



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS DINAMOMÉTRICO Y DE EMISIONES DE GASES
DE ESCAPE CON EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EL
VEHÍCULO LAND CRUISER.**

**AUTORES: ORTEGA TALABERA DANIEL ALEJANDRO
QUINTANA RUALES MICHAEL ALEJANDRO**

DIRECTOR: ING. PAÚL HERNÁNDEZ Msc.

IBARRA, 2022

CERIFICADO**ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de director de plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "ANÁLISIS DINAMOMÉTRICO Y DE EMISIONES DE GASES DE ESCAPE CON EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EL VEHÍCULO LAND CRUISER" presentado por los señores: Ortega Talavera Daniel Alejandro con número de cédula 0401865027, y Quintana Ruales Michael Alejandro con número de cédula 1003853734, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 5 días del mes de junio de 2022

Atentamente



Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401865027		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ortega Talabera Daniel Alejandro		
DIRECCIÓN:	Av. Atahualpa 0138 y Av. 13 de Abril (San Gabriel)		
EMAIL:	daortega@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062290371	TELÉFONO MÓVIL:	0959088148

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003853734		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Quintana Ruales Michael Alejandro		
DIRECCIÓN:	Hernán González de Saa 2433 y Los Incas		
EMAIL:	maquintanar@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062651085	TELÉFONO MÓVIL:	0999253213

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	TEMA: ANÁLISIS DINAMOMÉTRICO Y DE EMISIONES DE GASES DE ESCAPE CON EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EL VEHÍCULO LAND CRUISER
AUTOR (ES):	Ortega Talabera Daniel Alejandro, Quintana Ruales Michael Alejandro
FECHA:	25 de febrero de 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de junio de 2022

AUTORES:



Ortega Talavera Daniel Alejandro
0401865027



Quintana Ruales Michael Alejandro
1003853734

DEDICATORIA

A mis padres, por apoyarme incondicionalmente y ser mi ejemplo para seguir en la vida. A mis hermanas por su compañía y motivación para seguir adelante. A la memoria imborrable de mis abuelitos paternos que, aunque ya no estén en este mundo su legado sigue vivo en quienes estuvimos a su lado. A mis abuelitos maternos que supieron educarme para las circunstancias de la vida.

Daniel Alejandro Ortega Talavera

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la perseverancia para alcanzar este logro tan anhelado.

A mis padres por haber creído en mí y por ser el pilar fundamental de mi vida.

A mis abuelitos por haber inculcado valores y aconsejarme para ser un hombre de bien.

A la Universidad Técnica del Norte, en particular a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas y a la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por brindarme un espacio donde formarme de manera profesional y a todos los docentes de esta carrera por haber compartido sus conocimientos.

Finalmente agradezco de manera muy especial al Ing. Erik Hernández Msc. por su calidad de gente y a los ingenieros Carlos Mafla Msc., Ramiro Rosero Msc. e Ignacio Benavides Msc. por solventar todas las interrogantes referentes a esta investigación.

A mi compañero Michael Quintana por su esfuerzo y dedicación para terminar este trabajo.

Daniel Alejandro Ortega Talavera

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico principalmente a Dios, por bendecirme y guiar mis pasos por el camino del bien, pero sobre todo por permitirme cumplir esta meta tan anhelada.

Con mucho amor a mi Padre Oswaldo, que desde cielo con su bendición me brindó la sabiduría para culminar esta etapa de mi vida, a mi madre Olguita que con sus valores, amor y apoyo incondicional me motivo a seguir este sueño, a mi hija Emilia Rafaella, ya que es mi pequeña fortaleza y la inspiración de todos mis objetivos, a mis hermanos Evelyn y Pablo que han sido mi gran ejemplo de lucha, mi pilar y motivación para superarme día a día, a mis tías por su paciencia y enseñanza en todas las etapas de mi vida, haciendo de mí una mejor persona.

Y por último dedico este trabajo de grado a mi persona, porque a pesar de los obstáculos y dificultades que he tenido en mi vida he logrado sobresalir, levantarme y continuar con mis metas propuestas.

Michael Alejandro Quintana

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por brindarme la vida, salud y por permitirme culminar esta etapa profesional, guiando y bendiciendo cada paso de mi vida.

Agradezco a toda mi familia por su apoyo y amor incondicional, en especial a mi madre Olguita y mi tía Samia quienes desde un comienzo fueron mi soporte en toda mi carrera universitaria.

A la Universidad Técnica del Norte en especial a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, por permitirme ser parte de esta familia y brindarme la oportunidad de formarme académicamente como profesional.

Agradezco también a mi director Ing. Erik Hernández Msc y miembros asesores, Ing. Ramiro Rosero Msc, Ing. Carlos Mafla Msc, Ing. Ignacio Benavides Msc, por su conocimiento y apoyo brindado en el desarrollo de la investigación.

De igual manera, agradezco a mi amigo y compañero Daniel Ortega por su apoyo, entrega y dedicación en el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

Michael Alejandro Quintana

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación Actual.....	2
1.3 Prospectiva.....	3
1.4 Planteamiento Del Problema	4
1.5 Formulación Del Problema	5
1.6 Delimitación.....	5
1.6.1 Delimitación Temporal.....	5
1.6.2 Delimitación Espacial.....	5
1.7 Objetivo General.....	5
1.8 Objetivos Específicos	5
1.9 Alcance	6
1.10 Justificación	6
1.11 Combustibles	7
1.11.1 Tipos De Combustibles	8
1.12 Propiedades De Los Combustibles	9
1.13 Biocombustibles.....	10
1.14 Origen De La Biomasa	11
1.14.1 Tipos De Biomosas.....	12
1.15 Clasificación De Los Biocombustibles.....	12
1.16 Normativa Ecuatoriana	14
1.17 Biocombustibles En Ecuador.....	16
1.17.1 Biodiesel.....	17
1.17.2 Bioetanol.....	17
1.17.3 Ecopaís	17
1.18 Motor De Combustión Interna.....	17
1.19 Sistema De Arranque	18
1.20 Sistema De Encendido	19
1.20.1 Distribuidor.....	19
1.21 Sistema De Carga.....	20
1.21.1 Alternador.....	21
1.22 Sistema De Combustible.....	22
1.22.1 Bomba De Combustible	23
1.22.2 Carburador.....	23
1.23 Sistema De Enfriamiento	24
1.24 Sistema De Lubricación.....	24
1.24.1 Bomba De Aceite.....	25
1.25 Emisiones Contaminantes.....	25

1.26	Gases De Escape	26
1.26.1	Monóxido De Carbono	26
1.26.2	Dióxido De Carbono.....	27
1.26.3	Hidrocarburos	27
1.26.4	Óxidos De Nitrógeno.....	27
1.26.5	Compuestos Orgánicos Volátiles	27
1.26.6	Partículas	28
1.27	Métodos Y Ciclos De Prueba.....	28
1.27.1	Pruebas Estáticas	28
1.27.2	Pruebas Dinámicas	28
1.27.3	Ftp 75.....	29
1.28	Normativas	29
1.29	Banco Dinamométrico	30
1.30	Tipos De Dinamómetros	31
1.31	Torque.....	31
1.32	Potencia.....	31
1.33	Curvas Características.....	32
CAPÍTULO II.....		33
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
2.1	Desarrollo De La Propuesta De Estudio	33
2.2	Materiales Y Equipos.....	34
2.2.1	Vehículo De Prueba.....	34
2.2.2	Gasolina Extra	35
2.2.3	Etanol Al 96 %	36
2.2.4	Analizador De Gases Brain Bee	37
2.2.5	Dinamómetro	39
2.2.6	Normativa Inen 1585:2020.....	40
2.3	Puesta A Punto Del Motor	41
2.4	Preparación Biocombustible Mezcla E20.....	42
2.4.1	Poder Calorífico De La Mezcla E20 Y Temperatura En La Cámara De Combustión.....	44
2.5	Preparación Mezcla Extra Con Aditivo	45
2.6	Condiciones Atmosféricas Para Las Pruebas.....	45
2.7	Pruebas De Torque Y Potencia.....	46
2.7.1	Adaptación Depósito De Combustible Adicional	46
2.8	Pruebas De Emisiones De Gases	48
2.8.1	Calibración Analizador Brain Bee.....	48
2.8.2	Procedimiento De Medición.....	48
CAPÍTULO III.....		50
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
3.1	Análisis De Torque Y Potencia Utilizando Combustible Extra.....	50
3.2	Promedio De Torque Y Potencia Utilizando Combustible Extra	51

3.3	Análisis De Torque Y Potencia Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	52
3.4	Promedios De Torque Y Potencia Utilizando Combustible Extra Con Aditivo...	53
3.5.	Análisis De Torque Y Potencia Utilizando Combustible Mezcla E20.....	53
3.6	Promedio De Torque Y Potencia Utilizando Combustible Mezcla E20.....	55
3.7	Comparativa De Potencia Con Las Diferentes Mezclas	56
3.8	Comparativa De Par Motor Con Las Diferentes Mezclas	57
3.9	Pérdida De Potencia.....	57
3.10	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Combustible Extra A 1000 Rpm.....	62
3.10.1	Monóxido De Carbono (Co) Con Combustible Extra.....	62
3.10.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Con Combustible Extra	63
3.10.3	Hidrocarburos (Hc) Con Combustible Extra.....	64
3.10.4	Oxígeno (O ₂) Con Combustible Extra.....	65
3.11	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Combustible Extra A 2000 Rpm.....	65
3.11.1	Monóxido De Carbono (Co) Con Combustible Extra.....	65
3.11.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Con Combustible Extra	66
3.11.3	Hidrocarburos (Hc) Con Combustible Extra.....	67
3.11.4	Oxígeno (O ₂) Con Combustible Extra.....	68
3.12	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Combustible Extra A 3000 Rpm.....	68
3.12.1	Monóxido De Carbono (Co) Con Combustible Extra.....	68
3.12.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Con Combustible Extra	69
3.12.3	Hidrocarburos (Hc) Con Combustible Extra.....	70
3.12.4	Oxígeno (O ₂) Con Combustible Extra.....	70
3.13	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Combustible Extra Con Aditivo En A 1000 Rpm	71
3.13.1	Monóxido De Carbono (Co) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo....	71
3.13.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo	72
3.13.3	Hidrocarburos (Hc) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	73
3.13.4	Oxígeno (O ₂) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	74
3.14	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Combustible Extra Con Aditivo A 2000 Rpm.....	75
3.14.1	Monóxido De Carbono (Co) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo....	75
3.14.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo	76
3.14.3	Hidrocarburos (Hc) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	77
3.14.4	Oxígeno (O ₂) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	78
3.15	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Combustible Extra Con Aditivo A 3000 Rpm.....	79
3.15.1	Monóxido De Carbono (Co) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo....	79
3.15.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo	80
3.15.3	Hidrocarburos (Hc) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	81
3.15.4	Oxígeno (O ₂) Utilizando Combustible Extra Con Aditivo.....	81
3.16	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Mezcla E20 A 1000 Rpm	82
3.16.1	Monóxido De Carbono (Co) Utilizando Mezcla E20.....	82
3.16.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Utilizando Mezcla E20.....	83
3.16.3	Hidrocarburos (Hc) Utilizando Mezcla E20.....	83

3.16.4	Oxígeno (O ₂) Utilizando Mezcla E20	84
3.17	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Mezcla E20 A 2000 Rpm	85
3.17.1	Monóxido De Carbono (Co) Utilizando Mezcla E20.....	85
3.17.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Utilizando Mezcla E20.....	85
3.17.3	Hidrocarburos (Hc) Utilizando Mezcla E20.....	86
3.17.4	Oxígeno (O ₂) Utilizando Mezcla E20	87
3.18	Análisis De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Mezcla E20 A 3000 Rpm	87
3.18.1	Monóxido De Carbono (Co) Utilizando Mezcla E20.....	87
3.18.2	Dióxido De Carbono (Co ₂) Utilizando Mezcla E20.....	88
3.18.3	Hidrocarburos (Hc) Utilizando Mezcla E20.....	89
3.18.4	Oxígeno (O ₂) Utilizando Mezcla E20	89
3.19	Desviaciones En Las Emisiones Con Los Diferentes Combustibles.....	90
3.20	Comparación De Las Emisiones De Gases De Escape Utilizando Extra, Extra Con Aditivo Y Mezcla E20	91
3.20.1	Comparativa De Monóxido De Carbono (Co).....	91
3.20.2	Comparativa De Dióxido De Carbono (Co ₂).....	92
3.20.3	Comparativa De Hidrocarburos (Hc)	93
3.20.4	Comparativa De Oxígeno (O ₂)	94
3.20.5	Comparativa Del Factor Lambda (Λ).....	95
CAPÍTULO IV.....		98
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		98
ANEXOS		106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Clasificación de los combustibles	9
Figura 1. 2 Clasificación de los biocombustibles	13
Figura 1. 3 Circuito de arranque	18
Figura 1. 4 Elementos principales en el distribuidor	20
Figura 1. 5 Circuito de carga	21
Figura 1. 6 Esquema circuito de carga	22
Figura 1. 7 Carburador de motor a gasolina	23
Figura 1. 8 Elementos de un sistema de lubricación	25
Figura 2. 1 Etapas del proceso metodológico.....	33
Figura 2. 2 Envase con bioetanol al 96%	36
Figura 2. 3 Analizador de Gases Brain Bee AGS-688	38
Figura 2. 4 Dinamómetro inercial del taller FICA-UTN.....	39
Figura 2. 5 Instalación del catalizador.....	42
Figura 2. 6 A la izquierda combustible extra y a la derecha mezcla E20.....	43
Figura 2. 7 Variación de la temperatura máxima en el cilindro con diferentes concentraciones de etanol en la mezcla	44
Figura 2. 8 A la izquierda combustible extra y a la derecha mezcla extra con aditivo	45
Figura 2. 9 Curvas de torque y potencia en software del dinamómetro	46
Figura 2. 10 Conexión de bypass desde el tanque adicional al carburador	47
Figura 3. 1 Primera prueba dinamométrica del motor utilizando combustible extra	50
Figura 3. 2 Promedios de las pruebas dinamométricas utilizando combustible extra.....	51

Figura 3. 3 Primera prueba dinamométrica del motor utilizando combustible extra con aditivo	52
Figura 3. 4 Promedios de las pruebas dinamométricas utilizando combustible extra con aditivo	53
Figura 3. 5 Tercera prueba dinamométrica del motor utilizando mezcla E20	54
Figura 3. 6 Promedio de las pruebas dinamométricas utilizando mezcla E20	55
Figura 3. 7 Comparativa de potencia utilizando extra, extra con aditivo y mezcla E20	56
Figura 3. 8 Comparativa de par motor utilizando extra, extra con aditivo y mezcla E20 ...	57
Figura 3. 9 Valores obtenidos de CO en ralentí utilizando combustible extra	63
Figura 3. 10 Valores obtenidos de CO ₂ en ralentí utilizando combustible extra	63
Figura 3. 11 Valores obtenidos de HC en ralentí utilizando combustible extra	64
Figura 3. 12 Valores obtenidos de O ₂ en ralentí utilizando combustible extra	65
Figura 3. 13 Valores obtenidos de CO a 2000 rpm utilizando combustible extra	66
Figura 3. 14 Valores obtenidos de CO ₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra	66
Figura 3. 15 Valores obtenidos de HC a 2000 rpm utilizando combustible extra	67
Figura 3. 16 Valores obtenidos de O ₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra	68
Figura 3. 17 Valores obtenidos de CO a 3000 rpm utilizando combustible extra	69
Figura 3. 18 Valores obtenidos de CO ₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra	69
Figura 3. 19 Valores obtenidos de HC a 3000 rpm utilizando combustible extra	70
Figura 3. 20 Valores obtenidos de CO ₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra	70
Figura 3. 21 Valores obtenidos de CO a ralentí utilizando combustible extra con aditivo .	71
Figura 3. 22 Valores obtenidos de CO ₂ a ralentí utilizando combustible extra con aditivo	72
Figura 3. 23 Valores obtenidos de HC a ralentí utilizando combustible extra con aditivo .	73

Figura 3. 24 Valores obtenidos de O ₂ a ralenti utilizando combustible extra con aditivo ..	74
Figura 3. 25 Valores obtenidos de CO a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	75
Figura 3. 26 Valores obtenidos de CO ₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	76
Figura 3. 27 Valores obtenidos de HC a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	77
Figura 3. 28 Valores obtenidos de O ₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	78
Figura 3. 29 Valores obtenidos de CO a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	79
Figura 3. 30 Valores obtenidos de CO ₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	80
Figura 3. 31 Valores obtenidos de HC a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	81
Figura 3. 32 Valores obtenidos de O ₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo	81
Figura 3. 33 Valores obtenidos de CO a ralenti utilizando mezcla E20.....	82
Figura 3. 34 Valores obtenidos de CO ₂ a ralenti utilizando mezcla E20	83
Figura 3. 35 Valores obtenidos de HC a ralenti utilizando mezcla E20.....	83
Figura 3. 36 Valores obtenidos de O ₂ a ralenti utilizando mezcla E20.....	84
Figura 3. 37 Valores obtenidos de CO a 2000 rpm utilizando mezcla E20	85
Figura 3. 38 Valores obtenidos de CO ₂ a 2000 rpm utilizando mezcla E20.....	85
Figura 3. 39 Valores obtenidos de HC a 2000 rpm utilizando mezcla E20	86
Figura 3. 40 Valores obtenidos de O ₂ a 2000 rpm utilizando mezcla E20.....	87
Figura 3. 41 Valores obtenidos de CO a 3000 rpm utilizando mezcla E20	87

Figura 3. 42 Valores obtenidos de CO ₂ a 3000 rpm utilizando mezcla E20	88
Figura 3. 43 Valores obtenidos de HC a 3000 rpm utilizando mezcla E20	89
Figura 3. 44 Valores obtenidos de O ₂ a 3000 rpm utilizando mezcla E20.....	89
Figura 3. 45 Resultados obtenidos de la medición del CO.....	91
Figura 3. 46 Resultados obtenidos de la medición del CO ₂	92
Figura 3. 47 Resultados obtenidos de la medición de HC.....	93
Figura 3. 48 Resultados obtenidos de la medición de O ₂	94
Figura 3. 49 Resultados obtenidos de la medición del factor Lambda λ	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Requisitos etanol anhidro grado carburante	14
Tabla 1. 2 Requisitos etanol anhidro grado carburante desnaturalizado	15
Tabla 1. 3 Requisitos gasolina INEN 935	15
Tabla 1. 4 Límites emisiones CO y HC.....	29
Tabla 1. 5 Límite emisiones CO, THC, NMHC, NOx	30
Tabla 1. 6 Límite CO, HC, NOx y emisiones evaporativas	30
Tabla 2. 1 Ficha técnica Toyota Land Cruiser	34
Tabla 2. 2 Requisitos gasolina extra norma NTE INEN 935:2021 Décima primera revisión	35
Tabla 2. 3 Propiedades físicas etanol al 96%	37
Tabla 2. 4 Campos de medición analizador de gases Brain Bee AGS-688.....	38
Tabla 2. 5 Ficha técnica dinamómetro marca Vamag	40
Tabla 2.6 Condiciones atmosféricas para las pruebas	45
Tabla 3.1 Datos de la prueba 1	51
Tabla 3.2 Datos promedio de torque y potencia utilizando extra.....	51
Tabla 3.3 Datos de la prueba 1	52
Tabla 3.4 Datos promedio de torque y potencia utilizando extra con aditivo.....	53
Tabla 3.5 Datos de la prueba 3	54
Tabla 3.6 Datos promedio de torque y potencia utilizando mezcla E20.....	55
Tabla 3.7 Desviación con combustible extra.....	90
Tabla 3.8 Desviación con combustible extra con aditivo.....	90

Tabla 3.9 Desviación con mezcla E20 90

Tabla 3.10 Datos totales obtenidos en ralenti, 2000 rpm y 3000 rpm utilizando extra, extra más aditivo y mezcla E20 97

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ASTM: American Society for Testing and Materials

atm: Atmósfera.

bar: unidad de presión, igual a un millón de barias y a 0,986923 atmósfera (atm)

E5: Compuesto por un 5% de bioetanol y un 95% de combustible comercial fósil

E10: Compuesto por un 10% de bioetanol y un 90% de combustible comercial fósil

E20: Compuesto por un 20% de bioetanol y un 80% de combustible comercial fósil

E95: Compuesto por un 95% de bioetanol y un 5% de combustible comercial fósil

C: Carbono.

CO₂: Monóxido de Carbono.

CV: Caballos de vapor

FTP-75: ciclo de conducción en ciudad determinado por la Agencia de Protección ambiental de EE. UU.

GLP: Gas licuado de petróleo.

GNV: Gas natural vehicular.

H: Hidrógeno.

HC: Hidrocarburos.

hp: Horsepower, caballos de fuerza

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

kPa: Kilopascal.

kW: Kilovatio

MCIA: Motor de combustión interna alternativo.

ml: mililitro

N.m: Newton metro.

msnm: Metros sobre el nivel del mar.

N: Nitrógeno.

NO_x: Óxidos de nitrógeno.

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana.

O₂: Oxígeno.

ppm: Partes por millón.

rpm: Revoluciones por minuto.

λ: Factor lambda

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	106
ANEXO I. Pruebas dinamométricas.....	107
ANEXO II. Preparación de mezcla combustible con aditivo y mezcla E20	108
ANEXO III. Pruebas de emisiones contaminantes.....	109
ANEXO IV. Resultados dinamométricos utilizando combustible convencional fósil.....	110
ANEXO V. Resultados dinamométricos utilizando combustible con aditivo	112
ANEXO VI. Resultados dinamométricos utilizando mezcla E20.....	114

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una investigación comparativa de las emisiones de gases contaminantes y pruebas dinamométricas utilizando combustible comercial fósil y una mezcla de bioetanol E20 obtenido de la caña de azúcar en el vehículo Toyota Land Cruiser. De la misma forma se realizó un estudio bibliográfico de biocombustibles en motores térmicos y las modificaciones requeridas en el vehículo para este tipo de pruebas. Se utilizaron los equipos Brain Bee AGS-688 para la medición de emisiones de gases de escape y el dinamómetro Vamag VPA-V2R para obtener los datos de par motor y potencia con las diferentes mezclas a diferentes rangos de revoluciones.

Como resultados se obtuvo que al emplear la mezcla E20 el rendimiento de la potencia se incrementó en un 18,17% y el par motor en un 7,84% en comparación al combustible convencional extra. De la misma forma al utilizar la mezcla extra con aditivo se incrementó la potencia en un 2,77% y el par motor en un 11,69%.

En las pruebas de emisiones de gases de escape a 1000 rpm los resultados obtenidos al emplear la mezcla E20 el monóxido de carbono se incrementó 1180,92% respecto al combustible extra, resultados similares se obtuvieron en las pruebas realizadas a 2000 y 3000 rpm. En el análisis de dióxido de carbono se obtuvo a 1000 rpm un incremento de un 4,57% al emplear la mezcla E20, a 2000 rpm similares resultados y a 3000 rpm la mezcla E20 bajó en un 14,27%.

Se evidenció un decremento en las emisiones de hidrocarburos, al realizar la prueba a 1000 rpm se redujo en 43,39% empleando mezcla E20. De igual forma a 2000 rpm se redujo en un 49,87%. Finalmente, en la última prueba a 3000 rpm se obtuvo una disminución del 43,58%. Para las emisiones de oxígeno también hubo disminución al emplear la mezcla E20, a 1000 rpm se disminuyó en 46,82%. Igualmente, a 2000 rpm se obtuvo una disminución de 66,82% y a 3000 rpm se obtuvo una disminución del 72,03%.

Se obtuvieron resultados favorables con la mezcla de combustible y aditivo, en el caso del monóxido de carbono se obtuvo un incremento de emisiones mientras que para el dióxido de carbono se redujeron, los hidrocarburos y el oxígeno presentaron un decremento de emisiones. Con esta investigación se demuestra las ventajas del bioetanol como combustible (E20) para los motores y el medio ambiente.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out a comparative investigation of the emissions of polluting gases and dynamometric tests using commercial fossil fuel and a mixture of E20 bioethanol obtained from sugar cane in the Toyota Land Cruiser vehicle. In the same way, a bibliographic study of biofuels in thermal engines and the modifications required in the vehicle for this type of tests was carried out. Brain Bee AGS-688 equipment was used to measure exhaust gas emissions and the Vamag VPA-V2R dynamometer was used to obtain torque and power data with the different mixtures at different revolution ranges.

As results, it was obtained that when using the E20 mixture, the power performance increased by 18.17% and the engine torque by 7.84% compared to the extra conventional fuel. In the same way, when using the extra mixture with additive, power increased by 2.77% and torque by 11.69%.

In the exhaust gas emission tests at 1000 rpm, the results obtained when using the E20 mixture, carbon monoxide increased 1180.92% compared to the extra fuel, similar results were obtained in the tests carried out at 2000 and 3000 rpm. In the carbon dioxide analysis, an increase of 4.57% was obtained at 1000 rpm when using the E20 mixture, similar results at 2000 rpm and at 3000 rpm the E20 mixture decreased by 14.27%.

A decrease in hydrocarbon emissions was evidenced, when performing the test at 1000 rpm it was reduced by 43.39% using E20 mixture. Similarly at 2000 rpm it was reduced by 49.87%. Finally, in the last test at 3000 rpm, a decrease of 43.58% was obtained. For oxygen emissions there was also a decrease when using the E20 mixture, at 1000 rpm it decreased by 46.82%. Likewise, at 2000 rpm a decrease of 66.82% was obtained and at 3000 rpm a decrease of 72.03% was obtained.

Favorable results were obtained with the mixture of fuel and additive, in the case of carbon monoxide an increase in emissions was obtained while for carbon dioxide they were reduced, hydrocarbons and oxygen presented a decrease in emissions. This research demonstrates the advantages of bioethanol as fuel (E20) for engines and the environment.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ANTECEDENTES.

Durante los primeros años del siglo XX la industria del petróleo tuvo una verdadera revolución científica y tecnológica en el mundo, haciendo que los combustibles fósiles sean el desarrollo de las grandes industrias, impulsando el crecimiento automotriz y a su vez económico, creando un nuevo y vasto mercado para los combustibles (Arzate, 2010, pág. 13).

