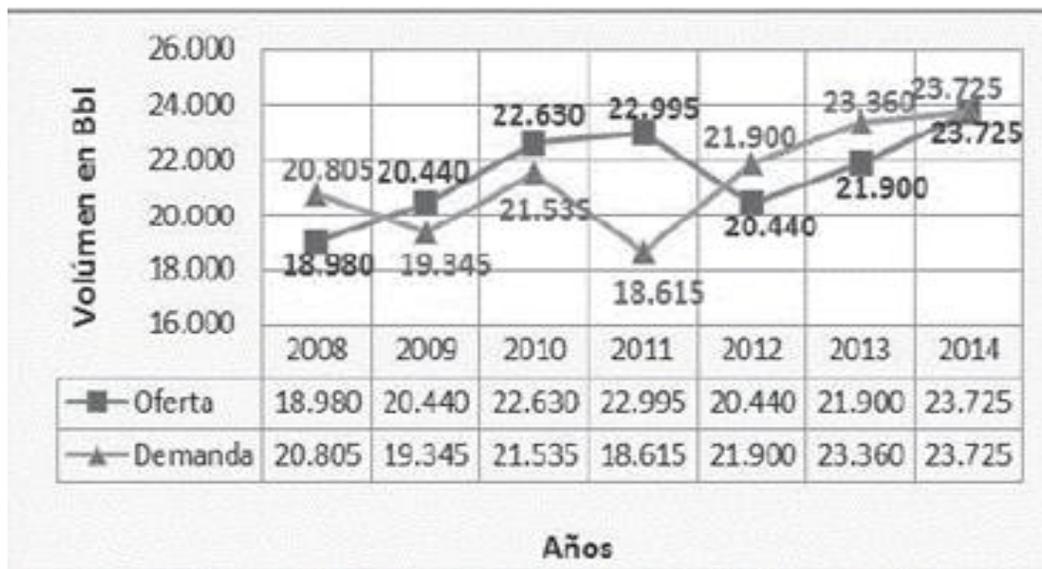
Fuente. La Razón

Anexo 5. Demanda de la Gasolina Especial en Bolivia 2008 - 2014



Fuente. (Rodriguez Condori, 2016)

Anexo 6 Demanda de la Gasolina Premium en Bolivia 2008 – 2014



Fuente. (Rodriguez Condori, 2016)

Fuente. (Ayma, 2016)

Anexo 7. Efectos principales de los contaminantes en la salud

CONTAMINANTE	ORIGEN	EFFECTOS SOBRE LA SALUD
CO (Monóxido de carbono)	Combustión incompleta	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la absorción del oxígeno de los glóbulos rojos, afecta la percepción y la capacidad de pensar relacionada con el síndrome de bajo rendimiento, disminuye los reflejos y puede causar inconsciencia. • Afecta el crecimiento fetal en mujeres embarazadas. • Junto con otros contaminantes origina enfermedades de personas con problemas respiratorios y circulatorios. • Disminuye la capacidad de realizar ejercicios a corto plazo.
HC (Hidrocarburos)	Combustión incompleta Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> • Irritación de los ojos, cansancio y tendencia a toser. Pueden tener efecto cancerígeno o mutagénico. Pueden causar enfermedades pulmonares. • Promueven la formación de ozono troposférico, el cual irrita las vías respiratorias y disminuye la función pulmonar.
Pb (Plomo)	Aditivo para aumentar el octanaje de gasolina*	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta a los sistemas circulatorios, reproductivos, los riñones y nervios del cuerpo. • Reduce la capacidad de aprendizaje de los niños y puede provocar hiperactividad. • Puede causar daños neurológicos.
Partículas PM (Hollín)	Cristalización de carbono a alta presión en los motores a diesel.	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden iniciar enfermedades respiratorias (Afectando en primer plano a niños y ancianos) y provocar cáncer en los pulmones. • Las partículas más pequeñas sirven como medio de transporte de hidrocarburos y metales pesados por el tracto respiratorio hasta los alvéolos pulmonares y el sistema sanguíneo. • En las partículas suspendidas en el aire se pueden condensar o formar otros contaminantes (sulfatos), y luego ingresar al cuerpo como contaminante por la misma vía.
NO_x (Óxidos de nitrógeno)	Combustión a altas temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> • Irritan los ojos, nariz, garganta, y causa dolores de cabeza. • Produce cambios en la función pulmonar. P. ej. Aumento de respuesta de vías aéreas por bronco constrictores en adultos sanos
SO₂ (Dióxido de azufre)	Contenido de azufre en el diesel y la gasolina	<ul style="list-style-type: none"> • Irrita las membranas del sistema respiratorio y causa inflamación en la garganta. • Incremento sustancial en la Resistencia Aérea Específica (RAE) en vías respiratorias y otros cambios en la función pulmonar, que son indicadores de broncoconstricción y síntomas respiratorios (tos, irritación de la garganta, etc.)

*En Bolivia desde el año 1996 no se utiliza Plomo como aditivo para la gasolina.