Las primeras perforaciones de petróleo se iniciaron en los años 1859, en las mismas fechas en 1860 Etienne Lenoir inventa el motor con gas alumbrado, en 1883 Daimler aplica los descubrimientos de Otto a un motor alimentado con gasolina y en 1892 Rudolf Diesel patenta su propio diseño, por tanto, el petróleo fue y será la fuente principal de los combustibles que se emplea en los motores de combustión interna (Carreras, 2015, pág. 297). En la actualidad la demanda de energía se ha incrementado exponencialmente por el crecimiento de la población y de las grandes industrias, provocando una crisis energética para el planeta, perjudicial para la salud y el medio ambiente.

En vista a toda esta problemática la población se vio en la obligación de desarrollar combustibles alternativos que disminuyan los niveles de contaminación y así combatir la amenaza del calentamiento global.

A nivel mundial el año 2015 fue muy importante para el desarrollo de las energías renovables, se ha dado un sustancial incremento de la capacidad instalada con fuentes renovables, derivado del aumento de la rentabilidad de las tecnologías renovables (Rionda, 2016, pág. 15).

El bioetanol es el biocombustible más utilizado en Brasil, Estados Unidos, Japón, Colombia, India y la Unión Europea, con el fin de reducir la contaminación ambiental y optimizar el rendimiento de los motores de combustión interna (mayor octanaje), este proviene de la fermentación y destilación industrial de azúcares vegetales, para después mezclarla con gasolina, E10 (10% de etanol y 90% de gasolina), E5 (5% de etanol y 95% gasolina), E85

(85% de etanol y 15% gasolina) o en su forma pura para mayores concentraciones. La gran mayoría de fabricantes de vehículos y maquinas aprueban y recomiendan la mezcla de etanol y gasolina por sus grandes beneficios (Cabrera, 2000, pág. 21).

El biodiesel es un combustible alternativo producido mediante la transesterificación de aceites vegetales o grasas animales, tales como las oleaginosas de la soya, aceite de palma, colza, jatropha curca, etc, y este al igual que el bioetanol beneficia a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero CO₂, CO, HC, SO₂, MP y HAP (Renewable Energy Laboratory., 2009, pág. 8).

El Ecuador cuenta con una gran diversidad de recursos renovables y no renovables, entre los que destacan tenemos los recursos hídricos, biomasa, eólicos y solares, esta conserva gran cantidad de biomasa originaria de los recursos agrícolas, forestales y pecuarios, tales como el maíz, la caña de azúcar, la palma africana, el plátano, el arroz, el café, el cacao, las flores, las papas y la piña. La biomasa que posee el Ecuador también se puede aplicar para la obtención de biocombustibles. En el año 2010 se integró el biocombustible Ecopaís que tiene un compuesto de un 5% de bioetanol y 95% de gasolina base de alto octanaje (Julio, 2018, pág. 11).

Mediante el decreto ejecutivo 675 en el año 2015 se ordenó la comercialización y distribución de la gasolina Ecopaís en todo el territorio ecuatoriano, se cree que en un futuro el biocombustible reemplace la demanda de gasolina extra (EPPetroecuador, 2021, pág. 1).

1.2SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la gran mayoría de países han realizado cambios en la seguridad energética enfocados en temas como el cambio climático, el manejo de residuos, la escasez de agua entre otros, creando una serie de leyes y reglamentos que incitan al uso de los recursos derivados del medio ambiente y a su vez al desarrollo económico de nuevos proyectos (Rionda, 2016, pág. 18).

El sector energético en Ecuador ha identificado al transporte como uno de los grandes consumidores de energía, utilizando gran porcentaje de combustibles fósiles tales como el diésel y la gasolina, estos representando casi la mitad de la demanda nacional, siendo así el más contaminante.

En los últimos años el Ecuador ha presentado mejoras con el fin de reducir el consumo de combustibles contaminantes con el medio ambiente, una de ellas fue producir un biocombustible a base de etanol, con mayor octanaje y menos gases contaminantes mejorando la calidad de los combustibles.

La gasolina extra con etanol está compuesta por naftas y alcohol anhidro. La norma INEN 935 por el contenido de oxigenados permite alcanzar hasta el 10% de etanol en la gasolina (EPPetroecuador, 2021, pág. 1). En la actualidad la distribución de Ecopaís se encuentra en las ciudades de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas, Los Ríos, Bolívar, Cañar, Azuay, El Oro, Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago, con una cobertura de más de la mitad del territorio nacional.

En la actualidad el volumen de etanol se ha incrementado aproximadamente de 40 millones de litros a 113 millones de litros anuales. Se ayuda a 1.060 familias de bajos recursos y la cantidad de caña que hoy en día se destina ha crecido a 21.700 hectáreas, creando de esta manera 4.000 plazas de empleo para el país (EPPetroecuador, 2021, pág. 1).

1.3 PROSPECTIVA

El bioetanol es el importante biocombustible del futuro, ya que es un recurso renovable que proviene de nuestra biomasa, logrando mezclas favorables al cambio climático y a la reducción del uso de combustibles fósiles. Desarrollando proyectos naturales renovables nacionales y sobre todo favoreciendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por actividades humanas.

Algunos países en América del sur como Colombia trabajan para que la energía producida en dicho país sea 100% renovables para el año 2050, promoviendo un aumento en la inversión en energías renovables no tradicionales. Ya que Colombia es el tercer país del mundo más vulnerable frente al cambio climático (WWF, 2021, pág. 1).

La empresa pública de hidrocarburos Petroecuador y la asociación de biocombustibles del Ecuador (APALE) en febrero del 2021 firmaron un contrato para la provisión de 113'575.238 litros de etanol anhidro carburante para la elaboración de gasolina Ecopaís, esto quiere decir que se adquirirán 4'543.009,52 litros, con lo cual se beneficiará a los pequeños productores de alcohol y los cañicultores asociados en todo el proceso, aportando al desarrollo del sector agrícola del país y también se lograra el primero paso para

sostenibilidad de la producción de la caña de azúcar, ahorro de divisas para el estado, beneficio para el medio ambiente, energía limpia renovable y en un futuro llevar la mezcla al 10%, enfocados en alcanzar la mayor producción y cobertura nacional en todo el Ecuador (EPPetroecuador, 2021, pág. 1).

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los motores propulsados por combustibles fósiles son uno de los principales medios de movilidad en el país y constituyen una de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero más sustanciales (Santana Chóez, 2016). La fuente primaria de emanación de CO₂ resulta de la quema de un combustible fósil como el petróleo, utilizado principalmente en el sector del transporte (Pérez Darquea, 2018).

En el país desde el 2010 se fomenta la producción del combustible Ecopaís, compuesto por un 5% de etanol y 95% de gasolina extra con el objetivo de adecuarse al cambio de la matriz productiva (Ministerio Coordinador de Producción, empleo y competitividad, 2014). La gasolina ecopaís se comercializa en algunas provincias de la costa ecuatoriana y mediante su utilización se consigue disminuir la contaminación en comparación con la gasolina extra debido al 5% de etanol que compone la mezcla (Tapia Cabrera, 2016).

En la actualidad se sigue utilizando el tetraetilo de plomo en las gasolinas como aditivo antidetonante, el cual produce efectos nocivos en los seres humanos, plantas y animales a nivel celular (Rodríguez et al, 2016). Existe un vínculo importante entre la contaminación vehicular con el surgimiento de enfermedades respiratorias y el periodo de exposición a los gases contaminantes (Montero López et al, 2020).

Se estima que el petróleo se termine dentro de los próximos 50 años, por lo que los biocombustibles al originarse de una fuente renovable, figuran como una alternativa factible (Hernández et al, 2018). En vista de que el uso de los combustibles fósiles representa un recurso agotable y contaminante, es necesario explorar los beneficios de las energías amigables con el medio ambiente.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo realizar el análisis dinamométrico y de emisiones de gases de escape utilizando biocombustible etanol aplicado en el motor 2F del vehículo Land Cruiser, año 1980 en la provincia de Imbabura?

1.6 DELIMITACIÓN

1.6.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Este proyecto se efectuó desde el mes de mayo del 2021, al mes de marzo del 2022.

1.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

Este proyecto de investigación tuvo lugar en las instalaciones de mecánica de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, sector Azaya en la parroquia de Apachaca y en el taller automotriz de la Universidad Técnica del Norte sector el Olivo.

1.7 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis dinamométrico y de emisiones de gases de escape utilizando bioetanol en el vehículo Land Cruiser año 1980 de la Universidad Técnica del Norte

1.8 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar la puesta a punto el motor 2F del vehículo Land Cruiser para realizar pruebas utilizando un combustible comercial y un biocombustible.

- Realizar las pruebas dinamométricas de potencia y par motor con las diferentes mezclas de combustibles y analizar los resultados obtenidos en el dinamómetro.
- Efectuar y analizar las pruebas de emisiones contaminantes a diferentes regímenes de giro utilizando combustible comercial extra, extra con aditivo y mezcla E20 mediante el analizador de gases.

1.9 ALCANCE

El petróleo como fuente energética produce una serie de gases que contribuyen al calentamiento global, por esta razón los investigadores se esfuerzan en crear biocombustibles, mitigando las emisiones nocivas como óxidos de carbono e hidrocarburos (Han y Yildiz, 2012 citado en Castro et al, 2017). La mezcla de gasolina y etanol reduce las emisiones de monóxido de carbono y no se requiere modificar el motor del vehículo en concentraciones de hasta 20% (de la Cerna, 2016).

Esta investigación es un análisis cuantitativo donde se determinará el par motor y la potencia de un vehículo mediante pruebas en el dinamómetro, también se realizarán pruebas de emisiones contaminantes, ambas pruebas se realizarán utilizando gasolina extra y una mezcla de bioetanol al 20%, se requiere la puesta a punto del motor del vehículo Land Cruiser del año 1980 de 6 cilindros en línea que trabaja a base de gasolina, el cual está ubicado en el taller mecánico de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.10 JUSTIFICACIÓN

En el quinto objetivo del Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 – Toda una vida se promueve “impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria” (SENPLADES, 2017), en la política 5.7 se plantea “garantizar el suministro energético con calidad, oportunidad, continuidad y seguridad, con una matriz energética diversificada, eficiente, sostenible y soberana como eje de la transformación productiva y social” (SENPLADES, 2017, pág. 83).

Igualmente, en la política 5.8 se determina “fomentar la producción nacional con responsabilidad ambiental, potenciando el manejo eficiente de los recursos naturales y el uso de tecnologías duraderas y ambientalmente limpias, para garantizar el abastecimiento de bienes y servicios de calidad” (SENPLADES, 2017, pág. 83). Se estima que dentro de los próximos años la escasez de petróleo se agudice y debido a que el transporte de las personas depende de esta fuente de energía se requiere proyectar una transformación en el modelo energético (Bellido Díez, 2013).

Esta investigación se orienta en la aplicación de bioetanol y análisis de par motor, potencia y medición de emisiones de gases contaminantes del vehículo Land Cruiser del año 1980, realizando un análisis de los resultados adquiridos con la mezcla de bioetanol con combustibles fósiles (gasolina extra). Con una concentración de bioetanol al 20% en la mezcla, el motor no requiere ninguna modificación interna para trabajar con este combustible.

1.11 COMBUSTIBLES

Por combustible se reconoce a cualquier material que sea capaz de liberar energía cuando se somete a reacciones de oxidación de forma violenta, transfiriendo calor poco a poco. Es necesario conocer la composición de un combustible para poder determinar los parámetros característicos de la reacción de combustión (Navas, 2015, pág. 88).

El petróleo, el carbón y el gas natural, son combustibles fósiles que proporcionan energía para desarrollar la mayor parte de nuestras actividades. Estos combustibles abastecen parte de la demanda de energía mundial, cada uno es considerado un recurso no renovable (Rice, 2017, págs. 8-10).

La gasolina y el diésel son mezclas complejas de hidrocarburos que se destilan en un intervalo de temperaturas determinado; menor temperatura en gasolina como más volátil y mayor temperatura en diésel como menos volátil. Estos combustibles pueden combinarse en proporciones con biocombustibles, gasolina con alcohol carburante y diésel con biodiesel (Goñi & Rojas, 2017, pág. 28).

1.11.1 TIPOS DE COMBUSTIBLES

A continuación, se presentan algunos tipos de combustibles fósiles y biomásicos.

Combustibles fósiles

- Gas natural y derivados
- Carbón mineral y derivados
- Petróleo y derivados

Combustibles biomásicos

- Residuales forestales (leña, ramas, hojas, aserrín de madera)
- Carbón vegetal (charcool, subproducto de la destilación seca de madera)
- Residuales agrarios y agroindustriales (ramas, hojas, tallos, bagazo, orujo) (Goñi & Rojas, 2017, pág. 27).

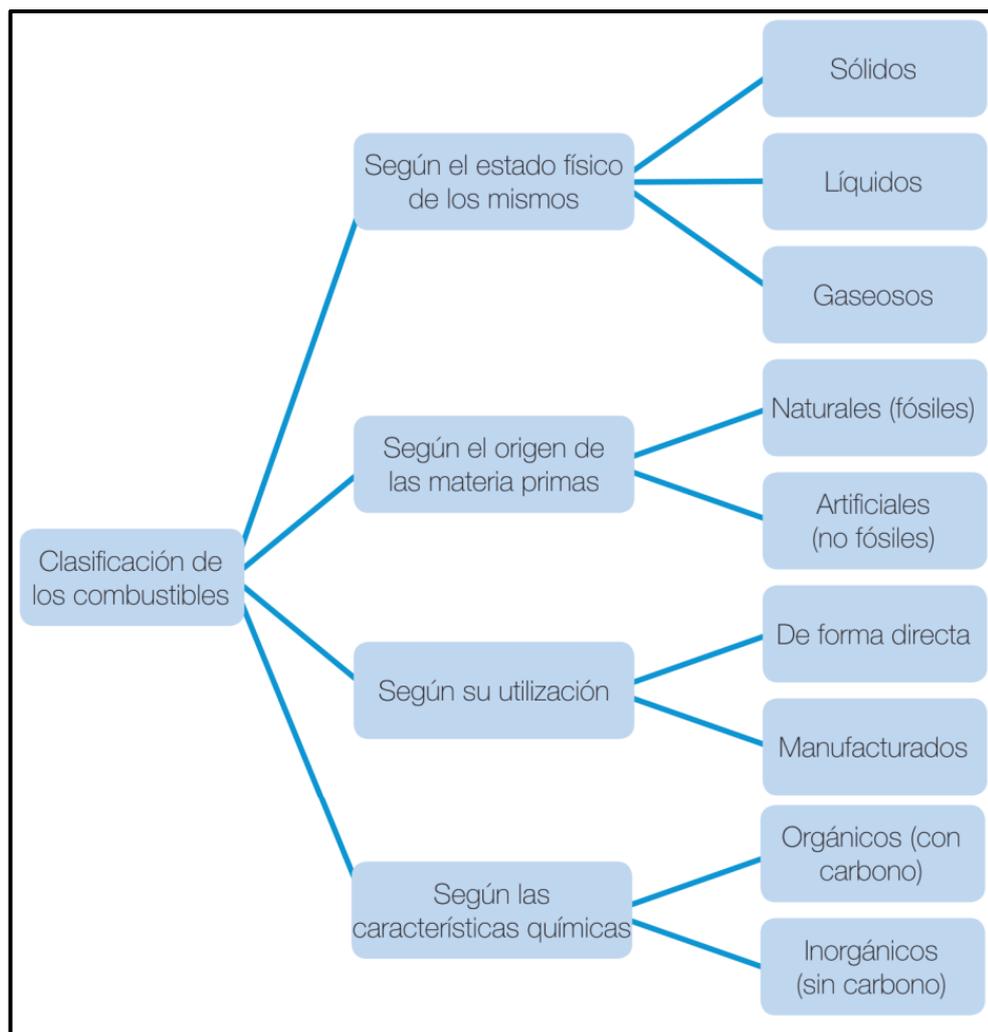


Figura 1. 1 Clasificación de los combustibles
(Navas, 2015, pág. 92)

En la Figura 1.1 se presenta una clasificación de combustibles según su estado físico, origen de la materia prima, utilización y características químicas, especificando sus respectivas tipificaciones posteriores.

1.12 PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES

Determinar las propiedades fisicoquímicas que presentan los combustibles es necesario para establecer los posteriores criterios de análisis. En la bibliografía se presentan las siguientes características destacadas.

➤ **PODER CALORÍFICO**

El poder calorífico representa la energía que puede entregar un combustible en forma de calor, ante una combustión, y para una masa o volumen de combustible determinados (Goñi & Rojas, 2017, pág. 41).

➤ **VISCOSIDAD**

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Esta tiene gran importancia a efectos de su almacenamiento y transporte. Su determinación es experimental, cuyos valores típicos se encuentran tabulados para los distintos combustibles industriales líquidos (Navas, 2015, pág. 90).

➤ **DENSIDAD**

La densidad se determina generalmente de forma experimental, utilizándose la densidad relativa a la del aire como magnitud comparativa de los combustibles gaseosos. La densidad absoluta del aire en condiciones normales es de 1,293 kg/m³ (Navas, 2015, pág. 90).

➤ **LÍMITE DE INFLAMABILIDAD**

Siendo una propiedad característica de los gases, establece en %, la proporción necesaria de gas y aire para que se pueda producir la combustión, a partir de sus límites: superior e inferior (Navas, 2015, pág. 91).

1.13 BIOCOMBUSTIBLES

La biomasa que se utiliza como fuente de energía puede clasificarse de la siguiente manera:

- **BIOMASA NATURAL**

Se produce en la naturaleza sin intervención humana como, por ejemplo, la energía producida por la poda natural en los bosques.

- **BIOMASA RESIDUAL**

Deriva del producto generado en diversas actividades productivas:

- Actividades agrícolas (poda, rastrojos.), silvícolas y ganaderas.
- Industria agroalimentaria (alpechines, bagazos, huesos o cáscaras.).
- Industria de transformación de la madera (aserraderos, papel, muebles.) depuradoras y el reciclado de aceites.

- **CULTIVOS ENERGÉTICOS**

Plantas cultivadas para ser transformadas en biocombustible (Navas, 2015, pág. 98).

Los biocombustibles o denominados también combustibles alternativos de sustitución son combustibles que nacen a partir de varios procesos, cuya materia prima es la biomasa, con el objetivo de sustituir los carburantes fósiles y disminuir las emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero (Llangari, 2018, pág. 43).

1.14 ORIGEN DE LA BIOMASA

En el ámbito de las energías renovables el término biomasa se utiliza con dos acepciones distintas ya que la misma denominación se aplica al recurso (materia prima) y a la energía que se produce con su utilización. En el contexto energético, se ha aceptado el término "BIOMASA" para denominar a una fuente de energía de tipo renovable basada en la utilización energética de biocombustibles producidos a partir de materias primas de tipo biomásico, considerando estas como cualquier tipo de materia orgánica de origen biológico reciente (Fernández, y otros, 2015, pág. 3).

El bioetanol y el biodiesel son los dos carburantes que provienen de la biomasa, el primero es obtenido a partir de productos ricos en azúcares, productos ricos en almidón y mediante la hidrólisis de sustancias que contienen celulosa, el biodiesel proviene de aceites vegetales o de grasa animal. El alcohol carburante bioetanol, es obtenido de los procesos de fermentación y destilación con un contenido de humedad menor de 0.7%, para sustituir a la gasolina, o mezclarla con ella en proporciones variables (Muñiz, 2015, págs. 16-18).

1.14.1 TIPOS DE BIOMASAS

- Biomasa primaria: es la materia orgánica formada directamente por los seres fotosintéticos (algas, plantas verdes y demás seres autótrofos).
- Biomasa secundaria: es la producida por los seres heterótrofos que utilizan en su nutrición la biomasa primaria.
- Biomasa terciaria: es la producida por los seres que se alimentan de biomasa secundaria, como sería el caso de los carnívoros que se alimentan de herbívoros (Fernández, y otros, 2015, pág. 32).

1.15 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

Para clasificar a los biocombustibles tenemos a los de primera generación para designar a los que se producen a partir de aceites o azúcares comestibles provenientes de plantas como el maíz, la caña de azúcar, el girasol o la soja. La segunda generación de biocombustibles se obtiene con materias primas no aprovechables para la alimentación humana, estos pueden ser residuos forestales y agrícolas, que tienen elevado contenido de celulosa y lignina, principales componentes de las paredes celulares de las plantas (Ramos, Díaz, & Villar, 2016, pág. 2).

Los tipos de biocombustibles líquidos más utilizados en Latinoamérica corresponden a biodiesel y bioetanol, con relación al bioetanol, este puede ser de primera o de segunda generación, su producción se realiza con la incorporación de nuevos procesos de investigación y desarrollo (Morelos, 2016, pág. 2).

Biocombustibles como etanol y biodiesel son producidos y comercializados en cantidades significativas por diversos países, respondiendo actualmente por 1,5% del total de combustible de transporte en el mundo. Los biocombustibles líquidos más utilizados y desarrollados, son el bioetanol empleado para sustituir las naftas y el biodiesel que sustituye al gasoil (Maglione, 2016, pág. 14).

El etanol denominado también como bioetanol, se obtiene a partir de procesos de fermentación de azúcares de la biomasa. Es aplicable a cultivos ricos en azúcares o en almidón. El bioetanol puede obtenerse también por hidrólisis de la materia lignocelulósica denominándose bioetanol de segunda generación, por tener un balance de CO₂ más favorable. Son utilizados como aditivo antidetonante de la gasolina en mezclas de hasta el 20%. Se calcula que la proporción de biocombustible del ETBE es 47% y la del MTBE el 36% (Llangari, 2018, págs. 45-46).

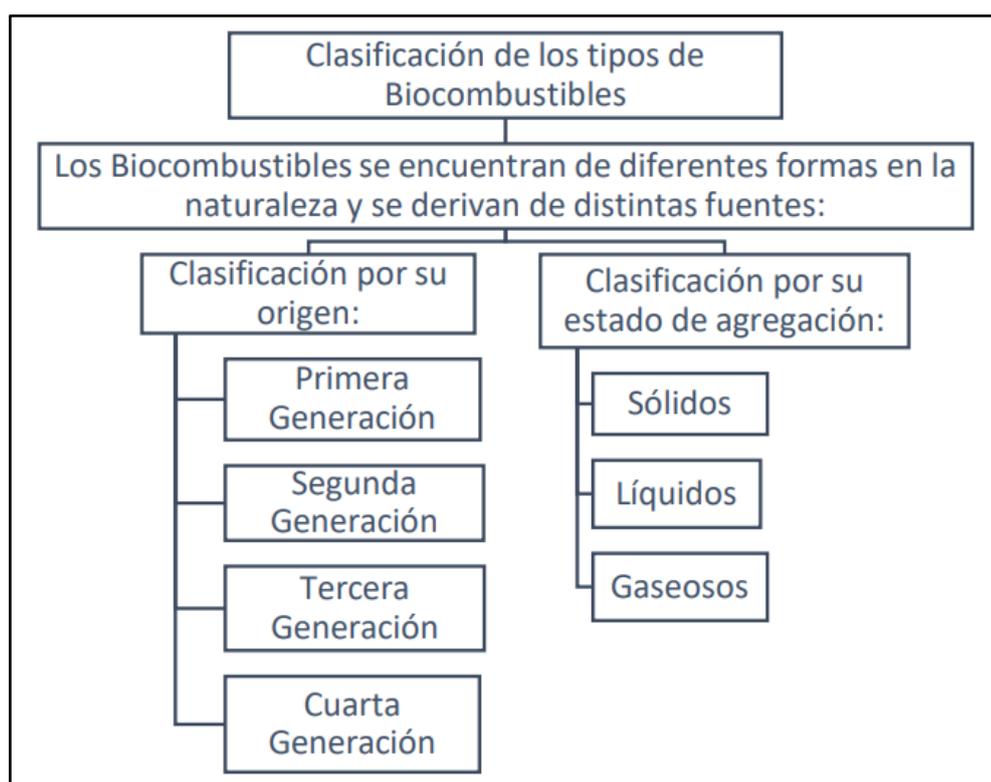


Figura 1. 2 Clasificación de los biocombustibles
(Paredes, 2019, pág. 21)

Entre los biocombustibles de primera generación se pueden considerar los siguientes:

- El biodiesel
- El bioetanol

- La biomasa
- El biogás

Recientemente se ha estado trabajando en la producción de nuevos hidrocarburos sintéticos de segunda generación (Hernández, 2015, págs. 15-16).

1.16 NORMATIVA ECUATORIANA

El etanol anhidro grado carburante y el etanol anhidro grado carburante desnaturalizado deben ser incoloros, transparentes y estar libres de impurezas y de materiales en suspensión (INEN, 2009, pág. 2).

El etanol anhidro grado carburante debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1.1.

Tabla 1. 1 Requisitos etanol anhidro grado carburante

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Φ Contenido de etanol	%	99,6	--	NTE INEN 340
Acidez total (Como ácido acético)	mg/100ml	--	3,0	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	μS/m	--	500	ASTM D 1125
Densidad a 20°C	kg/m ³	--	791,5	ASTM D 4052
Contenido de cloruros	mg/l	--	32	ASTM D 512
Φ Contenido de agua	%	--	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	--	0,1	ASTM D 1688**
Residuo por evaporación	mg/100ml	--	5,0	ASTM D 381
* Utilizar el método C modificado				
** Utilizar el método A modificado				

Fuente: (INEN, 2009, pág. 3)

El etanol anhidro grado carburante desnaturalizado debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1.2.

Tabla 1. 2 Requisitos etanol anhidro grado carburante desnaturalizado

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Φ Contenido de etanol	%	96,3	--	ASTM D 5501
Acidez total (Como ácido acético)	mg/100ml***	--	3,0	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	μS/m	--	500	ASTM D 1125
Densidad a 20 °C	kg/m ³	--	791,5	ASTM D 4052
Contenido de cloruros	mg/l	--	32	ASTM D 512
Φ Contenido de agua	%	--	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	--	0,1	ASTM D 1688**
Residuo por evaporación	mg/100ml	--	5,0	ASTM D 381
pHe	--	6,5	9,0	ASTM D 6423
Φ Contenido de desnaturalizantes	%	2	3	ASTM D 6729
* Utilizar el método C modificado ** Utilizar el Método A modificado *** El etanol anhidro grado carburante desnaturalizado puede contener aditivos tales como inhibidores de corrosión y detergentes que pueden afectar la acidez titulable (acidez expresada como ácido acético) del etanol anhidro grado carburante terminado. Es posible que el etanol anhidro grado carburante cumpla con las especificaciones de acidez, pero el efecto de estos aditivos puede producir una aparente acidez titulable alta en el producto desnaturalizado. Si existe alguna inquietud al respecto se debe verificar que el etanol anhidro cumple con los requisitos de acidez del numeral 6.1.2.				

Fuente: (INEN, 2009, pág. 3)

NTE INEN 935:2021 Décima primera revisión 2021-09 establece los requisitos que debe cumplir la gasolina para motores de combustión interna de encendido por chispa. La Tabla 1.3 presenta los requisitos para la gasolina en Ecuador.

Tabla 1. 3 Requisitos gasolina INEN 935

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo ^a
Número de Octano Research ^b (RON)	--	85,0	--	NTE INEN 2102 ASTM D2699
Temperatura de destilación:				ASTM D86
10 %	°C	--	70	
50 %	°C	77	121	
90 %	°C	--	189	
Punto final de ebullición	°C	--	220	
Residuo de destilación	% ^c	--	2,0	
Temperatura para la relación vapor/líquido igual a 20	°C	56,0	--	ASTM D5188

Presión de vapor	kPa	--	60,0	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	No.1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^d	--	0,0650	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^c	--	30,0	ASTM D1319 ASTM D6730 ASTM D6733
Contenido de benceno	% ^c	--	1,00	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^c	--	18,0	ASTM D1319 ASTM D6730 ASTM D6733
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525

Fuente: (INEN, 2021)

1.17 BIOCOMBUSTIBLES EN ECUADOR

En América Latina la producción de biocombustibles se ha convertido en la mejor opción de fuente energética para competir con el petróleo, dados los avances tecnológicos para el abastecimiento y el consumo, particularmente en sectores como el transporte (Morelos, 2016, pág. 2).

En el Ecuador se estableció el Decreto No. 675 que dispone que la gasolina Ecopaís estará compuesta por un porcentaje de hasta el 10% de bioetanol anhidro, grado carburante, y la diferencia por naftas necesarias para alcanzar el número de octanos que establece la correspondiente norma INEN aplicable (ARCH, 2019, pág. 1).

1.17.1 BIODIESEL

El biodiesel es un éster metílico de ácidos grasos que se obtiene a partir de aceites vegetales y que puede utilizarse en vehículos diésel. El biodiesel es un sustituto renovable del diésel petrolero para motores de combustión interna de vehículos de transporte (Goñi & Rojas, 2017, pág. 43).

1.17.2 BIOETANOL

El bioetanol es un etanol de origen vegetal que se obtiene de sustancias ricas en almidón y azúcar como cereales, maíz, remolacha, residuos véricos y otros. El bioetanol puede utilizarse en motores Otto hasta un 20 % y en vehículos modificados hasta un 100 % (Goñi & Rojas, 2017, pág. 44).

Las mezclas pueden ser de E5, E10, E20 y hasta E95 indicando en número el porcentaje de etanol empleado en la mezcla, al incrementar el contenido de etanol en la mezcla se reducen las emisiones de monóxido de carbono. Las mezclas con mayor contenido de etanol requieren modificar el diseño de los automóviles (Otárola & Rivera, 2019, pág. 4).

1.17.3 ECOPAÍS

Este combustible se elabora a base de la mezcla de Naftas de Alto y Bajo Octano con Etanol, para de esta forma alcanzar los requisitos de calidad que establece la Norma INEN 935, la cual regula la calidad de los combustibles. La gasolina Ecopaís cumple con los mismos estándares de calidad de la gasolina Extra, pero con la ventaja que tiene un componente renovable en su composición (EPPetroecuador, 2021, pág. 1).

1.18 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna alternativos (MCIA) son motores térmicos de desplazamiento positivo (o volumétricos), en los que el trabajo se obtiene mediante el

desplazamiento lineal del embolo de un mecanismo biela-manivela. Según el proceso de combustión, los motores de encendido provocado también reciben el nombre de motores de encendido por chispa o motores de ciclo Otto, son motores en los que al final del proceso de compresión se dispone de una mezcla de aire-combustible homogénea (Rovira & Muñoz, 2015, pág. 27).

1.19 SISTEMA DE ARRANQUE

El sistema de arranque en un vehículo provee del primer movimiento del motor, a continuación, la Figura 1.3 presenta un circuito de los elementos que intervienen al momento del arranque.

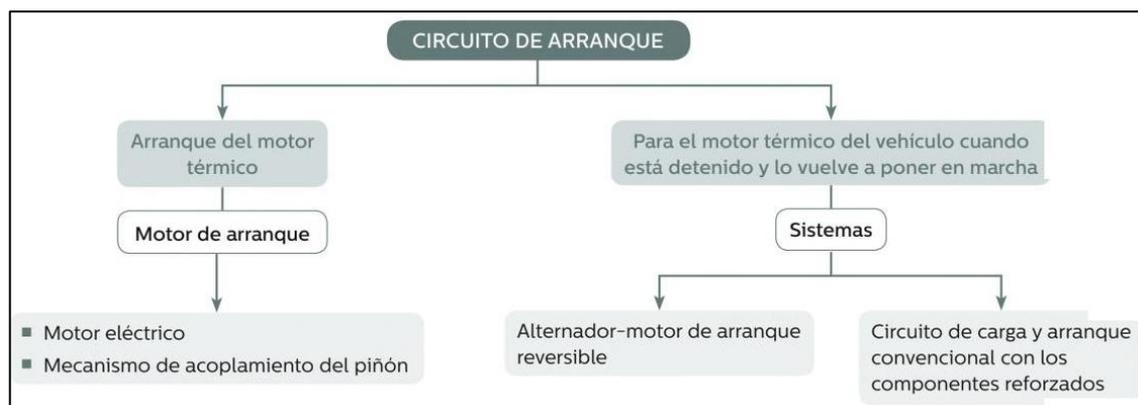


Figura 1. 3 Circuito de arranque

(Domínguez & Ferres, Electricidad del vehículo, 2019, pág. 117)

El motor de arranque realiza el giro del motor de combustión para su puesta en marcha o arranque. Para ello, dispone de un motor eléctrico y un mecanismo de acoplamiento del piñón de ataque a la corona del volante de inercia (Domínguez & Ferres, Electricidad del vehículo, 2019, pág. 129).

1.20 SISTEMA DE ENCENDIDO

Para lograr un buen rendimiento de los motores, es importante que se produzca una buena combustión de la mezcla. En este proceso intervienen tres elementos fundamentales:

- El sistema de dosificación de combustible, que es el responsable de obtener una buena mezcla en las condiciones óptimas para la combustión.
- La mecánica del motor, responsable de que la mezcla alcance las condiciones de presión y temperatura necesarias.
- El sistema de encendido, que tiene la función de producir, en el momento preciso y con energía suficiente, la chispa que garantice el éxito del comienzo de la combustión (Pardiñas & Feijó, 2018, pág. 7).

Dentro del sistema de encendido se puede considerar a la bobina como el componente más importante, ya que de ella dependen directamente factores como la energía de la chispa, el número de chispas por minuto y la tensión máxima que puede alcanzar el sistema de encendido (Pardiñas & Feijó, 2018, pág. 16).

1.20.1 DISTRIBUIDOR

El distribuidor es el encargado de efectuar la distribución de alta tensión a las respectivas bujías, según el orden de encendido, sirve de soporte y alojamiento al ruptor, condensador y mecanismos variadores de avance (Pérez, 2017, pág. 9).



Figura 1. 4 Elementos principales en el distribuidor
(Pérez, 2017, pág. 10)

En la Figura 1.4 se distinguen algunos elementos principales que intervienen en el funcionamiento de un distribuidor como: la tapa que es de un material resistente donde se conectan los cables de alta tensión hacia las bujías, también se tiene el dedo distribuidor, el ruptor, el pulmón de avance por depresión y el condensador.

1.21 SISTEMA DE CARGA

Los vehículos con motor de combustión interna son eléctricamente autónomos, disponen de un circuito eléctrico para la generación y la acumulación de energía eléctrica para la alimentación del circuito de arranque, alumbrado y señalización, y el resto de circuitos eléctricos auxiliares. Este circuito está formado principalmente por los siguientes elementos:

- Alternador
- Regulador
- Batería (Domínguez & Ferres, Electricidad del vehículo, 2019, pág. 118).

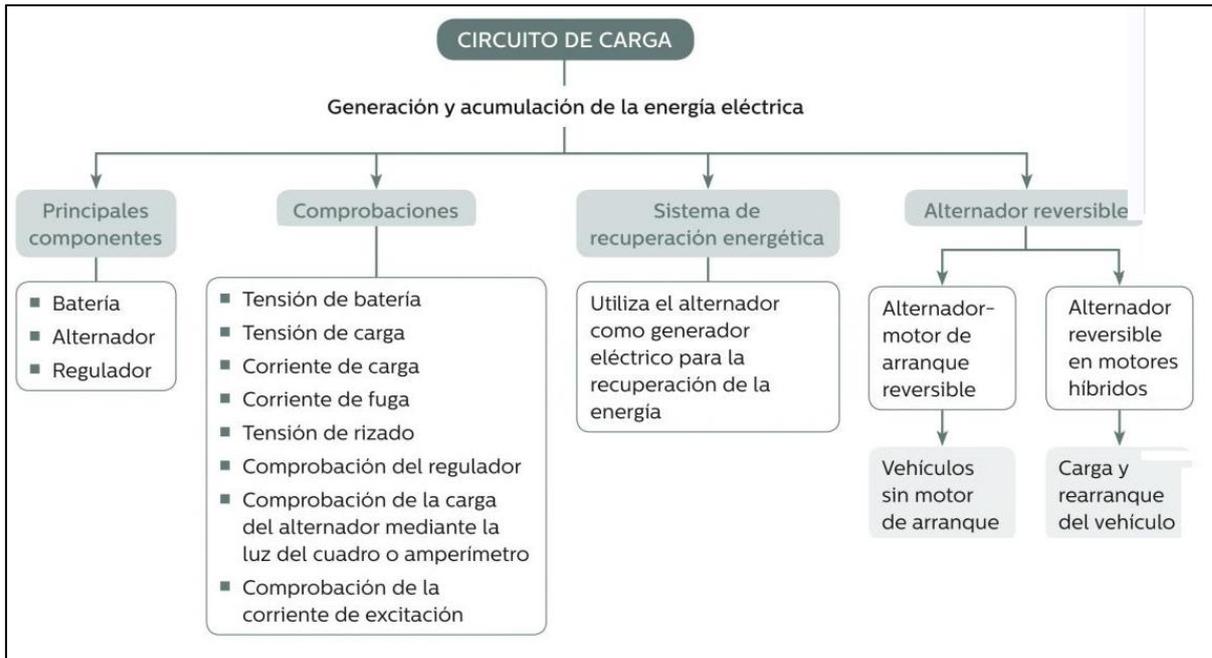


Figura 1.5 Circuito de carga

(Domínguez & Ferres, Electricidad del vehículo, 2019, pág. 117)

En la Figura 1.5 presenta un esquema del circuito de carga donde intervienen los 3 componentes principales anteriormente mencionados, las comprobaciones que se realizan, el elemento recuperador de energía, que es el alternador, el mismo que puede ser utilizado en forma reversible.

1.21.1 ALTERNADOR

El alternador necesita una corriente continua en las bobinas inductoras del rotor para generar el campo magnético que actuará sobre las bobinas de inducido del estator. Esta corriente continua de excitación produce el campo magnético constante que, al girar, genera en los bobinados del estator las corrientes alternas inducidas (Martín, 2017, pág. 228).

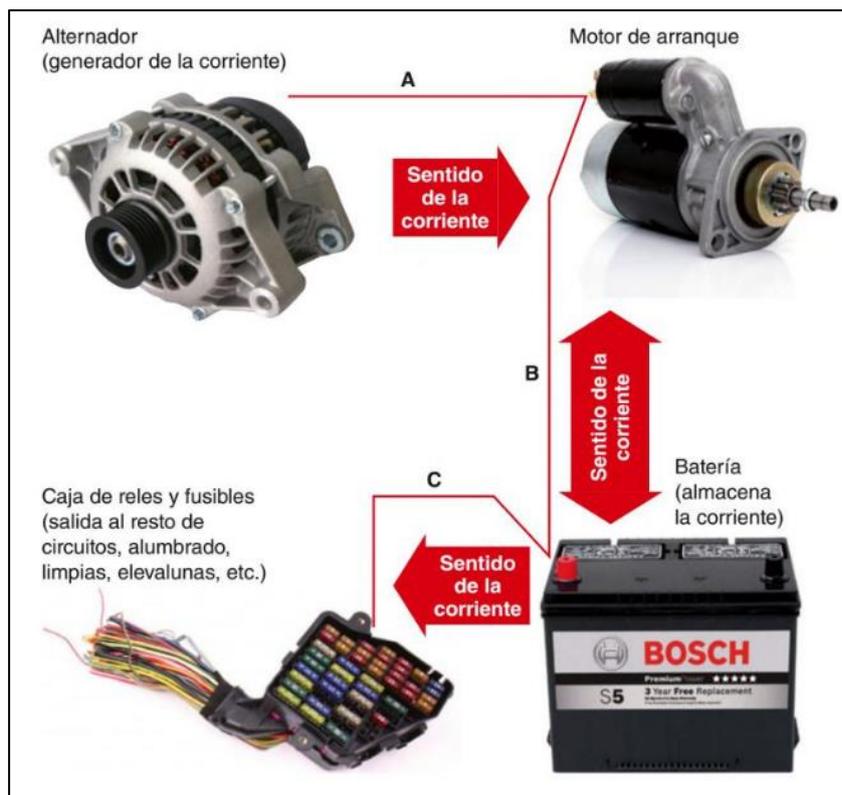


Figura 1. 6 Esquema circuito de carga
(Domínguez, Sistemas de carga y arranque, 2017, pág. 7)

En la Figura 1.6 se presenta el esquema del circuito de carga donde indica el sentido de la corriente, los elementos que actúan son: alternador como generador de carga, el motor de arranque, la batería que es un acumulador de corriente y la caja de relés y fusibles de donde se distribuye la corriente al resto de circuitos.

1.22 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de alimentación empleado en los motores Otto ha sido, desde su creación el carburador. No obstante, este dispositivo empezó a ser reemplazado por los sistemas de inyección (Pérez, 2017, pág. 90).

La alimentación de los motores de explosión consiste en preparar y hacer llegar al interior de los cilindros la cantidad de mezcla aire-combustible necesaria para el funcionamiento del motor en sus distintos regímenes de potencia y velocidad. Para esto se dispone de un circuito de alimentación, que consiste en un depósito donde se almacena el combustible para su utilización, que es aspirado por una bomba que lo envía, a través de una canalización de

tubos al carburador o a los inyectores, este elemento es el encargado de preparar la mezcla, debidamente dosificada (CEP, 2017, pág. 47).

1.22.1 BOMBA DE COMBUSTIBLE

La bomba de combustible tiene la misión de aspirar el combustible y enviarlo al carburador, estas bombas pueden ser de funcionamiento mecánico o eléctrico (CEP, 2017, pág. 47). En ambos casos se trata de bombas de membrana que generan bajas presiones (del orden de 0,25 bar), el montaje de una bomba eléctrica exige montar un sistema de seguridad que en caso de accidente desconecte la bomba al producirse la parada del motor (Pardiñas & Feijó, 2018, pág. 90).

1.22.2 CARBURADOR

Los carburadores constituyen un sistema de dosificación mecánico, que utiliza las propiedades y el comportamiento de los fluidos en movimiento para realizar su función (Pardiñas & Feijó, 2018, pág. 90).



Figura 1. 7 Carburador de motor a gasolina
(Vallencillos, 2017, pág. 229)

Básicamente, un carburador dispone en su interior de una serie de circuitos con los que alimentar al motor, a veces de modo individual y a veces de modo conjunto, en función de las diferentes condiciones de funcionamiento.

Para efectuar intervenciones en el carburador, encaminadas a regular el régimen y la dosificación durante el ralentí, se disponen dos tornillos de ajuste, perfectamente diferenciados:

- Tornillo de velocidad y
- Tornillo de riqueza de mezcla (Pérez, 2017, págs. 92-93).

1.23 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En el proceso de refrigeración, la circulación es activada por una bomba que se intercala en el circuito, entre la parte baja del radiador y el bloque, obligando la circulación del líquido refrigerante (refrigeración forzada). La bomba más usada es de paletas de tipo centrifugo, es decir, que el agua que llega a la rueda de paletas, la cual gira dentro de un cuerpo de bomba de aleación ligera, es recogida por éstas y en su giro la expulsa con fuerza hacia la periferia, obligándola a pasar a las cámaras de agua (Vallejos, 2015, pág. 112).

En efecto, los sistemas de carburación formaban la mezcla, en la mayoría de las ocasiones, antes del colector de admisión. De esa forma, el enfriamiento ocasionado por la evaporación del combustible quedaba contrarrestado por la transmisión de calor desde las paredes del sistema de admisión hacia la mezcla fría (Muñoz & Rovira, 2016, pág. 190).

1.24 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La principal función de la lubricación es evitar, o reducir todo lo posible, el contacto directo entre los metales en movimiento. El rozamiento entre los órganos móviles del motor origina desgastes, calentamiento y pérdidas de potencia. Esta fuerza resistente absorbe una cantidad de energía mecánica que se transforma en calor (Sanz, 2017, pág. 281).

En un sistema de lubricación podemos encontrar los siguientes elementos que ayudan al motor en su funcionabilidad. La Figura 1.7 presenta 4 componentes del sistema de lubricación, bomba de aceite que corresponde al sistema de impulsión, para el sistema de

control de presión se tiene un manómetro y manocontacto, también se encuentra el cárter que almacena el aceite y por último el filtro de partículas.

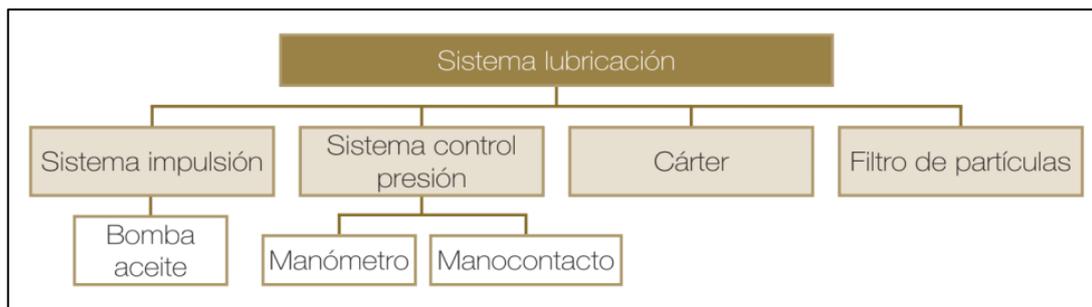


Figura 1. 8 Elementos de un sistema de lubricación
(Rivas, 2017, pág. 54)

Los lubricantes empleados en el motor están sometidos a altas temperaturas y muy elevadas presiones, en estas condiciones el aceite debe formar una fina película lubricante que se adhiera a las superficies para reducir la fricción (Sanz, 2017, pág. 283).

1.24.1 BOMBA DE ACEITE

La bomba de aceite va encajada en el cárter. La aspiración de la bomba debe estar completamente sumergida en el aceite, para evitar introducir aire a los conductos de lubricación. Estas bombas de aceite se sitúan en el interior del cárter y reciben el movimiento del árbol de levas o incluso del cigüeñal mediante un engranaje o cadena. Existen distintos tipos de bombas de aceite, siendo los más comunes las siguientes:

- Bomba de engranajes
- Bomba de lóbulos
- Bomba de paletas (Rivas, 2017, págs. 69-70).

1.25 EMISIONES CONTAMINANTES

Las emisiones contaminantes de los automóviles pueden controlarse exigiendo que se cumpla con determinadas normas y consiste en establecer límites a las emisiones cada vez

más estrictos para los vehículos nuevos y para los que están en circulación (Flamand & Rojas, 2015, pág. 206).

1.26 GASES DE ESCAPE

La cantidad de gases emitidos por los vehículos depende de diferentes factores como:

- El tipo de vehículo. Aspectos como la potencia o el tipo de combustible que utilice determinará el volumen y el tipo de contaminantes emitidos y el ruido que haga.
- El tipo de vía que afecta, por ejemplo, el consumo de combustible y la velocidad de circulación.
- Las características propias de la conducción, aceleradas, frenadas que afectan al consumo de combustible (Etrasa, 2019, pág. 194).

Las emisiones de un vehículo son:

- Dióxido de carbono.
- Óxidos de Nitrógeno.
- Vapor de agua.
- Compuestos azufrados.
- Nitrógeno.
- Hidrocarburos.
- Óxidos de carbono.
- Partículas varias.
- Monóxido de carbono (Jiménez, 2015, pág. 145).

1.26.1 MONÓXIDO DE CARBONO

El CO (monóxido de carbono), gas de emisión con que mayor cuidado tener, por su peligrosidad. El CO no tiene olor, color o sabor. Es imperceptible para las personas y al ser inhalado se une a la hemoglobina de la sangre inutilizándola para el transporte de oxígeno a las células, que es su función (Jiménez, 2015, pág. 145).

1.26.2 DIÓXIDO DE CARBONO

Es un gas que a temperaturas y presiones atmosféricas normales es incoloro, inodoro: está constituido por 27.3% de carbón y 72.7% de oxígeno; la densidad del gas es 1.833 kg/m³ a 21.1 °C a 101 kPa de presión y el punto de sublimación -78.5 °C a 101 kPa de presión. Puede existir simultáneamente en sus tres estados sólido líquido y gaseoso a una temperatura de -56.6 °C y una presión de 416 kPa. Su fórmula química es CO₂ (INEN, 2015, pág. 2).

1.26.3 HIDROCARBUROS

Los combustibles no quemados, o quemados parcialmente, emitidos por el tubo de escape de un automóvil, son denominados hidrocarburos, están formados por la unión de hidrógeno y carbono. Los motores a gasolina emiten mayores cantidades de hidrocarburos, en comparación a los motores diésel equivalentes. Entre los hidrocarburos, el benceno es cancerígeno (Vintimilla, 2015, pág. 22).

1.26.4 ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Tienen un aspecto amarillento, se forma durante la combustión en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato, que conllevan la producción de ácidos en el ambiente (Vintimilla, 2015, pág. 23).

1.26.5 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Los compuestos orgánicos volátiles son los hidrocarburos líquidos volátiles y los gaseosos que están presentes en los gases de escape, la contribución de las emisiones de los MCIAs es muy baja en comparación con las de otros sectores (Rovira & Muñoz, 2015, págs. 83-84).

1.26.6 PARTÍCULAS

Son pequeños fragmentos suspendidos en el aire, generalmente compuestos por hidrocarburos. Para la salud humana es más peligroso que existan partículas de menor tamaño porque no pueden ser filtradas y son más fáciles de ingresar cuando se inhala (Lema, 2019).

1.27 MÉTODOS Y CICLOS DE PRUEBA

Un ciclo de prueba es una secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor para determinar el nivel de emisiones que produce (INEN, 2017, pág. 2).

1.27.1 PRUEBAS ESTÁTICAS

Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo a temperatura normal de operación en marcha mínima (ralentí) sin carga en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas) (INEN, 2017, pág. 4).

1.27.2 PRUEBAS DINÁMICAS

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro aplicando los ciclos de prueba. ECE + EUDC es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos que utilizan gasolina (INEN, 2017, págs. 2-3).

1.27.3 FTP 75

Ciclo FTP-75 es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) para los vehículos livianos y medianos de gasolina o diésel, y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99.

1.28 NORMATIVAS

Toda fuente móvil con motor de gasolina. durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación. no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.4 (INEN, 2017, pág. 4).

Tabla 1. 4 Límites emisiones CO y HC

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Fuente: (INEN, 2017, pág. 4)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NO_x), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 1.5 (INEN, 2009, pág. 5).

Tabla 1. 5 Límite emisiones CO, THC, NMHC, NOx

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años ^a			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDLT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDLT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

^a Vida útil 120.000 millas/11 años para todos los estándares HLDLT, THC y LDT.

Abreviaturas:
 PBV Peso bruto vehicular
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)
 LDT Camión ligero
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)
 HLDLT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

Fuente: (INEN, 2017, pág. 5)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 1.6 (INEN, 2017, pág. 5).

Tabla 1. 6 Límite CO, HC, NOx y emisiones evaporativas

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M ^a	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1 ^b	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

^a Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.
^b Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg.

Fuente: (INEN, 2017, pág. 5)

1.29 BANCO DINAMOMÉTRICO

El dinamómetro es un equipo el cual permite medir la energía que entrega el motor de un vehículo bajo diferentes rangos y cargas para poder tener un análisis de desempeño de las prestaciones de este motor tanto en la ciudad como en la carretera (Ávila, 2016, pág. 20).

1.30 TIPOS DE DINAMÓMETROS

Los tipos de dinamómetros que permiten evaluar el comportamiento de un motor de combustión interna de un vehículo son: dinamómetro de motor y dinamómetro de chasis.

- Dinamómetro de motor.

El dinamómetro de motor es un equipo que permite obtener tanto el balance de energía como las curvas características del motor, como son; par motor, potencia, consumo específico de combustible.

- Dinamómetro de chasis.

El dinamómetro de chasis es un equipo que permite medir la potencia y el par motor en las ruedas motrices del vehículo, los resultados obtenidos serán representados de forma gráfica mediante curvas (Ávila, 2016, págs. 21-23).

1.31 TORQUE

El torque representa la capacidad de un auto para mover algo pesado. Un tractor puede no tener muchos Caballos de Fuerza e ir lento, sin embargo, tiene mucho torque, lo que le permite arrastrar cargas de varias toneladas (Dodge, 2020, pág. 1).

1.32 POTENCIA

A la potencia se le considera como el trabajo efectuado por unidad de tiempo. Se mide en las siguientes unidades:

- Caballo Vapor (CV). Inicialmente surgió en Francia, y se extendió por el resto de Europa.
- Horse Power (HP). Adoptada por Inglaterra y extendida a EUA.
- Kilowatt (kW). Es la unidad en el Sistema Internacional de Unidades.

La potencia depende del proceso de combustión en el motor que transforma la energía contenida en el combustible en potencia de giro, que aparece en los siguientes componentes de la máquina:

- Motor
- Toma de Potencia
- Barra de Tiro
- Sistema Hidráulico (Peláez, 2015, págs. 38-39).

1.33 CURVAS CARACTERÍSTICAS

Las curvas características son las encargadas de definir el comportamiento de los vehículos o de los motores. Para poder definir los comportamientos del motor es necesario obtener tres curvas: curva de potencia del motor, curva de par del motor y curva de consumo específico del motor. Y para esto es importante tener en cuenta el cálculo de unos parámetros fundamentales a saber el par, la potencia y el consumo específico de combustible (Zambrano & Núñez, 2013, pág. 17).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE ESTUDIO

La presente investigación refleja el comportamiento del motor de combustión interna modelo 2F del vehículo Land Cruiser usando combustible comercial gasolina extra y biocombustible en mezcla E20 utilizando etanol al 96%. Las pruebas de torque y potencia se realizaron en el dinamómetro y para la medición de emisiones se utilizó el analizador de gases Brain Bee, dispositivos que posee el taller de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte.

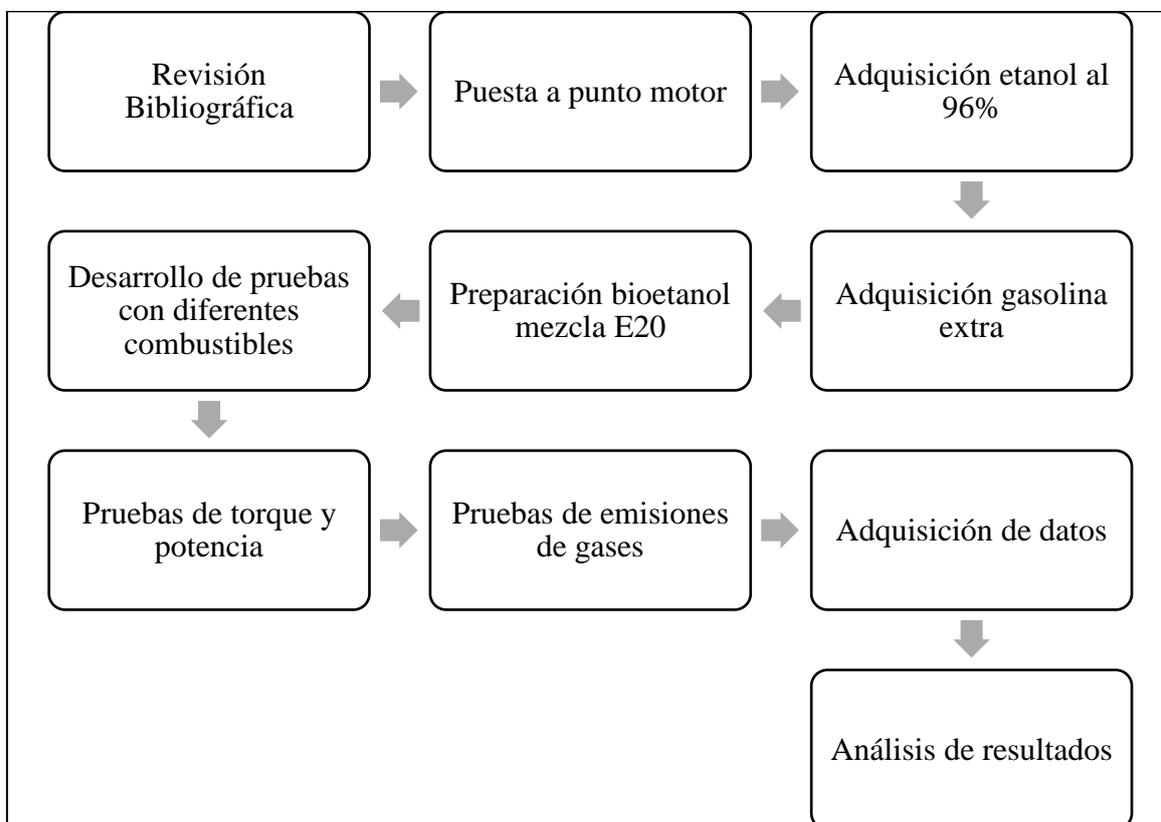


Figura 2. 1 Etapas del proceso metodológico

En la Figura 2.1 se presentan las etapas que fueron desarrolladas según la metodología utilizada para alcanzar los diferentes objetivos planteados.

2.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Se presentan los diferentes materiales empleados para la preparación del biocombustible en mezcla E20, también se detallan los equipos utilizados en el desarrollo de las pruebas de esta investigación.

2.2.1 VEHÍCULO DE PRUEBA

Para la realización de las pruebas se utilizó el vehículo Toyota Land Cruiser FJ 40 que posee un motor modelo 2F. La Tabla 2.1 presenta las especificaciones técnicas del vehículo.

Tabla 2. 1 Ficha técnica Toyota Land Cruiser

Marca	Toyota
Modelo	Land Cruiser 40
Año de fabricación	1980
Categoría	SUV
Ubicación del motor	Delantera
Cilindrada	4230 cm ³
Tipo de motor	en-línea, 6-cilindros
Transmisión	Manual, 4-velocidades
Tracción	4WD
Tipo de carrocería	Todoterreno
Combustible	Gasolina
Potencia máxima	135 hp @ 3600 rpm
Arquitectura	Motor de combustión interna
Aspiración del motor	Motor atmosférico

Fuente: (Toyota, 2011, pág. 1)

2.2.2 GASOLINA EXTRA

Para la realización de las pruebas se adquirió 10 galones de gasolina extra que se comercializa en las distribuidoras de la ciudad de Ibarra, este tipo de gasolina posee 85 octanos, la Tabla 2.2 presenta las especificaciones técnicas de este combustible.

Tabla 2. 2 Requisitos gasolina extra, norma NTE INEN 935:2021 Décima primera revisión

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo ^a
Número de Octano Research (RON) ^b	--	85,0	--	NTE INEN 2102 ASTM D2699
Temperatura de destilación:				ASTM D86
10 %	°C	--	70	
50 %	°C	77	121	
90 %	°C	--	189	
Punto final de ebullición	°C	--	220	
Residuo de destilación	% ^c	--	2,0	
Temperatura para la relación vapor/líquido igual a 20	°C	56,0	--	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60,0	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	No.1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^d	--	0,0650	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^c	--	30,0	ASTM D1319 ASTM D6730 ASTM D6733
Contenido de benceno	% ^c	--	1,00	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^c	--	18,0	ASTM D1319 ASTM D6730 ASTM D6733

Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de plomo	mg/L	--	1,0	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	1,0	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	1,0	ASTM D5185

Fuente: (INEN, 2021)

2.2.3 ETANOL AL 96 %

El etanol es un líquido incoloro, transparente, volátil y con un olor característico. Obtenido por un proceso de fermentación de sustratos de origen agrícola por medio de levadura y luego purificado por destilación.



Figura 2. 2 Envase con bioetanol al 96%

Para la preparación del biocombustible se utilizó bioetanol al 96%, la Tabla 2.3 presenta las propiedades físicas de este elemento químico.

Tabla 2. 3 Propiedades físicas etanol al 96%

Punto de ebullición	79°C
Punto de fusión	-117°C
Densidad relativa (agua = 1)	0,8
Solubilidad en agua	miscible
Presión de vapor, kPa a 20°C	5,8
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	1,6
Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1)	1,03
Punto de inflamación	13°C c.c.
Temperatura de auto ignición	363°C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire	3.3-19
Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow	-0.32

Fuente: (EBD, 2000, pág. 2)

2.2.4 ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE

Para la realización de las pruebas de emisiones de gases se utilizó el analizador de gases Brain Bee AGS-688, este dispositivo de medición puede analizar y determinar las concentraciones de los gases contaminantes producto de la combustión interna en los motores a gasolina.

El aparato de medición funciona mediante filtros que disminuyen el paso de los gases conocido como conjunto separador de condensación. El proceso de extracción del gas se lo realizó por medio del tubo de escape con la ayuda de la sonda que se introdujo dentro del mismo.



Figura 2. 3 Analizador de Gases Brain Bee AGS-688

En la Figura 2.3 se observa al analizador que se utilizó para las pruebas de emisiones de gases de escape, este equipo puede medir 5 tipos de gases:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Hidrocarburos (HC)
- Oxígeno (O₂)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)

La Tabla 2.4 presenta las características técnicas de funcionamiento del analizador de gases Brain Bee AGS-688 con sus respectivos valores de medición.

Tabla 2. 4 Campos de medición analizador de gases Brain Bee AGS-688

CO	0 ÷ 9,99	% vol	Res. 0,01
CO₂	0 ÷ 19,9	% vol	Res. 0,1
HC hexano	0 ÷ 9 999	ppm vol	Res. 1
O₂	0 ÷ 25	% vol	Res. 0,01
NO_x	0 ÷ 5 000	ppm vol	Res. 1
Lambda	0.5 ÷ 5		Res. 0,001

Revoluciones	300 ÷ 9 990	rpm	Res. 10
Inductancia/capacitancia			
Temperatura del aceite	20 ÷ 150	°C	Res. 1

Fuente: (BrainBee, 2019, pág. 2)

2.2.5 DINAMÓMETRO

El dinamómetro inercial de la marca Vagma modelo BPA-V2R está vinculado al computador donde cualquier automóvil puede trabajar a determinadas velocidades y registrar resultados en forma gráfica obteniendo el torque y potencia del motor, su funcionamiento consiste en determinar la energía necesaria para acelerar una masa en un tiempo, dando como resultado la potencia. Para medir el par, la masa tiene que estar acelerándose.



Figura 2. 4 Dinamómetro inercial del taller FICA-UTN

La Figura 2.4 muestra al dinamómetro marca italiana Vamag empleado para la realización de las pruebas de torque y potencia. La Tabla 2.5 presenta las características técnicas del dinamómetro de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la UTN.

Tabla 2. 5 Ficha técnica dinamómetro marca Vamag

Marca	Italiana Vamag
Modelo	BPA-V2R
Potencia Máxima	400 HP
Torque	1 500 Nm
Voltaje de suministro	220 - 400V AC (1-3/N/PE)
Frecuencia	50 - 60 HZ
Corriente nominal	16 Amp
Masa	1 200 kg
Dimensiones	3 070 x 870 x 310 h mm
Presión del circuito de aire comprimido	6 bar
Diámetro del rodillo	240 mm
Ancho de rodillo	660 mm
Velocidad máxima	180 km/h

Fuente: (Vamag, 2017, pág. 4)

2.2.6 NORMATIVA INEN 1585:2020

(Ortega Balseca, 2019) La normativa INEN 1585:2020 indica los parámetros iniciales de presión y temperatura de 100 KPa y 25°C (298 K), y está basada en las normas ISO 1585 e ISO 3173, que comprenden el cálculo del factor de corrección en las pruebas dinamométricas, es realizado mediante la ecuación [1.1]:

$$K_a = \frac{100}{p} * \frac{T}{298} \quad [1.1]$$

Ecuación 1.1 Factor de corrección según la norma INEN 1585:2020

Reemplazando:

T = Temperatura absoluta en grados Kelvin en la entrada de aire

p = Presión atmosférica en Kilopascales

$$K_a = \frac{100}{101,7 [kPa]} * \frac{294,15 [K]}{298}$$

$$K_a = 0,970$$

2.3 PUESTA A PUNTO DEL MOTOR

Para llevar a cabo la puesta a punto del motor 2F del vehículo Toyota Land Cruiser año 1980 se tomó como guía el manual de reparaciones que proporciona el fabricante, para asegurar un correcto desempeño al momento de efectuar las pruebas. A continuación, se detalla las actividades realizadas en el proceso de puesta a punto.

Se procedió a medir el voltaje de la batería y se concluyó el reemplazo de esta. De la misma forma se comprobó el estado de funcionamiento del switch de encendido el mismo que se sustituyó por uno nuevo. Se cambió los carbones del alternador y se reemplazó el regulador de voltaje.

En el mantenimiento del motor de arranque se reemplazó el bendix debido al desgaste en los dientes del engrane.

Se efectuó el cambio de aceite de motor, filtro de aceite y así mismo se reemplazó el tapón del cárter. Posteriormente se cambió el aceite de la caja de cambios con un aceite de viscosidad SAE 75W85 y de la misma forma se reemplazó el aceite de los dos diferenciales delantero y posterior colocando un aceite SAE 90. Se sustituyó el aceite de embrague GL-5 SAE 75W90 y se cambió el aceite hidráulico, se colocó un aceite ATF DX IID.

Se cambió el juego de bujías por unas de grado frío debido a que disipan el calor más rápidamente y se procedió a su calibración. De la misma forma se verificó el estado de los terminales de los cables de bujías y de la bobina, comprobando la resistencia de cada cordón entre ambos extremos. En el mantenimiento del distribuidor se reemplazó el rotor, los condensadores, el platino y se verificó el avance de encendido. Se cambió la bobina de encendido.

En el mantenimiento del carburador se realizó la limpieza total de sus componentes verificando cada uno de estos, se sustituyó la aguja y el shiglor de bajas RPM, pasando de 125 a uno de 115. Posteriormente se ajustó el ralentí y el paso de aire.

Se llevó a cabo el lavado del tanque de combustible para eliminar cualquier impureza y evitar taponamientos en las líneas de combustible. Se procedió a soldar la cañería que sale del depósito de combustible utilizando suelda autógena.

Se verificó la compresión en cada uno de los cilindros obteniendo un promedio de 100 psi. Se procedió a la instalación de un catalizador de una vía con el fin de reducir las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono y con ello mitigar los efectos de los gases de escape en el medio ambiente.

Se ejecutó el mantenimiento y cambio de los retenes de la bomba de frenos ya que estos se encontraron en malas condiciones, posteriormente se reemplazó el líquido de frenos y asimismo se procedió al sangrado del sistema de frenos del vehículo. En el sistema de enfriamiento se reemplazó las mangueras que presentaban desgaste y provocaban fugas.



Figura 2. 5 Instalación del catalizador

En la Figura 2.5 se puede observar la instalación del catalizador Magna Flow en el sistema de escape del vehículo.

2.4 PREPARACIÓN BIOCOMBUSTIBLE MEZCLA E20

Para la preparación del biocombustible se utilizó la técnica de agitación, mezclando etanol al 96% y gasolina extra, la mezcla resultante tiene una proporción de etanol del 20%, a esta

mezcla de gasolina y etanol se le denomina E20, el número después de la letra E corresponde al porcentaje empleado de etanol para obtener un biocombustible.



Figura 2. 6 A la izquierda combustible extra y a la derecha mezcla E20

En la Figura 2.6 se observa la preparación del biocombustible, por cada 200 ml de etanol al 96% se utilizó 800 ml de gasolina extra para conseguir 1000 ml de biocombustible en mezcla E20. Al realizar la mezcla se utilizó las probetas graduadas, se debe proceder con precaución, emplear el equipo de protección personal adecuado, tener un lugar con suficiente ventilación debido a los gases que estos productos generan al momento de su manipulación.

Se eligió trabajar con la mezcla E20 debido a que en estudios previos realizados en la Universidad se investigaron las mezclas E5 y E10 por lo tanto se optó en el vehículo Toyota Land Cruiser un estudio con biocombustible mezcla E20. (Lomas Pozo, 2018, pág. 54)

El bioetanol fue adquirido a una empresa ecuatoriana para realizar la mezcla E20 y tiene su origen en la caña de azúcar posteriormente industrializado a un 96% de pureza óptimo para realizar este tipo de ensayos.

Al realizar el cambio de combustible el vehículo permaneció en ralentí durante 15 minutos previo a la toma de datos dinamométricos y de emisiones contaminantes.

2.4.1 PODER CALORÍFICO DE LA MEZCLA E20 Y TEMPERATURA EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

La mezcla E20 está compuesta por la siguiente proporción: 80% gasolina extra y 20% etanol. De acuerdo con (Isla Martínez, 2017), el poder calorífico de la gasolina es $42,5 \frac{MJ}{kg}$ y el del etanol es $26,7 \frac{MJ}{kg}$. Utilizando la ecuación [1.2] se obtiene:

$$PCI_{E20} = 0,8 \times PCI_{gasolina} + 0,2 \times PCI_{E20} \quad [1.2]$$

$$PCI_{E20} = 0,8 \times 42,5 \frac{MJ}{kg} + 0,2 \times 26,7 \frac{MJ}{kg} = 39,34 \frac{MJ}{kg}$$

La mezcla E20 tiene un poder calorífico de $39,34 \frac{MJ}{kg}$

De acuerdo con el estudio de (Bayraktar, 2005) la presión teórica máxima de la cámara de combustión incrementa en un 11% con la mezcla E20, mientras que la temperatura en la cámara de combustión aumenta en un 2% en comparación con el combustible convencional extra

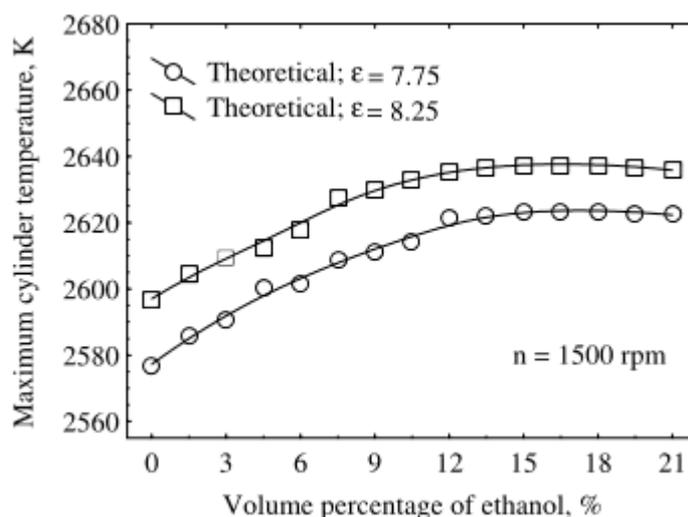


Figura 2. 7 Variación de la temperatura máxima en el cilindro con diferentes concentraciones de etanol en la mezcla (Bayraktar, 2005).

2.5 PREPARACIÓN MEZCLA EXTRA CON ADITIVO

Para la preparación del extra con aditivo se utilizó 8 litros de combustible extra y 48 mililitros de aditivo elevador de octanaje, por cada litro de extra se añadió 6 mililitros de aditivo, la mezcla por agitación resultante tiene una proporción de aditivo del 0,6% como se observa en la Figura 2.8



Figura 2. 8 A la izquierda combustible extra y a la derecha mezcla extra con aditivo

2.6 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS PARA LAS PRUEBAS

Las pruebas tuvieron lugar en el taller automotriz de la Universidad Técnica del Norte desde el 18 hasta el 22 de octubre de 2021, en el horario entre 10 am y 12 am. En la tabla 2.6 se muestran los datos atmosféricos bajo los cuales se realizaron las pruebas dinamométricas y de emisiones de gases de escape en el vehículo Land Cruiser utilizando combustible comercial extra, extra con aditivo y biocombustible mezcla E20.

Ubicación	Presión atmosférica	Temperatura	Altura
Ibarra	101,7 kPa	21 °C	2225 m

Tabla 2.6 Condiciones atmosféricas para las pruebas

2.7 PRUEBAS DE TORQUE Y POTENCIA

Para la realización de las pruebas en el dinamómetro se debe realizar el procedimiento de preparación del equipo y los elementos requeridos que permitan obtener datos confiables en este tipo de pruebas, a continuación, se presenta la secuencia de pasos que se emplearon al realizar estas pruebas.



Figura 2. 9 Curvas de torque y potencia en software del dinamómetro

En la Figura 2.9 se observan diferentes líneas de colores que presenta este software durante el desarrollo de la prueba, la línea de color blanco corresponde a la potencia y el torque está representado por la línea de color azul.

2.7.1 ADAPTACIÓN DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE ADICIONAL

Para disponer de una comparativa de las pruebas realizadas en el vehículo de prueba, es necesario incorporar un depósito adicional de combustible, este depósito tiene las conexiones de entrada y salida para el biocombustible, mediante la incorporación de cañerías que se adapten al carburador.



Figura 2. 10 Conexión de bypass desde el tanque adicional al carburador

La Figura 2.10 muestra las conexiones que se adaptaron al carburador desde el tanque de combustible adicional que se incorporó en el vehículo para realizar las pruebas con biocombustible en mezcla E20.

Según los estudios de (Rodríguez & Long, 1989) y (Melo & Sánchez , 2011) concluyeron que en los motores de combustión interna de esa época no fue necesario realizar modificaciones para operar el motor con mezclas que contenían hasta un 20% de etanol, pero se determinó que era necesario realizar un avance de encendido de 6° debido al efecto de velocidad de propagación de la flama producida por el etanol.

Y de igual manera (Amarís, Manrique, & Jaramillo, 2015) mencionó que los motores de combustión interna de la actualidad no necesitan modificaciones internas, pero si mencionan inconvenientes a futuro relacionados con desgaste por falta de lubricación en la cámara de combustión y el aumento de corrosión debido a la presencia de agua en el etanol.

En el bypass realizado en el sistema de alimentación se utilizó un tubo de PVC flexible de plástico transparente, la misma que al estar en contacto con este tipo de mezcla podría perder propiedades, por lo que es recomendable utilizar una tubería no metálica de PEAD (polietileno de alta densidad) con revestimiento interno que evita la corrosión galvánica, problemas en preparación de la mezcla y formación de depósitos. (Zeppini, 2021)

Como depósito de la mezcla E20 es preciso el uso de tanques de combustible soldados a partir de láminas estampadas de metal que hayan recibido un tratamiento electrolítico de

anodizado que proporciona el incremento del espesor de la capa de natural óxido con el fin de evitar la degradación y garantizar su durabilidad al trabajar con este tipo de biocombustibles (Cerrito Tovar, Valdez M, & Arroyo, 2013).

2.8 PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES

Con el analizador de gases Brain Bee se efectuó la medición de 4 gases de escape que este dispositivo puede registrar, monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂ y Oxígeno O₂, estos gases se miden en porcentaje de volumen % vol, adicional se tiene mediciones de hidrocarburos no combustionados HC en partes por millón ppm vol. Para la realización de estas pruebas fue necesario calibrar este dispositivo.

2.8.1 CALIBRACIÓN ANALIZADOR BRAIN BEE

Este dispositivo analizador de gases se enciende y se espera un periodo de calentamiento y calibración, esto consiste en un test de estanqueidad debido a que el analizador trabaja con vacío en su interior, a continuación, se procede al enceramiento de los valores de medición, luego se realiza el test de hidrocarburos al ambiente para evitar errores y se termina con la calibración y calentamiento del equipo para realizar las mediciones de gases contaminantes con gasolina extra y posteriormente con biocombustible en mezcla E20.

El analizador Brain Bee AGS-688 está diseñado para realizar pruebas de emisiones con los siguientes tipos de combustibles: gasolina, GLP y GNV. Para la medición de las pruebas se escogió la opción de combustible a gasolina.

2.8.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

A continuación, se detalla el procedimiento que se efectuó en las pruebas de emisiones de gases utilizando el analizador de gases Brain Bee. Se hizo la medición según la norma técnica NTE INEN 2203:2013 utilizando combustible extra y una mezcla de 20% de etanol al 96

por ciento y 80% de combustible extra. Los límites permitidos para emisiones de gases de escape se detallan en la normativa NTE INEN 2204:2017. Al realizar el cambio de combustible se dejó funcionar el vehículo en ralentí durante 15 minutos para que los residuos del combustible anterior se quemaran por completo y no interfirieran en las mediciones posteriores con bioetanol y extra con aditivo respectivamente.

Basándose en el estado del motor y en investigaciones previas realizadas a regímenes similares en el dinamómetro de la Universidad Técnica del Norte se realizaron las pruebas a 1000, 2000 y 3000 rpm debido que al estar trabajando con un motor antiguo no es factible revolucionarlo en exceso y así mantenerlo estable, por lo que por precaución se optó mantener las pruebas en ese rango de revoluciones (Benavides , 2021).

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DE TORQUE Y POTENCIA UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA

Realizadas las pruebas de torque y potencia con gasolina extra en el dinamómetro se obtuvieron los siguientes datos

- a. Curvas características obtenidas en la primera prueba dinamométrica utilizando combustible comercial extra

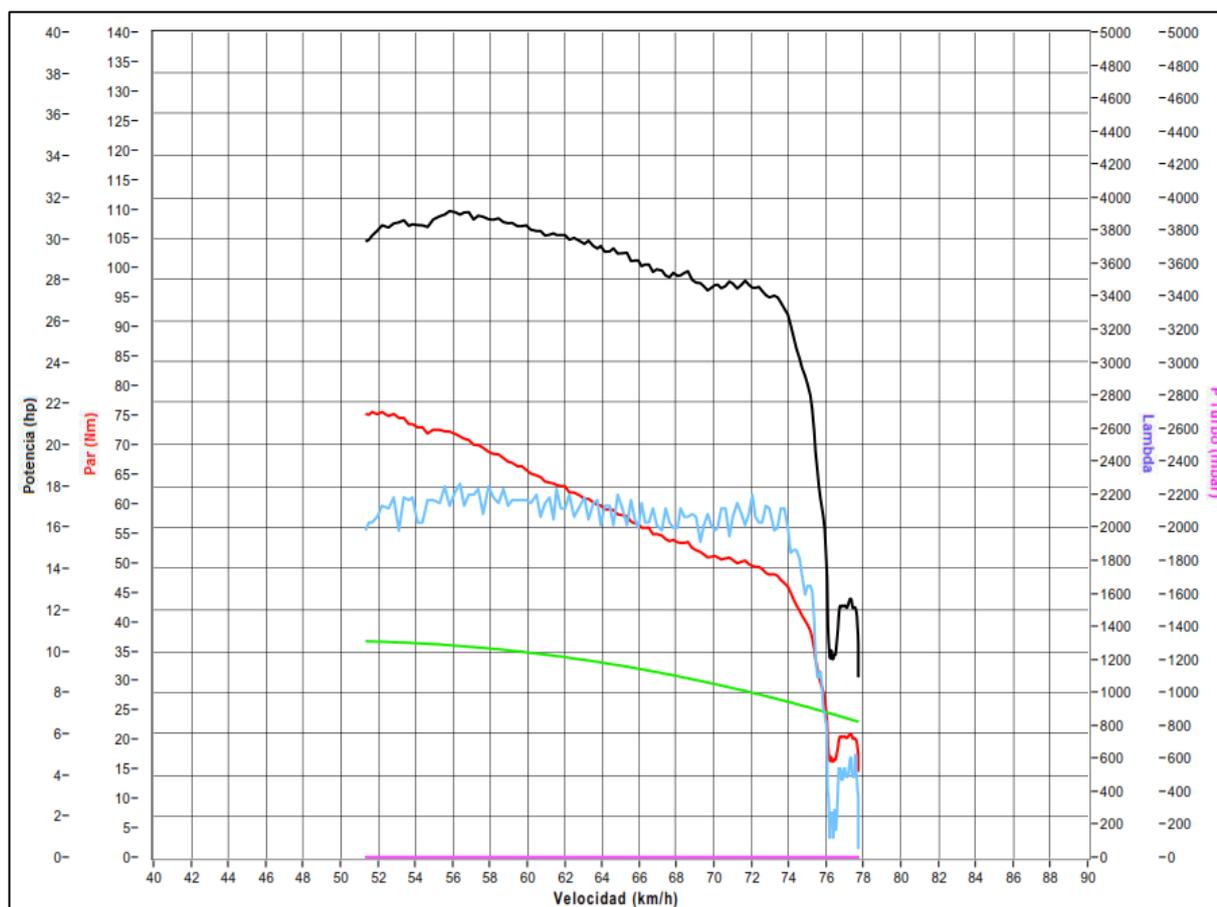


Figura 3. 1 Primera prueba dinamométrica del motor utilizando combustible extra

En la Figura 3.1 se puede analizar las curvas de la primera prueba de potencia y el par motor del vehículo utilizando combustible extra. Como resultado se obtuvo un valor de par máximo de 76.0 Nm a un régimen de 2840 rpm. Sin embargo, la potencia muestra un valor máximo de 31.3 hp a un régimen de 3089 rpm.

Tabla 3.1 Datos de la prueba 1

	Datos obtenidos	Velocidad	RPM
Potencia hp	31,3 hp	56 km/h	3089 rpm
Torque Nm	76,0 Nm	51 km/h	2840 rpm

3.2 PROMEDIO DE TORQUE Y POTENCIA UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA

Finalizadas las cinco pruebas utilizando combustible extra se obtuvo los siguientes resultados.

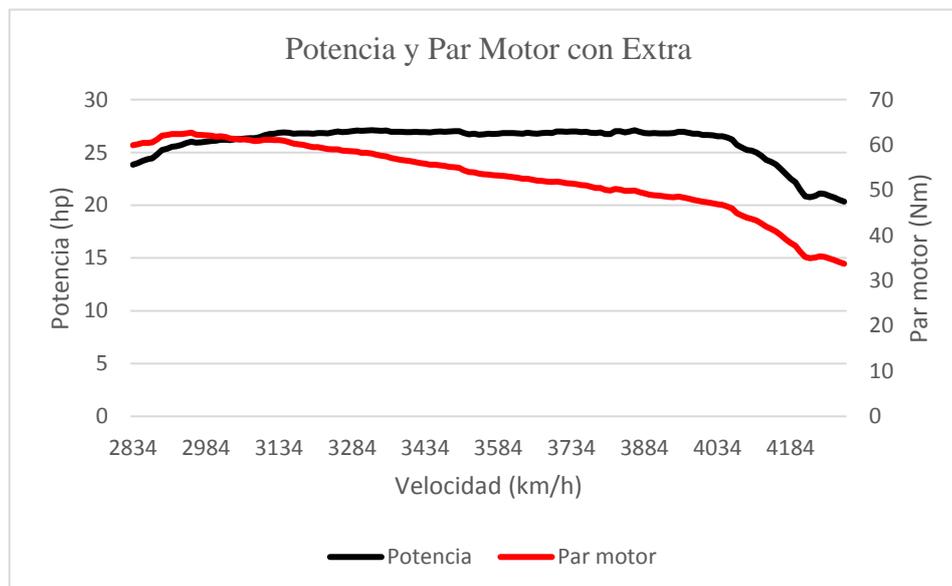


Figura 3. 2 Promedios de las pruebas dinamométricas utilizando combustible extra

Tabla 3.2 Datos promedio de torque y potencia utilizando extra

	Datos obtenidos	Velocidad	RPM
Potencia hp	27,1 hp	70 km/h	3864 rpm
Torque Nm	62,7 Nm	53 km/h	2954 rpm

3.3 ANÁLISIS DE TORQUE Y POTENCIA UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

- a. Curvas características obtenidas en la primera prueba dinamométrica utilizando combustible comercial extra con aditivo

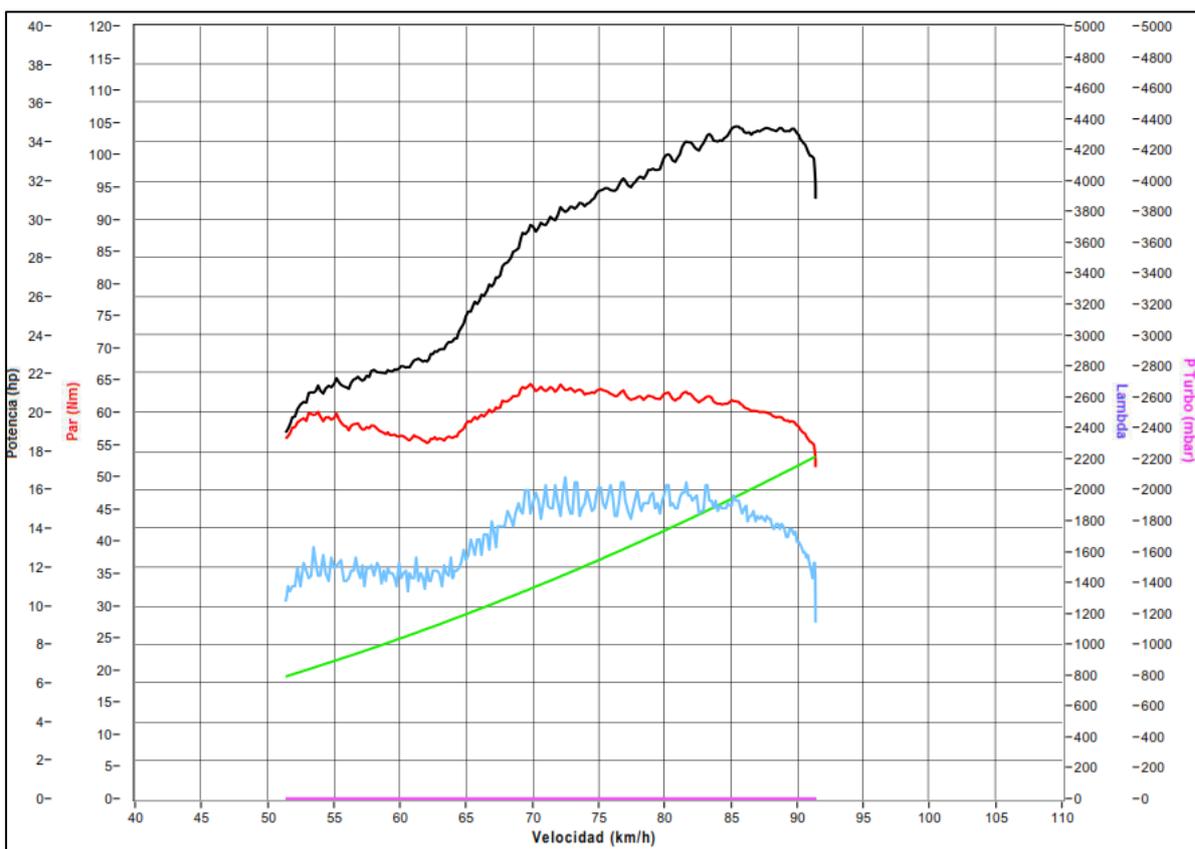


Figura 3.3 Primera prueba dinamométrica del motor utilizando combustible extra con aditivo

En los resultados de la primera prueba utilizando combustible extra más aditivo revelaron los siguientes datos. En el caso de la potencia máxima obtenida a un régimen de 4015 rpm fue de 34.8 hp. De la misma forma el par motor, se obtuvo resultados de un par máximo de 64.0 Nm a un régimen de 3283 rpm.

Tabla 3.3 Datos de la prueba 1

	Datos obtenidos	Velocidad	RPM
Potencia hp	34,8 hp	85 km/h	4015 rpm
Torque Nm	64,0 hp	70 km/h	3283 rpm

3.4 PROMEDIOS DE TORQUE Y POTENCIA UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

Finalizadas las cinco pruebas utilizando combustible extra con aditivo se obtuvo los siguientes resultados.

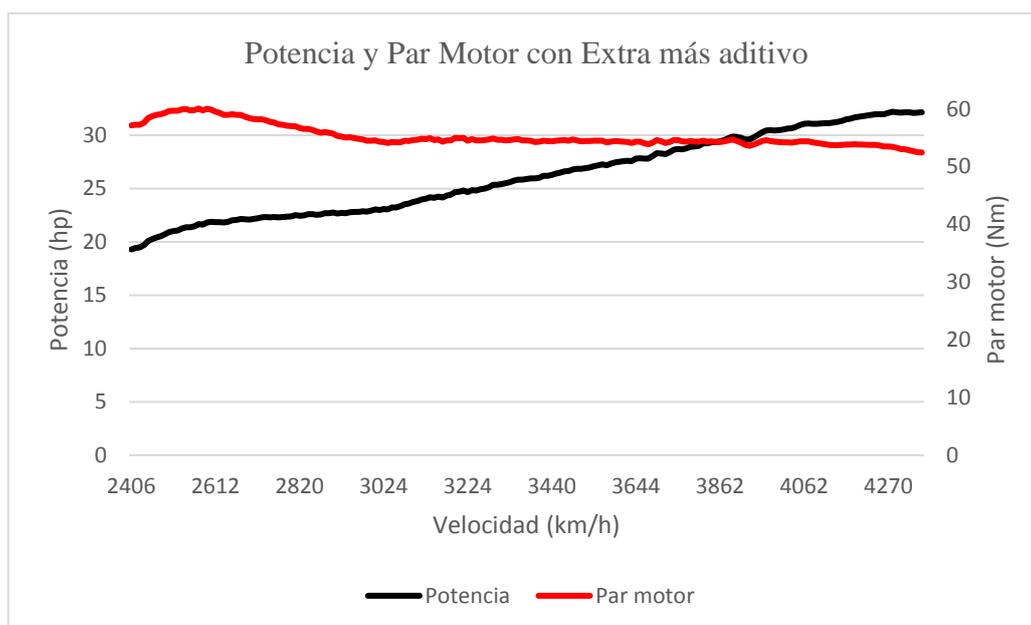


Figura 3. 4 Promedios de las pruebas dinamométricas utilizando combustible extra con aditivo

Tabla 3.4 Datos promedio de torque y potencia utilizando extra con aditivo

	Datos obtenidos	Velocidad	RPM
Potencia hp	32,2 hp	91 km/h	4288 rpm
Torque Nm	60,08 Nm	55 km/h	2566 rpm

3.5. ANÁLISIS DE TORQUE Y POTENCIA UTILIZANDO COMBUSTIBLE MEZCLA E20

- a. Curvas características obtenidas en la tercera prueba dinamométrica utilizando bioetanol al 20%

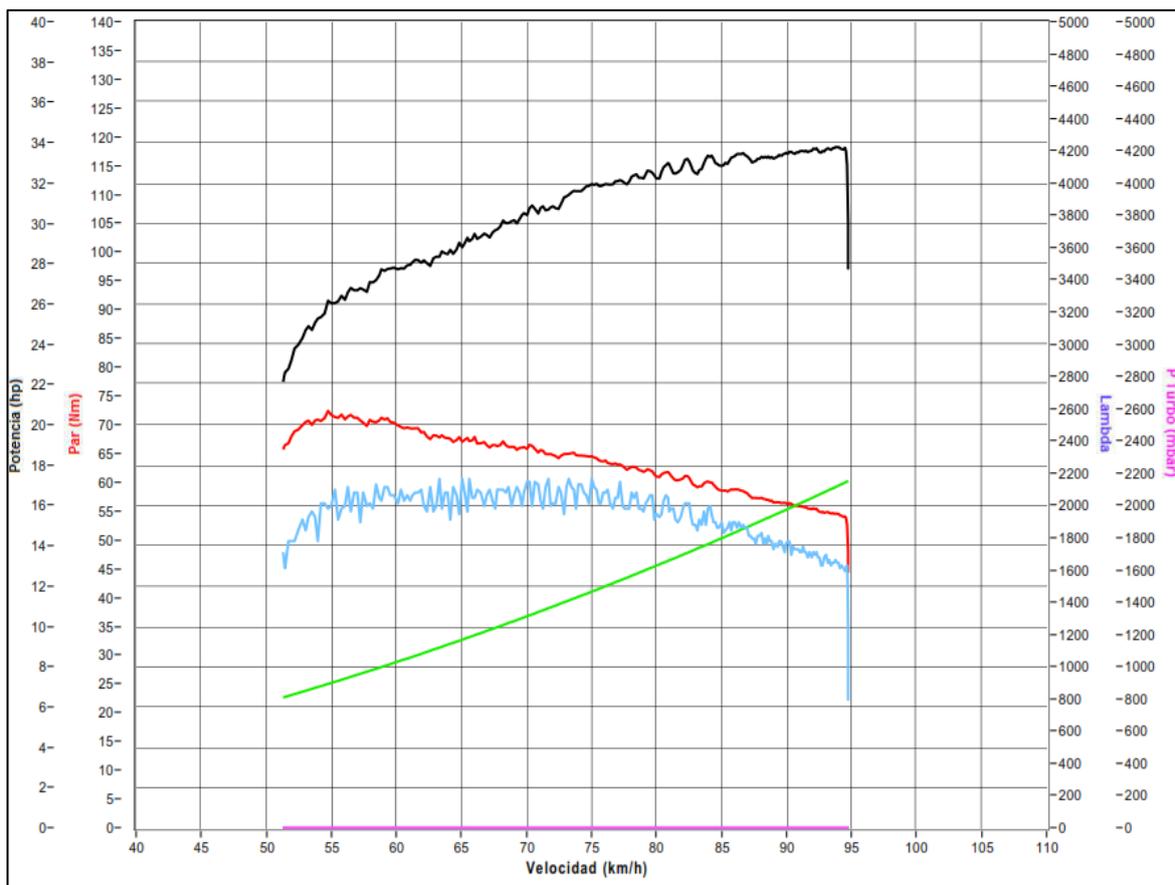


Figura 3.5 Tercera prueba dinamo-métrica del motor utilizando mezcla E20

Se puede evidenciar en la Figura 3.5 que las curvas de la tercera prueba de potencia y de par motor del vehículo con mezcla E20 de bioetanol, tienen un valor de par máximo de 72.0 Nm a un régimen de 2573 rpm. Sin embargo, la potencia muestra un valor máximo de 33.8 hp a un régimen de 4409 rpm.

Tabla 3.5 Datos de la prueba 3

	Datos obtenidos	Velocidad	RPM
Potencia hp	33,8 hp	94 km/h	4409 rpm
Torque Nm	72 Nm	55 km/h	2573 rpm

3.6 PROMEDIO DE TORQUE Y POTENCIA UTILIZANDO COMBUSTIBLE MEZCLA E20

Finalizadas las cinco pruebas utilizando combustible mezcla E20 se obtuvo los siguientes resultados.

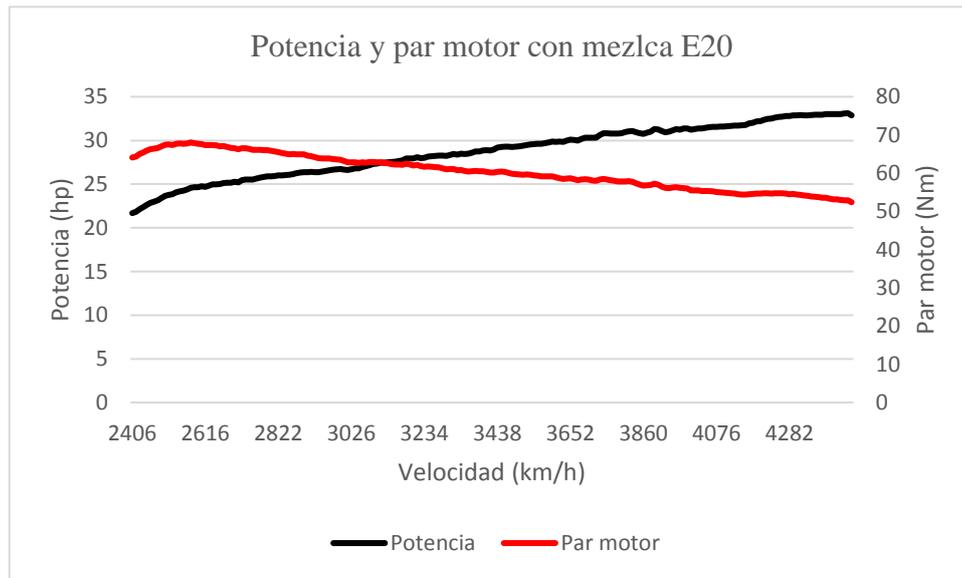


Figura 3. 6 Promedio de las pruebas dinamométricas utilizando mezcla E20

Tabla 3.6 Datos promedio de torque y potencia utilizando mezcla E20

	Datos obtenidos	Velocidad	RPM
Potencia hp	33,12 hp	95 km/h	4458 rpm
Torque Nm	68,04 Nm	55 km/h	2572 rpm

3.7 COMPARATIVA DE POTENCIA CON LAS DIFERENTES MEZCLAS

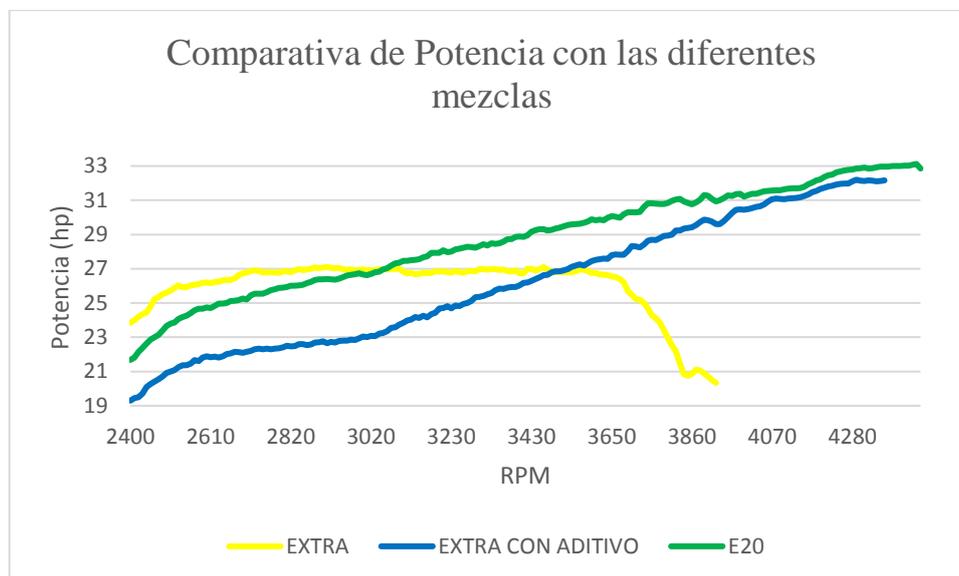


Figura 3. 7 Comparativa de potencia utilizando extra, extra con aditivo y mezcla E20

La mezcla E20 presentó un aumento de un 18,17% respecto al combustible extra. De igual manera existe un aumento de 2,77% en comparativa al extra con aditivo. El extra presenta una disminución del 18,81% respecto al extra con aditivo.

El rendimiento de la potencia empleando la mezcla de combustible con bioetanol E20 no tiene un incremento representativo y el costo de emplear este tipo de mezcla no representa una alternativa factible debido al gasto que se requiere para producir este combustible, para obtener un galón de E20 es necesario invertir \$4, además de las diferentes modificaciones que se incurren en ciertos sistemas del vehículo. Mientras que para obtener un galón de mezcla extra con aditivo se requiere invertir \$4,73.

3.8 COMPARATIVA DE PAR MOTOR CON LAS DIFERENTES MEZCLAS

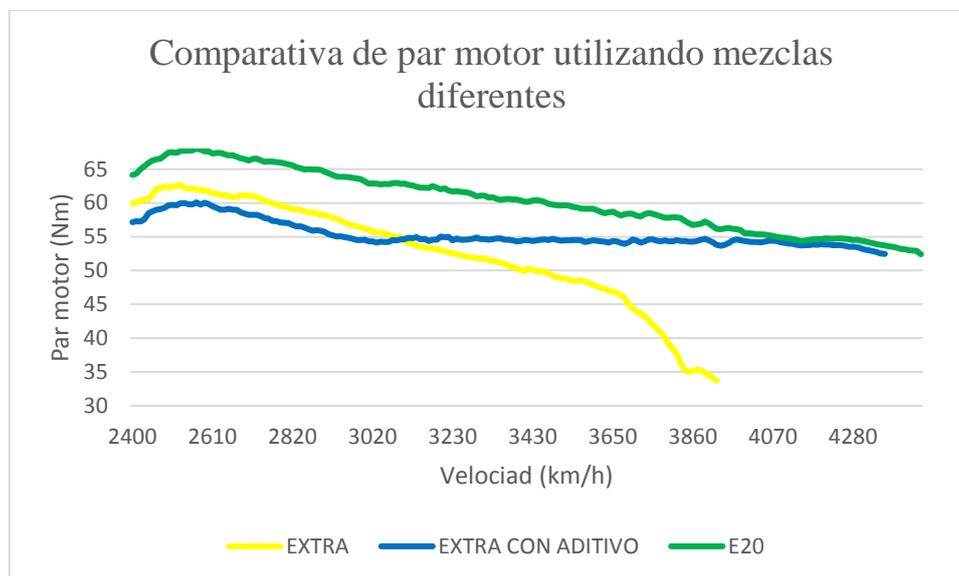


Figura 3. 8 Comparativa de par motor utilizando extra, extra con aditivo y mezcla E20

En el análisis del par motor utilizando combustible extra, extra con aditivo y mezcla E20 se evidenció un incremento del 18,17% entre la mezcla E20 y el extra. Mientras que la mezcla E20 tiene un aumento de 2,77% en comparación con el extra con aditivo. El extra presentó una desventaja del 18,81% en comparación al extra aditivada. No existe mucha diferencia en el incremento de par motor en las pruebas realizadas que ameriten invertir en una modificación de las cañerías del sistema de alimentación, incluso es necesario un tanque especial para el combustible, cambio de empaques en el carburador y un filtro de combustible apropiado al emplear la mezcla E20.

3.9 PÉRDIDA DE POTENCIA

En las pruebas dinamométricas el motor presentó falta de potencia tomado como referencia la ficha técnica del vehículo, a continuación, se presentan los posibles motivos para que esto suceda.

Caja de cambios: de acuerdo con el autor (Stark, 2022) las pérdidas en la caja de cambios dependen principalmente de la eficiencia de los engranajes y de los rodamientos. Estas pérdidas no son constantes, sino que dependen de la temperatura y la velocidad del eje. La eficiencia de la caja de cambios puede calcularse mediante la ecuación:

$$\eta_{gbx} = \eta_{brg}^{Nbrg} \times \eta_{grm}^{Ngrm} \quad [3.1]$$

Donde:

η_{gbx} = eficiencia de la caja de cambios

η_{brg} = eficiencia del rodamiento

η_{grm} = eficiencia de los engranajes

N_{brg} = número de rodamientos

N_{grm} = número de engranajes

Un rodamiento de bolas tiene una eficacia de alrededor de 0,99 y el engranaje helicoidal de alrededor de 0,98. De esta manera se puede calcular la eficiencia de la caja de cambios.

$$\eta_{gbx} = 0,99^4 \times 0,98^1 = 0,941$$

$$P_{gbx} = P_{in} - (P_{in} \times \eta_{gbx})$$

$$P_{gbx} = 1,57 [kW]$$

La pérdida en la caja de cambios corresponde a 1,57 kW. En la realidad la eficiencia de la caja de cambios no es constante, depende de la temperatura y la velocidad de rotación.

Ejes y crucetas: (Stark, 2022) la eficacia de los ejes depende del número, la eficacia de las crucetas y los cojinetes de sujeción.

$$\eta_{prs} = \eta_{brg}^{Nbrg} \times \eta_{uj}^{Nuj} \quad [3.2]$$

Donde:

η_{prs} = eficiencia del eje

η_{brg} = eficiencia del rodamiento

η_{uj} = eficiencia de las juntas universales

N_{brg} = número de rodamientos

N_{grm} = número de engranajes

El vehículo de pruebas los ejes son de una sola pieza, llevan dos juntas universales y no tienen cojinete central. La eficiencia de una junta universal es de 0,99. Con estos datos es posible calcular la eficiencia del eje.

$$\eta_{prs} = 0,99^0 \times 0,99^2 = 0,98$$

$$P_{prs} = P_{in} - (P_{in} \times \eta_{prs})$$

$$P_{prs} = 0,53 [kW]$$

Las pérdidas en ejes y crucetas corresponden a 0,53 kW. En la práctica la eficiencia de una junta universal no es constante y depende principalmente del ángulo entre el eje delantero y trasero. Entre menor sea el ángulo, mayor será la eficiencia.

Diferencial: (Stark, 2022) el diferencial realiza una reducción final de marcha y de torque, y lo divide entre las ruedas izquierda y derecha. Hay tres rodamientos (uno en el piñón de entrada, uno en la salida izquierda y uno en la salida derecha) y un engranaje cónico helicoidal.

$$\eta_{dif} = \eta_{brg}^{N_{brg}} \times \eta_{grm} \quad [3.3]$$

Donde:

η_{dif} = eficiencia del diferencial

η_{brg} = eficiencia del rodamiento

η_{grm} = eficiencia del engranaje

N_{grm} = número de engranajes

La eficiencia de un rodamiento de bola es de alrededor de 0,99 y de un engranaje cónico helicoidal es de alrededor de 0,96. De esta manera es posible calcular la eficiencia del diferencial.

$$\eta_{dif} = 0,99^3 \times 0,96 = 0,931$$

$$P_{dif} = P_{in} - (P_{in} \times \eta_{dif})$$

$$P_{dif} = 1,84 [kW]$$

Las pérdidas en el diferencial corresponden a 1,84 kW. En la realidad la eficiencia del diferencial no es constante, sino que depende de la temperatura y la velocidad del eje.

Eje de transmisión: (Stark, 2022) el eje de transmisión se encarga de transmitir el torque desde el diferencial a la rueda. En cada punta del eje hay una junta homocinética que son requeridas para mantener el movimiento relativo entre el diferencial y la rueda. La eficiencia del eje de transmisión puede calcularse de la siguiente manera:

$$\eta_{drs} = \eta_{trp} \times \eta_{rzp} \quad [3.4]$$

Donde:

η_{drs} = eficiencia del eje de transmisión

η_{trp} = eficiencia de la junta homocinética trípode

η_{rzp} = eficiencia de la junta homocinética rzeppa

La junta homocinética del lado del diferencial es por lo general del tipo trípode, mientras que la otra punta es del tipo Rzeppa. La eficiencia de estas juntas es de alrededor de 0,99. Con estos datos es posible calcular la eficiencia del eje de transmisión.

$$\eta_{drs} = 0,99 \times 0,99 = 0,98$$

$$P_{drs} = P_{in} - (P_{in} \times \eta_{drs})$$

$$P_{drs} = 0,53 [kW]$$

Las pérdidas de potencia en el eje de transmisión corresponden a 0,53 kW. En la práctica la eficiencia del eje de transmisión no es constante porque depende principalmente del ángulo entre el diferencial y la rueda.

Eficiencia general del tren motriz: una vez calculadas las eficiencias de cada componente, es posible calcular la eficiencia general del tren motriz.

$$\eta_{drv} = \eta_{gbx} \times \eta_{prs} \times \eta_{dif} \times \eta_{drs} \quad [3.5]$$

Reemplazando los valores correspondientes a los componentes se obtiene:

$$\eta_{drv} = 0,941 \times 0,98 \times 0,931 \times 0,98 = 0,841$$

De acuerdo con los parámetros y metodología de (Stark, 2022) se obtiene una eficiencia general para el tren motriz de 84,1%. Lo que significa que existe un 15,9% de pérdida de potencia en los componentes del tren motriz (alrededor de 4,25 kW). Esta pérdida puede incrementarse si se realiza un análisis para la tracción en las cuatro ruedas por la adición del diferencial central.

$$P_{out} = \eta_{drv} \times P_{in}[kW] \quad [3.6]$$

$$P_{out} = 0,841 \times 26,69[kW]$$

$$P_{out} = 22,44[kW]$$

$$P_{loss} = P_{in} - P_{out} = 26,69 - 22,44 = 4,25[kW]$$

Transformando de kW a hp

$$1 kW = 1,34102 hp$$

$$4,25 kW = 5,70 hp$$

Las pérdidas en el tren motriz corresponden a 5,70 hp.

Neumáticos: el vehículo Toyota Land Cruiser cuenta con neumáticos R405/33/12,5/R15 los mismos que generan pérdida de potencia por el fenómeno de resistencia a la rodadura (histéresis) el cual se relaciona directamente con otros factores como la presión del

neumático, la velocidad de circulación, el peso del vehículo, la adherencia a la superficie, los materiales del neumático y el radio (Cuadrado Sempere, 2017).

De acuerdo con el estudio de (Reyes, 2015) se presentan pérdidas de potencia de un 15% al aumentar el tamaño del neumático, para el caso de estudio se estima la pérdida en un 0,85 hp utilizando la tracción de un solo eje. Para la tracción en cuatro ruedas la pérdida de potencia se estima en un 25%, 1,42 hp aproximadamente.

Motor: según el análisis de (Bravo Ortega, 2007) habla sobre las pérdidas de potencia por fricción, procesos termodinámicos, pérdidas por estrangulación o trabajo de combustión con valores de un 10% de pérdidas por fricción, 10% de pérdidas por cambio de carga, 7% de pérdidas por $\lambda=1$ y un 15% de pérdidas de calor en el cilindro. Para la investigación actual estas pérdidas suman un 42% siendo esto 13,91 hp.

Carburador: el vehículo Toyota Land Cruiser no cuenta con su carburador original, en su lugar lleva adaptado un carburador alternativo diseñado para un motor de menor cilindrada, lo que provoca que el ingreso de la mezcla aire – combustible no se realice de manera óptima.

El carburador adaptado es de una camioneta Chevrolet Luv cilindrada 2200 cc el mismo que lleva suspendida la garganta de altas rpm mientras que el motor del vehículo Land Cruiser tiene una cilindrada de 4230 cc. Sin embargo, el carburador adaptado al llevar suspendida una de las dos gargantas está funcionando como un carburador de una sola garganta, lo que conlleva a una pérdida de potencia al compararlo con un carburador de dos gargantas de un 28%, siendo esto 9,27 hp según el estudio de (Rafael Morales & Hernández Guzmán, 2014)

Según la investigación de (Inciso Vásquez, 2013) la pérdida de potencia es de 10% por cada mil metros de altura, para el caso de la ciudad de Ibarra que está ubicada a 2225 m.s.n.m. se estaría perdiendo un 22,25% de potencia en el carburador siendo esto 7,36 hp.

3.10 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA A 1000 RPM

3.10.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) CON COMBUSTIBLE EXTRA

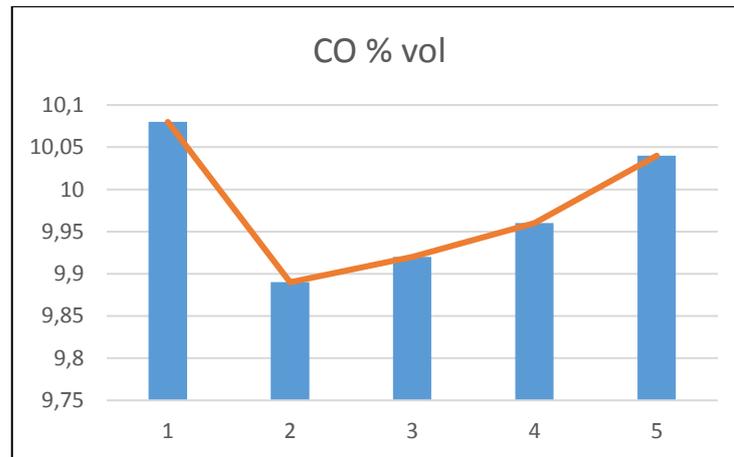


Figura 3. 9 Valores obtenidos de CO a 1000 rpm utilizando combustible extra

Como se aprecia en la Figura 3.9, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra a 1000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la primera y quinta prueba alcanzo valores altos que corresponden al 10,08 % vol y 10,04 % vol de CO, esto se origina cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno en la mezcla como indican las pruebas de la Figura 3.9 de Oxígeno (O₂). No obstante, en el resto de pruebas se obtuvo valores más bajos de CO.

3.10.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) CON COMBUSTIBLE EXTRA

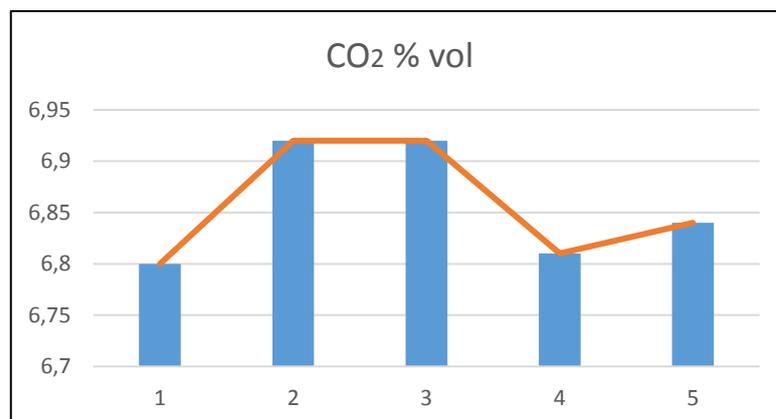


Figura 3. 10 Valores obtenidos de CO₂ a 1000 rpm utilizando combustible extra

En la Figura 3.10, se observa los valores conseguidos de dióxido de carbono mediante la medición de gases de escape utilizando gasolina extra. En los resultados de la gráfica se puede analizar que en la primera prueba se obtuvo un dato de 6,8 % vol CO₂ y en las siguientes pruebas el dióxido de carbono tiende a subir, como lo demuestra la curva en la segunda y tercera prueba con un valor de 6,92 % vol CO₂.

3.10.3 HIDROCARBUROS (HC) CON COMBUSTIBLE EXTRA

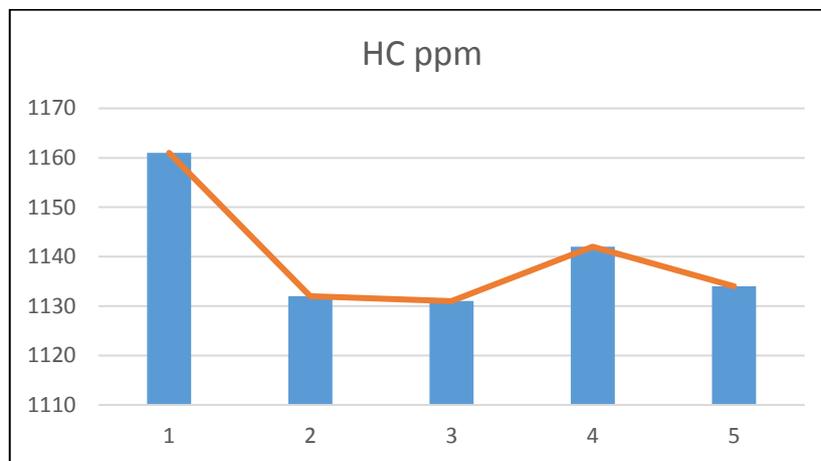


Figura 3. 11 Valores obtenidos de HC a 1000 rpm utilizando combustible extra

Como muestra la Figura 3.11, los resultados promedio correspondientes al análisis de hidrocarburos con combustible extra, apunta que los valores obtenidos en la primera prueba son de 1161 partículas por millón (ppm) de HC los mismos que tienden a bajar como señala la tercera prueba con un valor de 1131 partículas por millón (ppm) de HC.

3.10.4 OXÍGENO (O₂) CON COMBUSTIBLE EXTRA

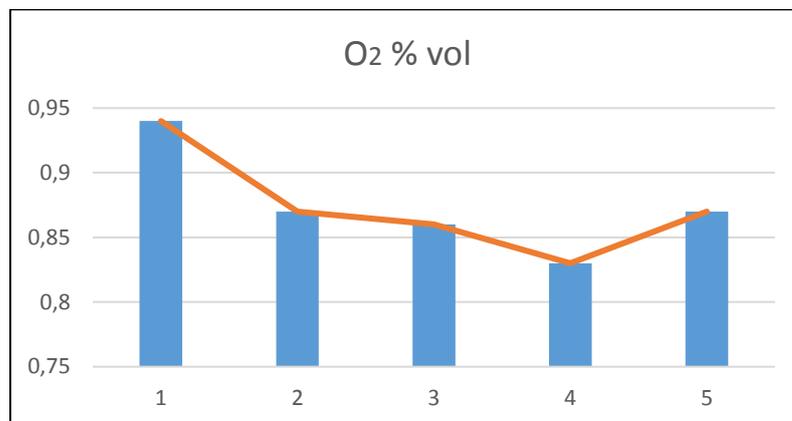


Figura 3. 12 Valores obtenidos de O₂ a 1000 rpm utilizando combustible extra

En el análisis de la figura 3.12 se evaluó los siguientes resultados. El valor de la primera prueba marca un dato de 0,94 O₂, a comparación del resto de pruebas la curva desciende como señala la cuarta prueba con un valor 0,83 O₂. Comparando los resultados de los análisis de emisiones de gases hay que considerar que a menor O₂, mayor CO y así mismo mayor CO₂.

3.11 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA A 2000 RPM

3.11.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) CON COMBUSTIBLE EXTRA

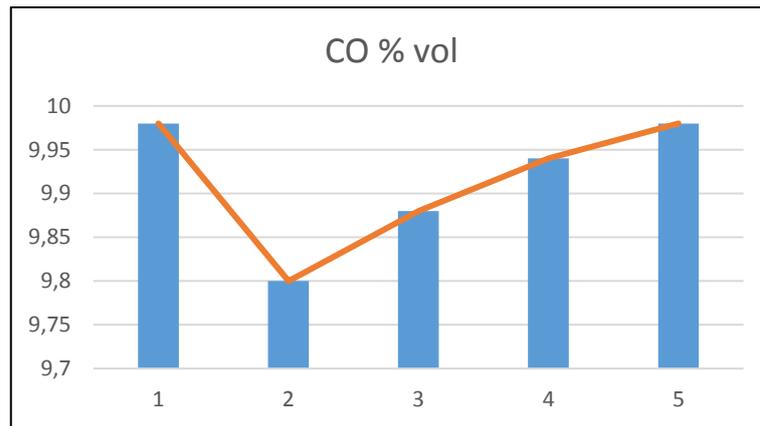


Figura 3. 13 Valores obtenidos de CO a 2000 rpm utilizando combustible extra

Como se aprecia en la Figura 3.13, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra a 2000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la segunda y tercera prueba alcanzaron valores bajos que corresponden al 9,8 % vol, 9,88 % vol de CO, mientras de la primera, cuarta y quinta prueba alcanzaron un promedio de 9,98 % vol, 9,94 % vol y 9,98 % vol, de CO. Los valores altos se originan cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno en la mezcla.

3.11.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) CON COMBUSTIBLE EXTRA

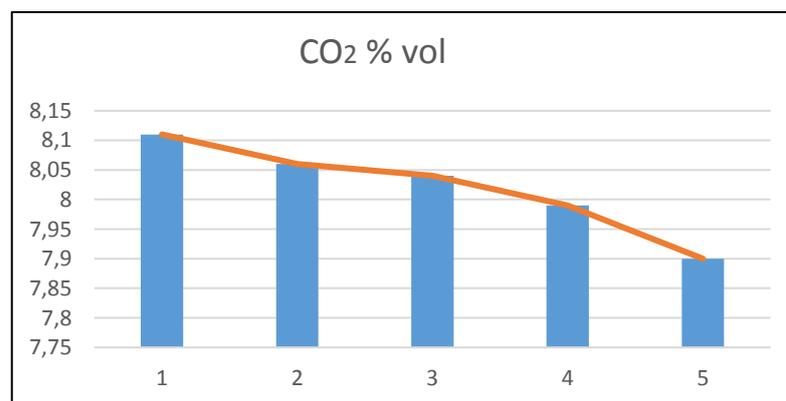


Figura 3. 14 Valores obtenidos de CO₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra

En la Figura 3.14, se observa los valores conseguidos de dióxido de carbono mediante la medición de gases de escape utilizando gasolina extra a 2000 rpm. En los resultados de la

gráfica se puede analizar que en la cuarta y quinta prueba se obtuvo un valor bajo de 7,99 % vol y 7,9 % vol CO₂ mientras que la primera prueba un valor alto de 8,11 % vol y de la misma forma la segunda y tercera prueba con un valor de 8,06 % vol y 8,04 % vol CO₂. En el dióxido de carbono encontramos valores altos por la falta de O₂ en la mezcla.

3.11.3 HIDROCARBUROS (HC) CON COMBUSTIBLE EXTRA

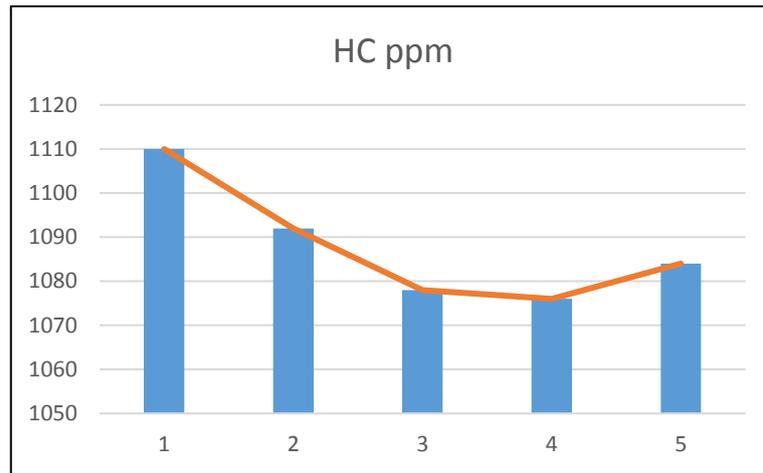


Figura 3. 15 Valores obtenidos de HC a 2000 rpm utilizando combustible extra

Como muestra la Figura 3.15, los resultados correspondientes al análisis de hidrocarburos con combustible extra a 2000 rpm, apunta que el valor obtenido en la primera prueba es elevado 1110 partículas por millón (ppm) de HC mientras que la cuarta prueba señala un valor bajo de 1076 partículas por millón (ppm) de HC.

3.11.4 OXÍGENO (O₂) CON COMBUSTIBLE EXTRA

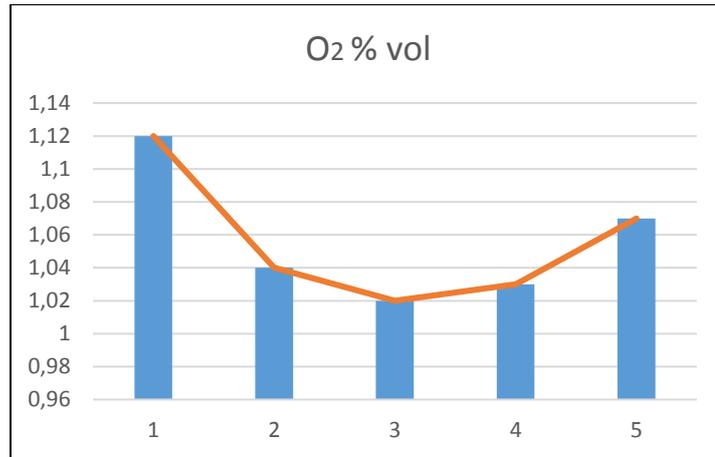


Figura 3. 16 Valores obtenidos de O₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra

En el análisis de la figura 3.16 podemos evaluar los siguientes resultados. La primera prueba marca un valor de 1,12 % vol O₂. El valor de la segunda prueba marca un dato 1,04 % vol O₂, similar a la cuarta prueba con un valor de 1,03 O₂. Comparando los resultados de los análisis de emisiones de gases hay que considerar que a menor O₂, mayor CO y así mismo mayor CO₂.

3.12 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA A 3000 RPM

3.12.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) CON COMBUSTIBLE EXTRA

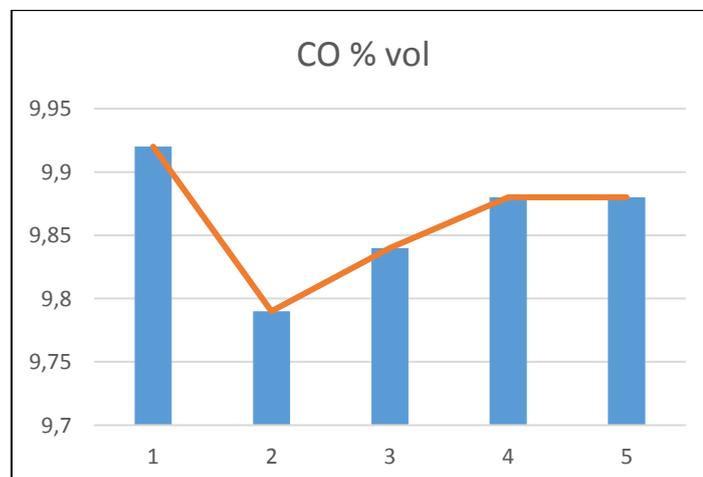


Figura 3. 17 Valores obtenidos de CO a 3000 rpm utilizando combustible extra

Se aprecia en la Figura 3.17, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra a 3000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la primera prueba obtuvo un valor que corresponde a 9,92 % vol de CO, mientras que la curva desciende ligeramente en la tercera prueba que entrega un valor de 9,84 % vol de CO, finalmente, la quinta y última prueba con un valor de 9,88 % vol de CO. Los valores altos se originan cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno (O_2) en la mezcla.

3.12.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2) CON COMBUSTIBLE EXTRA

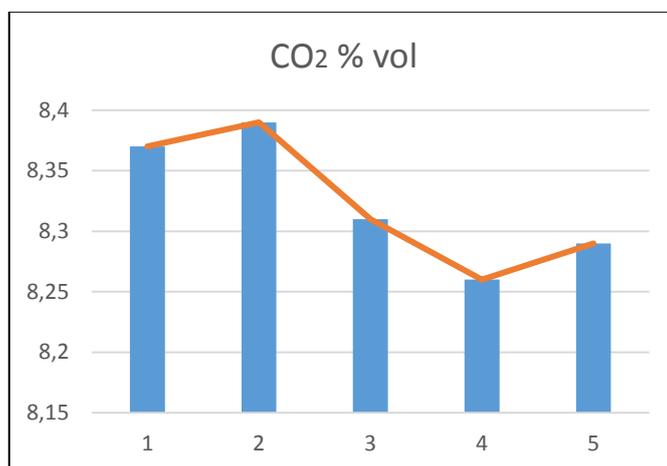


Figura 3. 18 Valores obtenidos de CO_2 a 3000 rpm utilizando combustible extra

Como se aprecia en la Figura 3.18, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra a 3000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la primera prueba obtuvo un valor que corresponde a 8,37 % vol de CO, mientras que la tercera prueba entrega un valor de 8,31 % vol de CO, y luego la curva desciende hasta la quinta y última prueba con un valor de 8,29 % vol de CO. Los valores altos se originan cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno (O_2) en la mezcla.

3.12.3 HIDROCARBUROS (HC) CON COMBUSTIBLE EXTRA

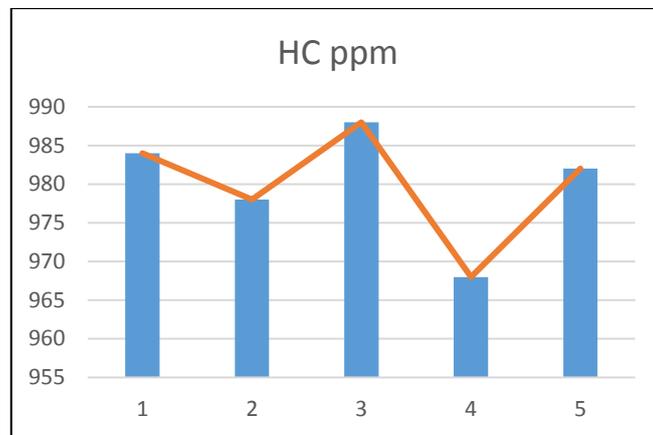


Figura 3. 19 Valores obtenidos de HC a 3000 rpm utilizando combustible extra

Como muestra la Figura 3.19, los resultados correspondientes al análisis de hidrocarburos con combustible extra a 3000 rpm, indica que el valor obtenido en la primera prueba marca 984 partículas por millón (ppm) de HC, mientras que la curva asciende ligeramente en la tercera prueba marcando un valor de 988 ppm HC, mientras que en la quinta prueba señala un valor 982 partículas por millón (ppm) de HC.

3.12.4 OXÍGENO (O₂) CON COMBUSTIBLE EXTRA

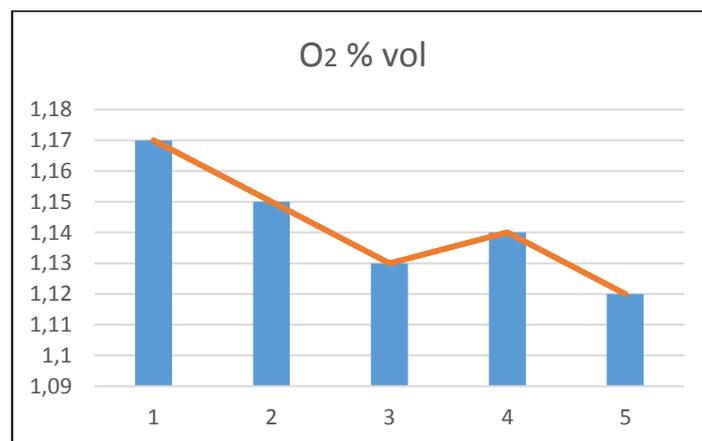


Figura 3. 20 Valores obtenidos de CO₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra

En el análisis de la figura 3.20 podemos evaluar los siguientes resultados. El valor de la primera prueba marca un dato de 1,17 % vol O₂, al igual que la primera prueba la curva se mantiene hasta la quinta prueba con un valor de 1,12 % vol O₂. Comparando los resultados

de los análisis de emisiones de gases hay que considerar que a menor O_2 , mayor CO y así mismo mayor CO_2 .

3.13 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO EN A 1000 RPM

3.13.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

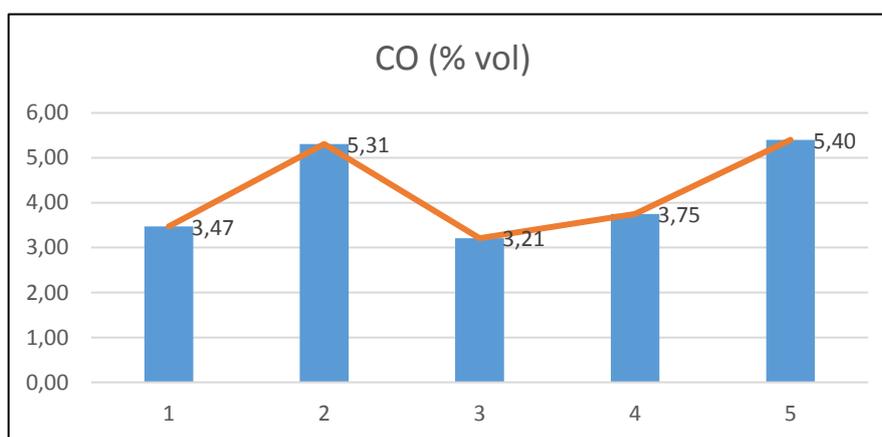


Figura 3. 21 Valores obtenidos de CO a 1000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como se aprecia en la Figura 3.21, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra con aditivo a 1000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la primera, tercera y cuarta prueba alcanzaron valores bajos que corresponden a los siguientes datos. La primera prueba con un valor de 3,47 % vol de CO, la tercera prueba con un valor de 3,21 % vol de CO, la cuarta prueba con un valor de 3,75 % vol de CO, esto se origina cuando existe suficiente cantidad de oxígeno en la mezcla como indica la primera, tercera y cuarta prueba de Oxígeno (O_2). No obstante, en la segunda prueba se obtuvo un valor alto de 5,31 % vol de CO y de la misma manera la quinta prueba obtuvo un valor alto de 5,40 % vol de CO.

3.13.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

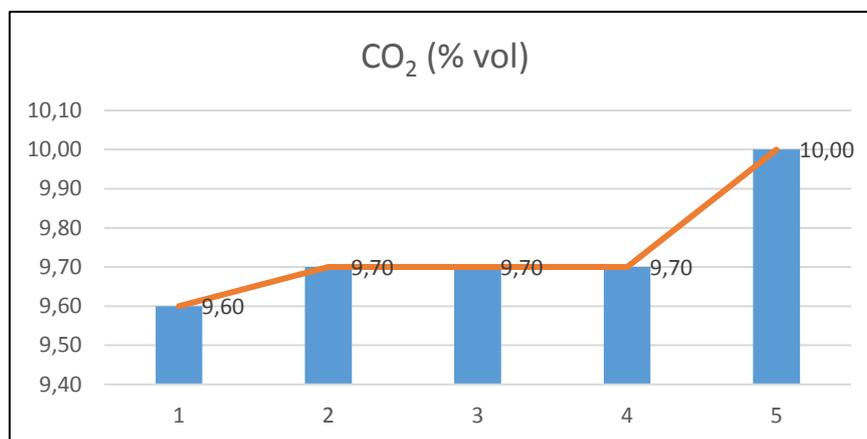


Figura 3. 22 Valores obtenidos de CO₂ a 1000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

En la Figura 3.22, se observa los valores conseguidos de dióxido de carbono mediante la medición de gases de escape utilizando gasolina extra con adictivo. En los resultados de la gráfica se puede analizar que en la primera prueba se obtuvo un dato de 9.60 % vol CO₂ y en las siguientes pruebas el dióxido de carbono se mantiene, hasta la cuarta prueba con un dato de 9,70 % vol CO₂ y en la quinta prueba tiende a subir a un valor de 10,00 % vol CO₂.

3.13.3 HIDROCARBUROS (HC) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

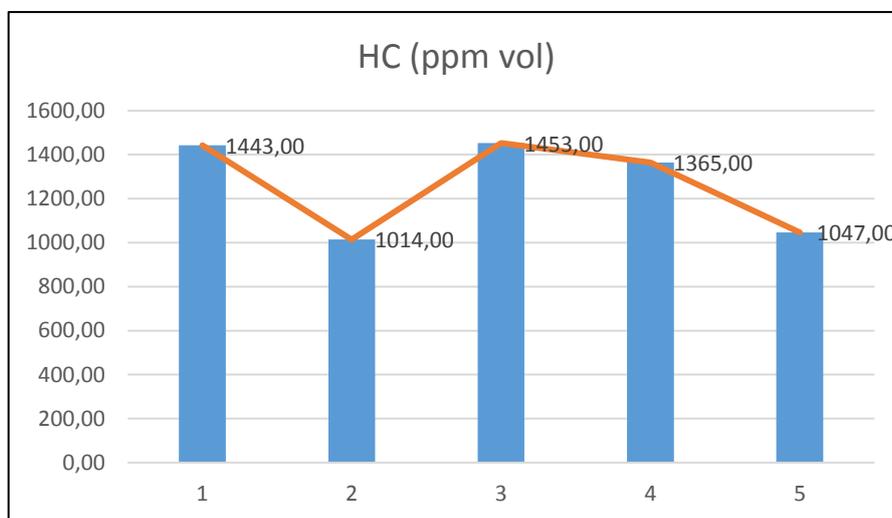


Figura 3. 23 Valores obtenidos de HC a 1000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como muestra la Figura 3.23, los resultados promedio correspondientes al análisis de hidrocarburos con combustible extra con aditivo, señala que los valores obtenidos en la primera prueba son de 1443,00 partículas por millón (ppm) de HC, de la misma manera la tercera prueba con un valor de 1453,00 partículas por millón (ppm) de HC y la cuarta prueba con un valor de 1365,00 partículas por millón (ppm) de HC. Sin embargo, la segunda prueba tiende a bajar a un valor de 1014,00 partículas por millón (ppm) de HC y así mismo la quinta prueba a un valor de 1047,00 partículas por millón (ppm) de HC.

3.13.4 OXÍGENO (O₂) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

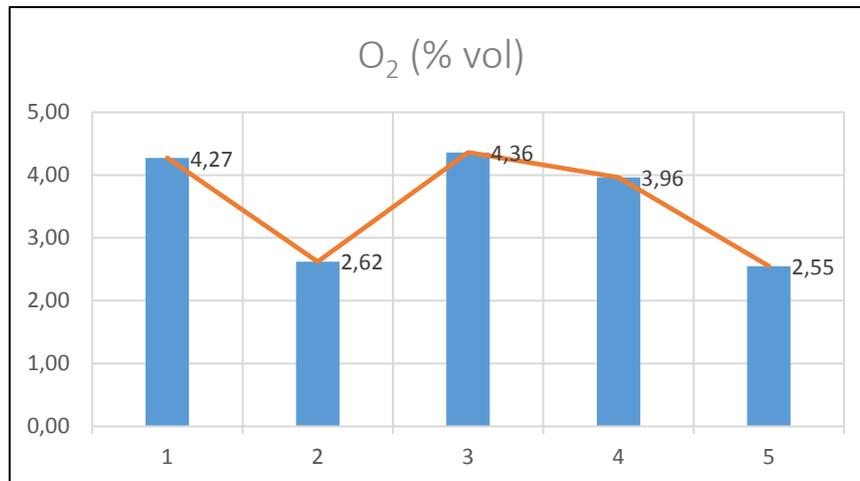


Figura 3. 24 Valores obtenidos de O₂ a 1000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

En el análisis de la figura 3.24 podemos evaluar los siguientes resultados. El valor de la primera prueba marca un dato elevado de 4,27 O₂, de la misma forma la tercera prueba con un valor de 4,36 O₂ y así mismo la cuarta prueba con un valor de 3,96 O₂. No obstante, la segunda prueba con un valor más bajo de 2,62 O₂, y la quinta prueba con un valor también bajo de 2,55 O₂. Comparando los resultados de los análisis de emisiones de gases hay que considerar que a menor O₂, mayor CO y así mismo mayor CO₂.

3.14 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO A 2000 RPM

3.14.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

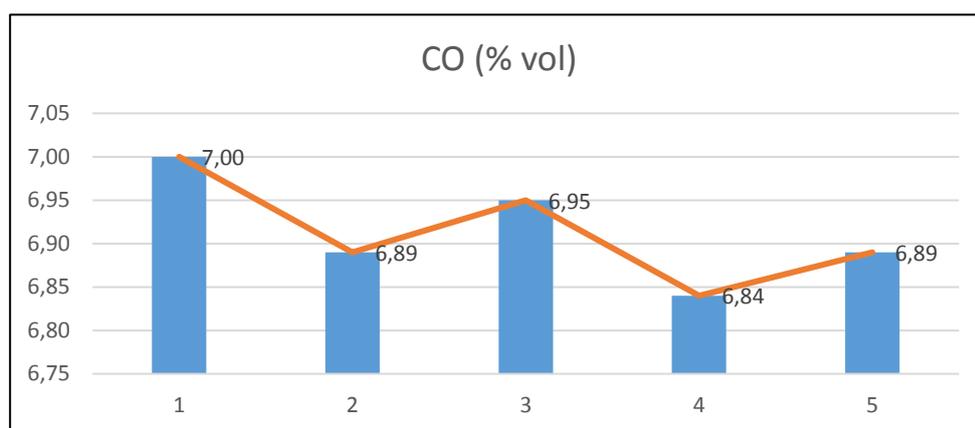


Figura 3. 25 Valores obtenidos de CO a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como se aprecia en la Figura 3.25, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra con aditivo a 2000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la segunda y quinta prueba con un valor de 6,89 % vol de CO, y así mismo la cuarta prueba con un valor de 6,84 % vol de CO alcanzaron valores bajos, mientras de la primera con un valor de 7,00 % vol de CO y la tercera prueba con un valor de 6,95 % vol de CO alcanzaron datos más elevados. Los valores altos se originan cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno en la mezcla.

3.14.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

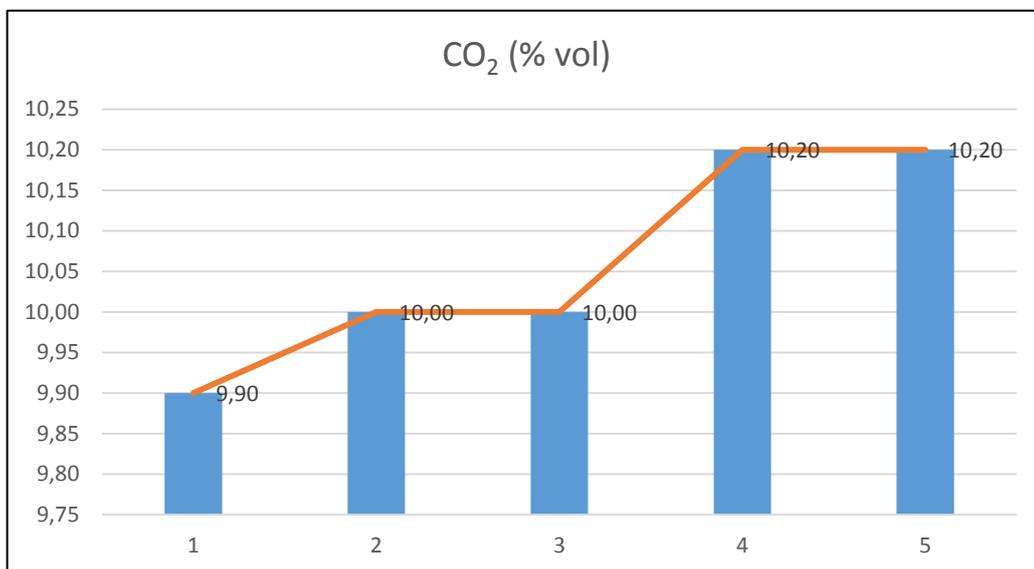


Figura 3. 26 Valores obtenidos de CO₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

En la Figura 3.26, se puede observar los valores conseguidos de dióxido de carbono mediante la medición de gases de escape utilizando gasolina extra con aditivo a 2000 rpm. En los resultados de la gráfica se puede analizar que en la primera prueba se obtuvo un valor bajo de 9,90 % vol CO₂, mientras que la curva sube a un valor de 10,20 % vol CO₂ en la quinta prueba. El dióxido de carbono tiende a subir, como lo demuestra la curva por la falta de O₂ en la mezcla.

3.14.3 HIDROCARBUROS (HC) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

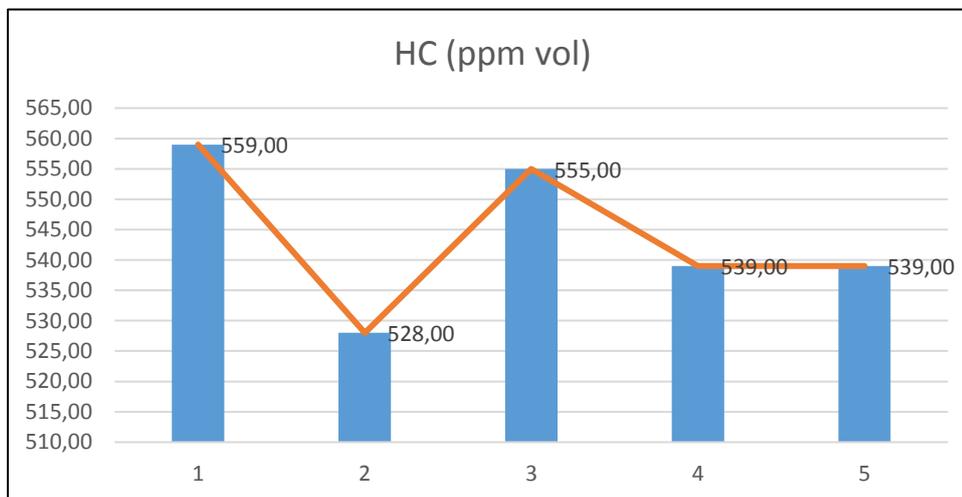


Figura 3. 27 Valores obtenidos de HC a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como muestra la Figura 3.27, los resultados correspondientes al análisis de hidrocarburos con combustible extra con aditivo a 2000 rpm, indica que el valor obtenido en la primera prueba es elevado a 559,00 partículas por millón (ppm) de HC, de la misma forma la tercera prueba con un valor de 555,00 partículas por millón (ppm) de HC, mientras que la segunda prueba indica un valor bajo de 528,00 partículas por millón (ppm) de HC, la cuarta y quinta prueba señala un valor también bajo de 539,00 partículas por millón (ppm) de HC.

3.14.4 OXÍGENO (O₂) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

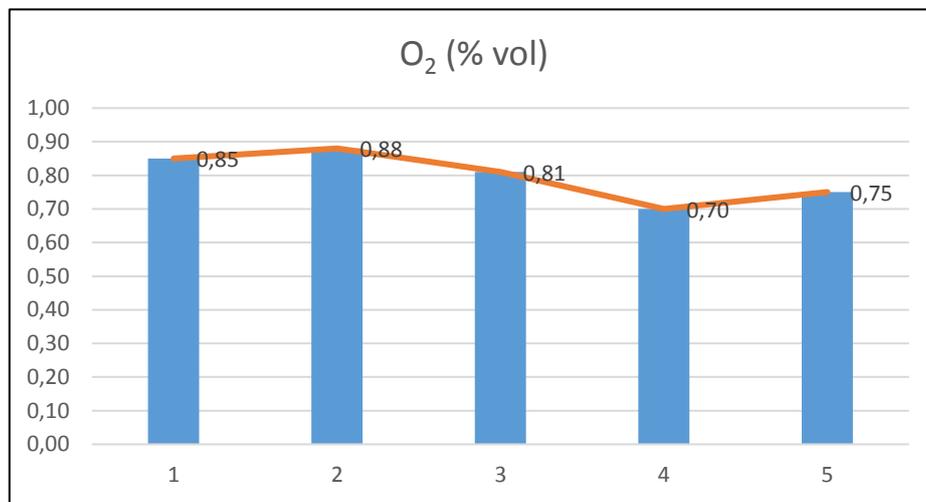


Figura 3. 28 Valores obtenidos de O₂ a 2000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

En el análisis de la gráfica de Oxígeno se puede evaluar los siguientes resultados. El valor de la primera prueba marca un dato promedio de 0,85 O₂, al igual que la mayoría de pruebas, la segunda prueba con un valor de 0,88 O₂, la tercera prueba con un valor de 0,81 O₂, la cuarta prueba con un valor de 0,70 O₂, y la quinta prueba con un valor de 0,75 O₂. Comparando los resultados de los análisis de emisiones de gases hay que considerar que a menor O₂, mayor CO y así mismo mayor CO₂.

3.15 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO A 3000 RPM

3.15.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

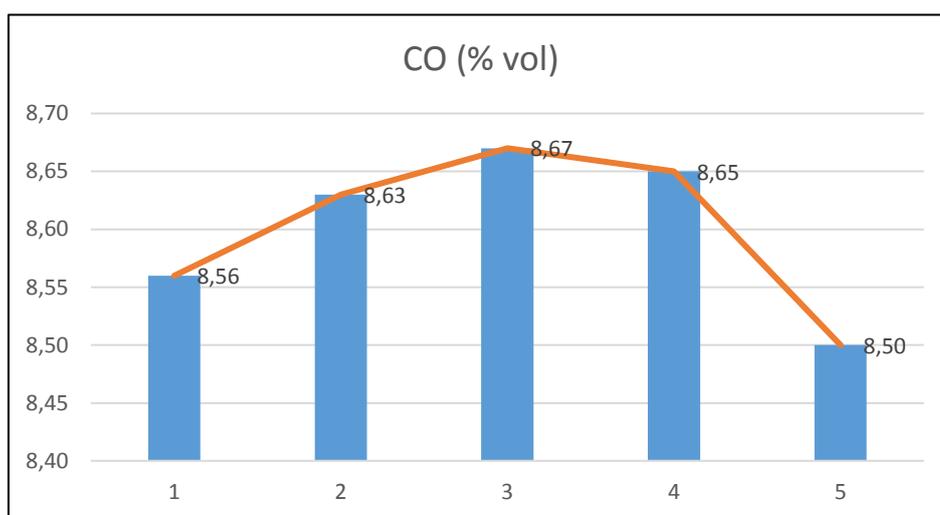


Figura 3. 29 Valores obtenidos de CO a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como se aprecia en la Figura 3.29, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra con aditivo a 3000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la primera prueba obtuvo un valor bajo que corresponde a 8,56 % vol de CO, mientras que la curva asciende hasta la tercera prueba que entrega un valor de 8,67 % vol de CO, y luego la curva desciende hasta la quinta y última prueba con un valor de 8.50 % vol de CO. Los valores altos se originan cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno (O₂) en la mezcla.

3.15.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

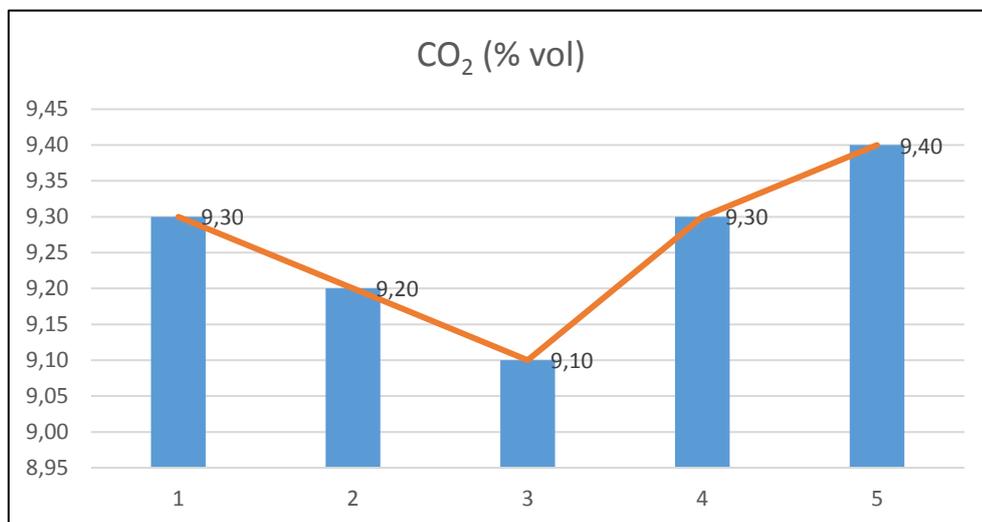


Figura 3. 30 Valores obtenidos de CO₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como se aprecia en la Figura 3.30, los valores obtenidos de monóxido de carbono usando combustible extra con aditivo a 3000 rpm se logró a base del análisis de gases de escape en cinco diferentes pruebas. En los resultados obtenidos, la primera prueba obtuvo un valor que corresponde a 9,30 % vol de CO, mientras que la curva desciende hasta la tercera prueba que entrega un valor de 9,10 % vol de CO, y luego la curva asciende hasta la quinta y última prueba con un valor de 9,40 % vol de CO. Los valores altos se originan cuando existe insuficiente cantidad de oxígeno (O₂) en la mezcla.

3.15.3 HIDROCARBUROS (HC) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

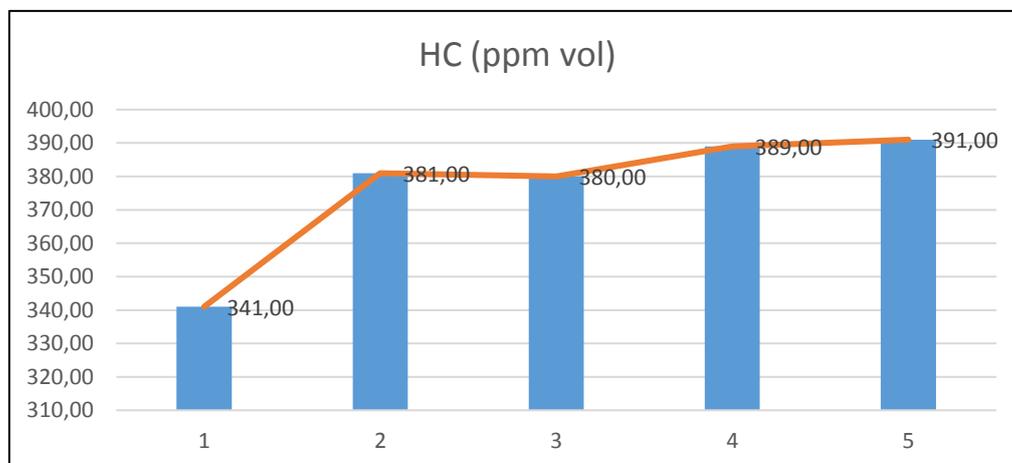


Figura 3. 31 Valores obtenidos de HC a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

Como muestra la Figura 3.31, los resultados correspondientes al análisis de hidrocarburos con combustible extra con aditivo a 3000 rpm, indica que el valor obtenido en la primera prueba es bajo, 341,00 partículas por millón (ppm) de HC, mientras que la curva asciende hasta la quinta prueba que señala un valor elevado de 391,00 partículas por millón (ppm) de HC.

3.15.4 OXÍGENO (O₂) UTILIZANDO COMBUSTIBLE EXTRA CON ADITIVO

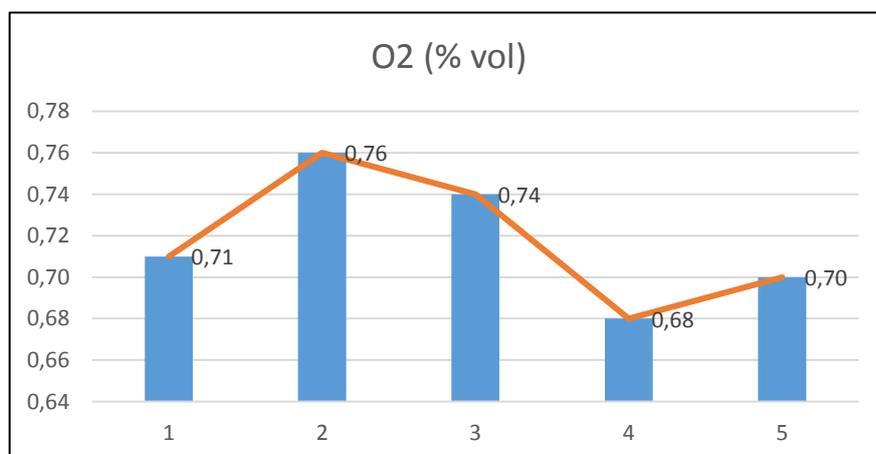


Figura 3. 32 Valores obtenidos de O₂ a 3000 rpm utilizando combustible extra con aditivo

En el análisis de la gráfica de Oxígeno se evaluó los siguientes resultados. El valor de la primera prueba marca un dato 0,71 O₂, la segunda prueba muestra un valor de 0,76 O₂ y la tercera prueba un valor de 0,74 O₂. Comparando los resultados de los análisis de emisiones de gases hay que considerar que a menor O₂, mayor CO y así mismo mayor CO₂.

3.16 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO MEZCLA E20 A 1000 RPM

3.16.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) UTILIZANDO MEZCLA E20

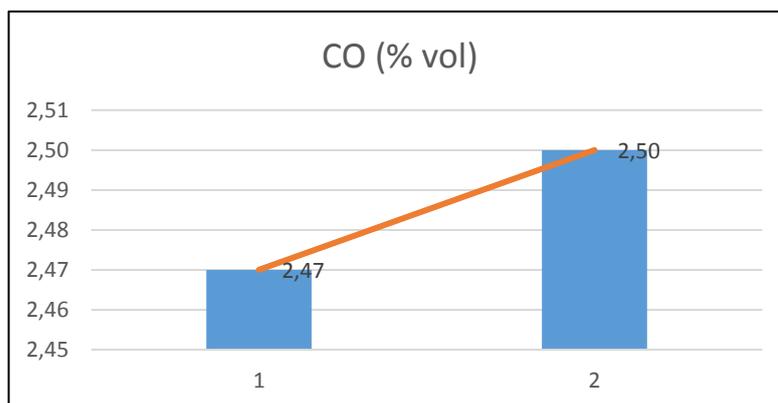


Figura 3. 33 Valores obtenidos de CO a 1000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.33 se aprecia la medición de CO utilizando mezcla E20 a 1000 rpm, evidenciando el aumento en el porcentaje de monóxido de carbono de 2,47 % vol de CO en la primera prueba a 2,50 % vol de CO en la segunda, esto debido a que existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de CO y la cantidad de oxígeno presente en la mezcla, entre mayor porcentaje de CO muestre la medición, menor cantidad de oxígeno presenta en la mezcla

3.16.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) UTILIZANDO MEZCLA E20

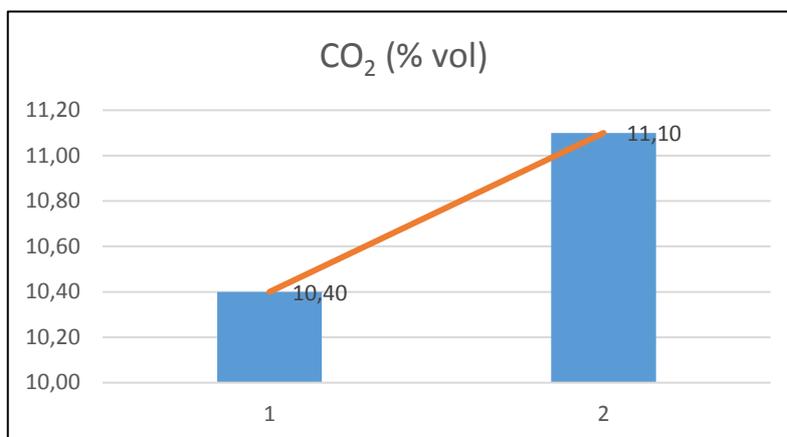


Figura 3. 34 Valores obtenidos de CO₂ a 1000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.34 se aprecia las mediciones obtenidas de CO₂ utilizando mezcla E20 a 1000 rpm, en la primera prueba se obtuvo 10,40 % vol de CO₂ mientras que en la segunda prueba se obtuvo un porcentaje de volumen de CO₂ de 11,10. El porcentaje de CO₂ en un motor sirve de perspectiva para conocer la calidad de la combustión en el interior de la cámara de combustión del motor, y es un indicativo de la cantidad de oxígeno existente en la mezcla. Del mismo modo existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de CO₂ y la cantidad de oxígeno presente en la mezcla.

3.16.3 HIDROCARBUROS (HC) UTILIZANDO MEZCLA E20

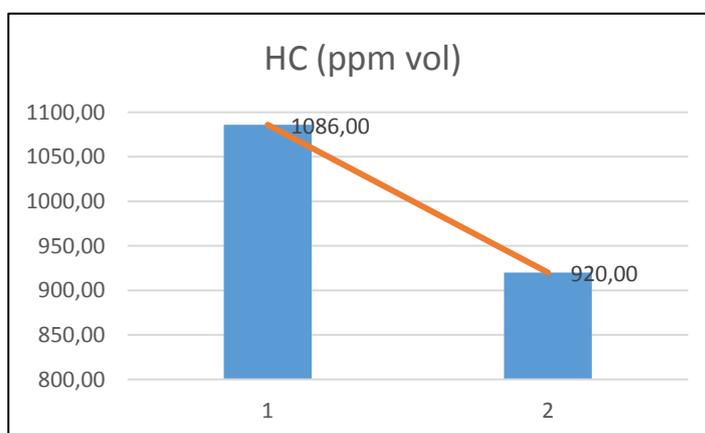


Figura 3. 35 Valores obtenidos de HC a 1000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.35 se aprecia los resultados obtenidos de los hidrocarburos no combustionados a 1000 rpm, se obtuvo 1086 partes por millón (ppm) de HC en la primera prueba y 920 partes por millón (ppm) para la segunda prueba. Los hidrocarburos no combustionados y el exceso de oxígeno presente en la mezcla guardan una relación directamente proporcional, a mayor HC mayor.

3.16.4 OXÍGENO (O₂) UTILIZANDO MEZCLA E20

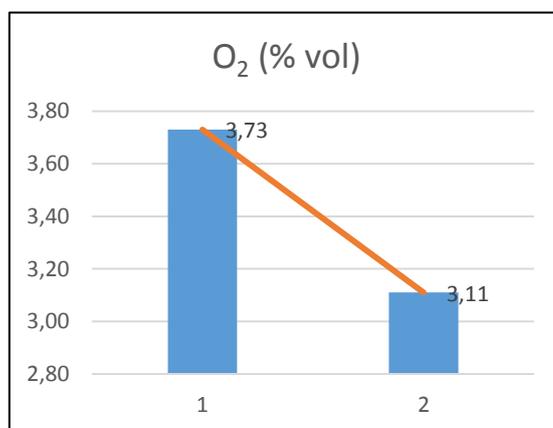


Figura 3. 36 Valores obtenidos de O₂ a 1000 rpm utilizando mezcla E20

Como se observa en la Figura 3.36 se obtuvo un porcentaje en volumen de oxígeno de 3,73 en la primera prueba mientras que en la segunda se obtuvo 3,11 por ciento en volumen de oxígeno. El oxígeno guarda una estrecha relación con los gases de escape medidos: CO, CO₂ y HC dentro del mismo régimen del motor.

3.17 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO MEZCLA E20 A 2000 RPM

3.17.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) UTILIZANDO MEZCLA E20

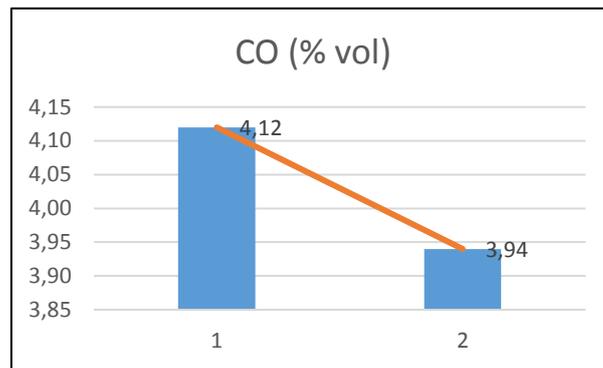


Figura 3. 37 Valores obtenidos de CO a 2000 rpm utilizando mezcla E20

Los datos obtenidos de monóxido de carbono utilizando mezcla E20 a 2000 rpm se evidencian en la Figura 3.37, se obtuvo una concentración de 4,12% en volumen de CO en la primera prueba y 3,94% en volumen de CO en la segunda prueba. El porcentaje de volumen de CO está estrechamente relacionado con la cantidad de oxígeno en la mezcla de forma inversamente proporcional.

3.17.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) UTILIZANDO MEZCLA E20

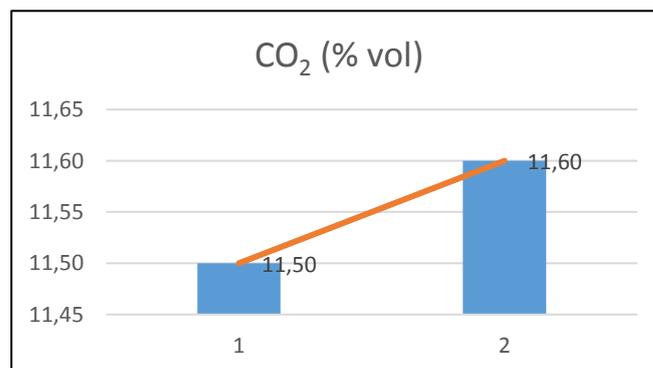


Figura 3. 38 Valores obtenidos de CO₂ a 2000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.38 se evidencian los resultados de la medición de dióxido de carbono CO₂ utilizando mezcla E20 en un régimen de 2000 rpm, en la primera prueba se obtuvo una concentración de 11,50% en volumen de CO₂ mientras que en la segunda prueba se obtuvo una concentración de 11,60% en volumen de CO₂ mostrando una tendencia en ambas pruebas. Existe una relación inversamente proporcional entre el dióxido de carbono presente en los gases de escape y el oxígeno presente en la mezcla.

3.17.3 HIDROCARBUROS (HC) UTILIZANDO MEZCLA E20

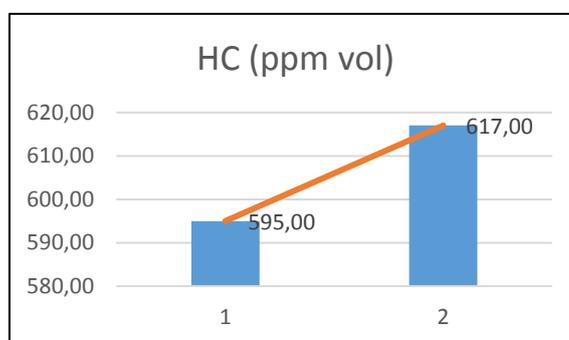


Figura 3. 39 Valores obtenidos de HC a 2000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.39 se observa los resultados de la medición de hidrocarburos utilizando mezcla E20 en un régimen de 2000 rpm. En la primera medición se registró 595 partes por millón (ppm) de hidrocarburos no combustionados y en la segunda prueba se registró 617 partes por millón (ppm) de hidrocarburos no quemados. Los hidrocarburos no quemados guardan una relación proporcional al exceso de oxígeno en la mezcla, un mayor registro de HC indica una demasía en la concentración de oxígeno en la mezcla.

3.17.4 OXÍGENO (O₂) UTILIZANDO MEZCLA E20

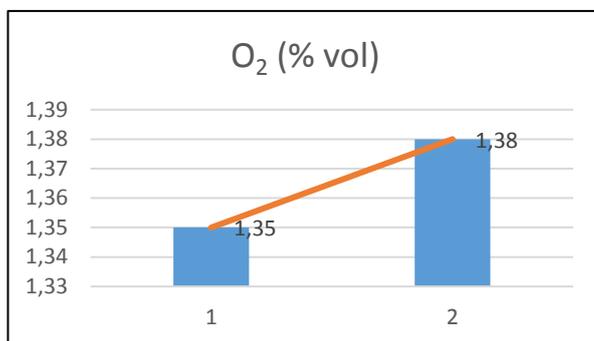


Figura 3. 40 Valores obtenidos de O₂ a 2000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.40 se registra de forma gráfica los resultados obtenidos de la medición de oxígeno utilizando mezcla E20 bajo un régimen de 2000 rpm, en la primera prueba se obtuvo una concentración de 1,35% en volumen de oxígeno y en la segunda prueba 1,38% en volumen de oxígeno, mostrando una tendencia en ambas mediciones. El oxígeno está estrechamente relacionado con las emisiones de gases de escape del motor a gasolina.

3.18 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO MEZCLA E20 A 3000 RPM

3.18.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) UTILIZANDO MEZCLA E20

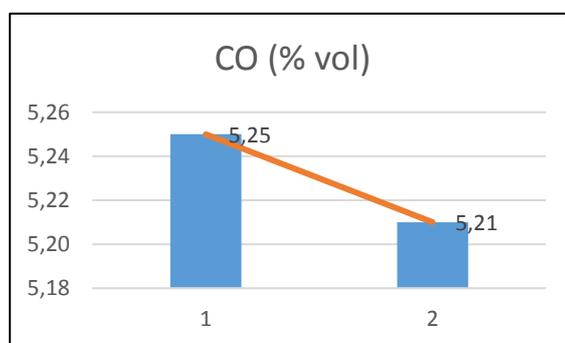


Figura 3. 41 Valores obtenidos de CO a 3000 rpm utilizando mezcla E20

Los resultados de las mediciones de monóxido de carbono CO utilizando mezcla E20 a 3000 rpm se muestran en la Figura 3.41, en la primera prueba se obtuvo una concentración de 5,25% en volumen de CO y en la segunda prueba se registró 5,21% en volumen de CO. Ambas pruebas mantienen una tendencia. Las emisiones de monóxido de carbono guardan una relación inversamente proporcional a la cantidad de oxígeno presente en la mezcla.

3.18.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) UTILIZANDO MEZCLA E20

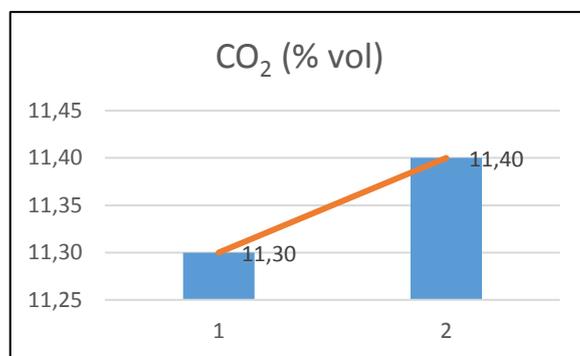


Figura 3. 42 Valores obtenidos de CO₂ a 3000 rpm utilizando mezcla E20

Los datos obtenidos de las emisiones de dióxido de carbono CO₂ utilizando mezcla E20 a 3000 rpm se indican en la Figura 3.42, en la primera medición se registró un valor de 11,30% en volumen de CO₂ mientras que en la segunda prueba se obtuvo un valor de 11,40% en volumen de CO₂. Las mediciones de CO₂ muestran una tendencia de permanecer en un rango estable. La cantidad de CO₂ emitido se relaciona de manera inversamente proporcional a la cantidad de oxígeno en la mezcla.

3.18.3 HIDROCARBUROS (HC) UTILIZANDO MEZCLA E20

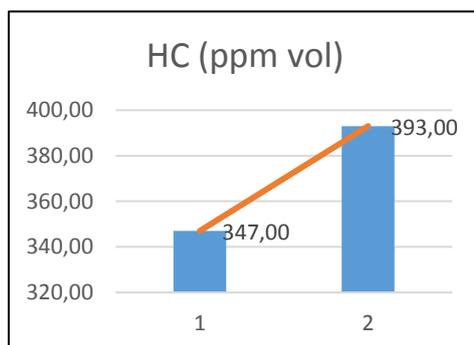


Figura 3. 43 Valores obtenidos de HC a 3000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.43 observa el registro de los resultados en la medición de hidrocarburos no combustión HC utilizando mezcla E20 a 3000 rpm, en la primera medición se obtuvo 347 ppm de HC y en la segunda prueba se registró 393 ppm de HC. La presencia de hidrocarburos está relacionada de forma proporcional al oxígeno presente en la mezcla.

3.18.4 OXÍGENO (O₂) UTILIZANDO MEZCLA E20

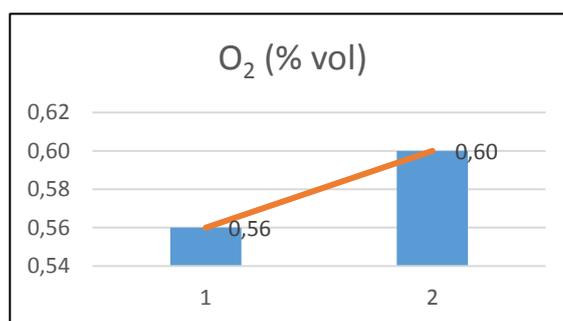


Figura 3. 44 Valores obtenidos de O₂ a 3000 rpm utilizando mezcla E20

En la Figura 3.44 se observa el registro de los datos obtenidos para las emisiones de oxígeno utilizando mezcla E20 a 3000 rpm, en la primera prueba se registró 0,56% en volumen de oxígeno y en la segunda prueba se obtuvo 0,60% en volumen de oxígeno, en ambas pruebas se mantiene un rango constante. La concentración de oxígeno en la mezcla influye en las emisiones de los distintos gases de escape.

3.19 DESVIACIONES EN LAS EMISIONES CON LOS DIFERENTES COMBUSTIBLES

La desviación estándar o desviación típica es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. La desviación estándar es siempre mayor o igual que cero. A continuación, se presentan las tablas con las respectivas desviaciones en las pruebas de emisiones con combustible extra, extra con aditivo y mezcla E20.

Tabla 3.7 Desviación con combustible extra

RPM	1000	2000	3000
CO (% vol)	0,02	0,01	0,03
CO ₂ (% vol)	0,31	0,16	0,08
HC (ppm vol)	115,77	49,36	37,13
O ₂ (% vol)	0,36	0,17	0,15
Lambda	0,02	0,01	0,01

Al emplear gasolina extra en las pruebas de emisiones respecto a los HC los resultados obtenidos en bajas revoluciones arrojaron una desviación de 115,77 a 1000 rpm, el valor de las desviaciones disminuye al realizar las pruebas a 2000 y 3000 rpm.

Tabla 3.8 Desviación con combustible extra con aditivo

RPM	1000	2000	3000
CO (% vol)	0,93	0,05	0,06
CO ₂ (% vol)	0,13	0,12	0,10
HC (ppm vol)	193,67	11,41	18,21
O ₂ (% vol)	0,80	0,06	0,01
Lambda	0,05	0,01	0,01

Tabla 3.9 Desviación con mezcla E20

RPM	1000	2000	3000
CO (% vol)	0,61	0,07	0,01
CO ₂ (% vol)	0,32	0,04	0,04
HC (ppm vol)	159,83	8,98	18,77
O ₂ (% vol)	0,74	0,01	0,01
Lambda	0,04	0,01	0,01

3.20 COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE UTILIZANDO EXTRA, EXTRA CON ADITIVO Y MEZCLA E20

En esta sección se realizó una comparativa para los diferentes regímenes de giro en cada gas que compone las emisiones de gases de escape.

3.20.1 COMPARATIVA DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Para la comparativa de monóxido de carbono (CO) se realizó un promedio para cada régimen de giro: 1000 rpm, 2000 rpm y 3000 rpm, en la siguiente figura se indican los datos obtenidos en las mediciones realizadas con los diferentes combustibles utilizados.

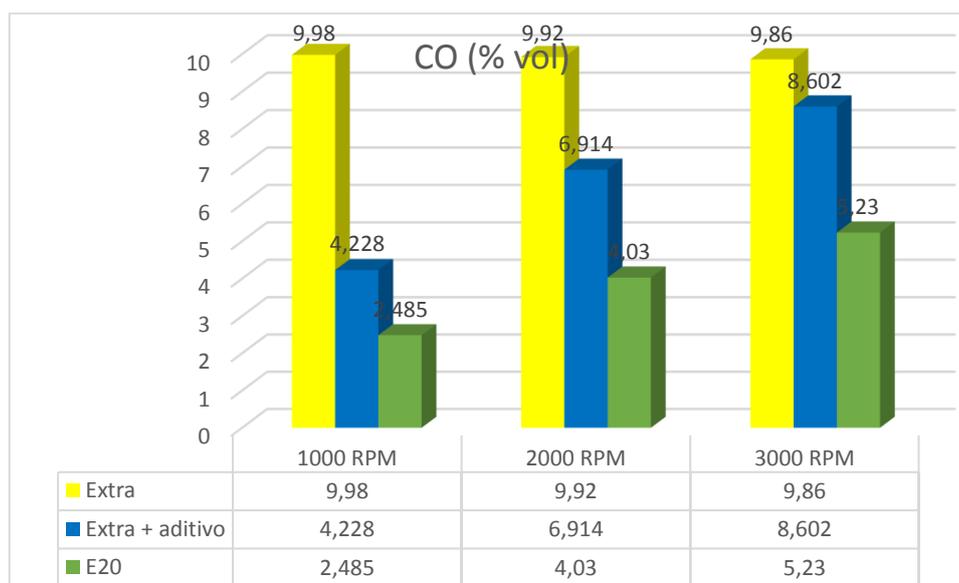


Figura 3. 45 Resultados obtenidos de la medición del CO

Como se observa en la Figura 3.45 se puede analizar los valores conseguidos de monóxido de carbono utilizando combustible extra a 1000 rpm, se obtuvo un valor de 9,98% vol de CO, de la misma forma utilizando la mezcla extra con aditivo se obtuvo 4,228% vol de CO y al final utilizando la mezcla E20 se obtuvo un valor de 2,485% vol de CO.

Así mismo en el gráfico de la derecha para una velocidad de giro del motor de 2000 rpm se registró un valor de 9,92% vol de CO utilizando extra, 6,914% vol de CO utilizando extra con aditivo y 4,03% vol de CO utilizando mezcla E20. Analizando la última gráfica a un

régimen de 3000 rpm se obtuvo como resultado un valor 9,86% vol de CO utilizando extra, 8,602% vol de CO utilizando extra con aditivo y un valor de 5,23% vol de CO con la mezcla E20.

3.20.2 COMPARATIVA DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Para la comparativa de dióxido de carbono (CO₂) se realizó un promedio para cada régimen de giro: 1000 rpm, 2000 rpm y 3000 rpm, en la siguiente figura se indican los datos obtenidos en las mediciones realizadas con los diferentes combustibles utilizados.

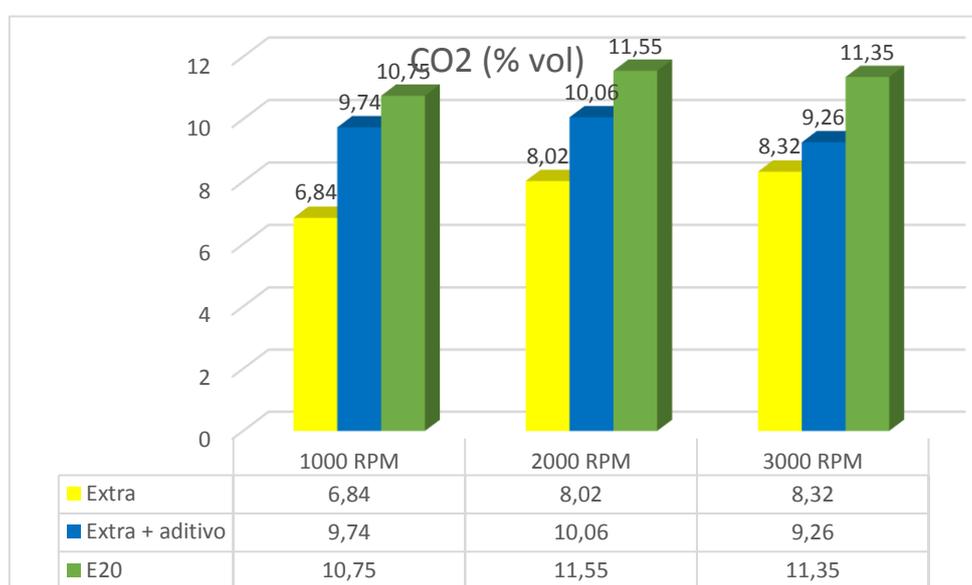


Figura 3. 46 Resultados obtenidos de la medición del CO₂

Como se puede observar en la Figura 3.46 es posible analizar los valores conseguidos de dióxido de carbono utilizando combustible extra a 1000 rpm, se obtuvo un valor de 6,48% vol de CO₂, de la misma forma utilizando la mezcla extra con aditivo se obtuvo 9,74% vol de CO₂ y al final utilizando la mezcla E20 se obtuvo un valor de 10,75% vol de CO₂.

Así mismo en el gráfico de la derecha para una velocidad de giro del motor de 2000 rpm se registró un valor de 8,02% vol de CO₂ utilizando extra, 10,06% vol de CO₂ utilizando extra con aditivo y 11,55% vol de CO₂ utilizando mezcla E20. Analizando la última gráfica a un régimen de 3000 rpm se obtuvo como resultado un valor 8,32% vol de CO₂ utilizando extra,

9,26% vol de CO₂ utilizando extra con aditivo y un valor de 11,35% vol de CO₂ con la mezcla E20.

3.20.3 COMPARATIVA DE HIDROCARBUROS (HC)

Para la comparativa de hidrocarburos (HC) se realizó un promedio para cada régimen de giro: 1000 rpm, 2000 rpm y 3000 rpm, en la siguiente figura se indican los datos obtenidos en las mediciones realizadas con los diferentes combustibles utilizados.

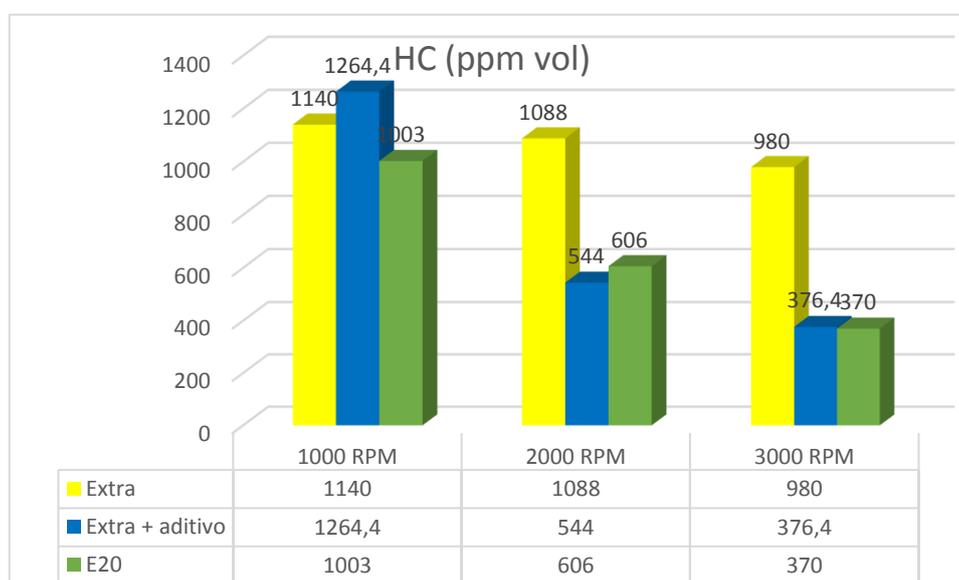


Figura 3. 47 Resultados obtenidos de la medición de HC

Como se puede observar en la Figura 3.47 es posible analizar los valores conseguidos de hidrocarburos no combustionados utilizando combustible extra a 1000 rpm, se obtuvo un valor de 1140 ppm de HC, de la misma forma utilizando la mezcla extra con aditivo se obtuvo 1264,4 ppm de HC y al final utilizando la mezcla E20 se obtuvo un valor de 1003 ppm de HC.

Así mismo en el gráfico de la derecha para una velocidad de giro del motor de 2000 rpm se registró un valor de 1088 ppm de HC utilizando extra, 544 ppm de HC utilizando extra con aditivo y 606 ppm de HC utilizando mezcla E20. Analizando la última gráfica a un régimen de 3000 rpm se obtuvo como resultado un valor 980 ppm de HC utilizando extra, 376,4 ppm de HC utilizando extra con aditivo y un valor de 370 ppm de HC con la mezcla E20.

3.20.4 COMPARATIVA DE OXÍGENO (O₂)

Para la comparativa de oxígeno (O₂) se realizó un promedio para cada régimen de giro: 1000 rpm, 2000 rpm y 3000 rpm, en la siguiente figura se indican los datos obtenidos en las mediciones realizadas con los diferentes combustibles utilizados.

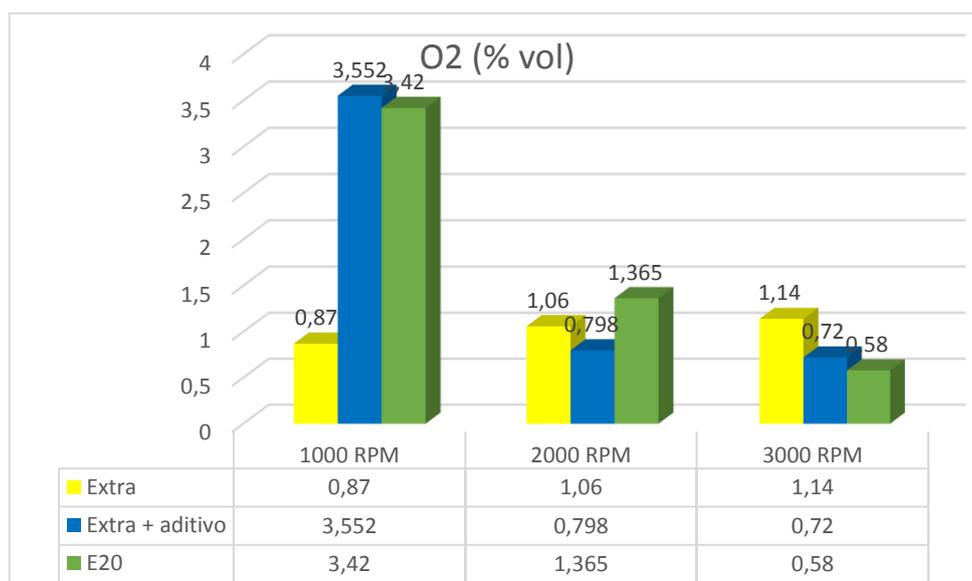


Figura 3. 48 Resultados obtenidos de la medición de O₂

Como se puede observar en la Figura 3.48 es posible analizar los valores conseguidos de oxígeno utilizando combustible extra a 1000 rpm, se obtuvo un valor de 0,87% vol de O₂, de la misma forma utilizando la mezcla extra con aditivo se obtuvo 3,552% vol de O₂ y al final utilizando la mezcla E20 se obtuvo un valor de 3,42% vol de O₂.

Así mismo en el gráfico de la derecha para una velocidad de giro del motor de 2000 rpm se registró un valor de 1,06% vol de O₂ utilizando extra, 0,798% vol de O₂ utilizando extra con aditivo y 1,365% vol de O₂ utilizando mezcla E20. Analizando la última gráfica a un régimen de 3000 rpm se obtuvo como resultado un valor 1,14% vol de O₂ utilizando extra, 0,72% vol de O₂ utilizando extra con aditivo y un valor de 0,58% vol de O₂ con la mezcla E20.

3.20.5 COMPARATIVA DEL FACTOR LAMBDA (λ)

Para la comparativa de factor Lambda (λ) se realizó un promedio para cada régimen de giro: 1000 rpm, 2000 rpm y 3000 rpm, en la siguiente figura se indican los datos obtenidos en las mediciones realizadas con los diferentes combustibles utilizados.

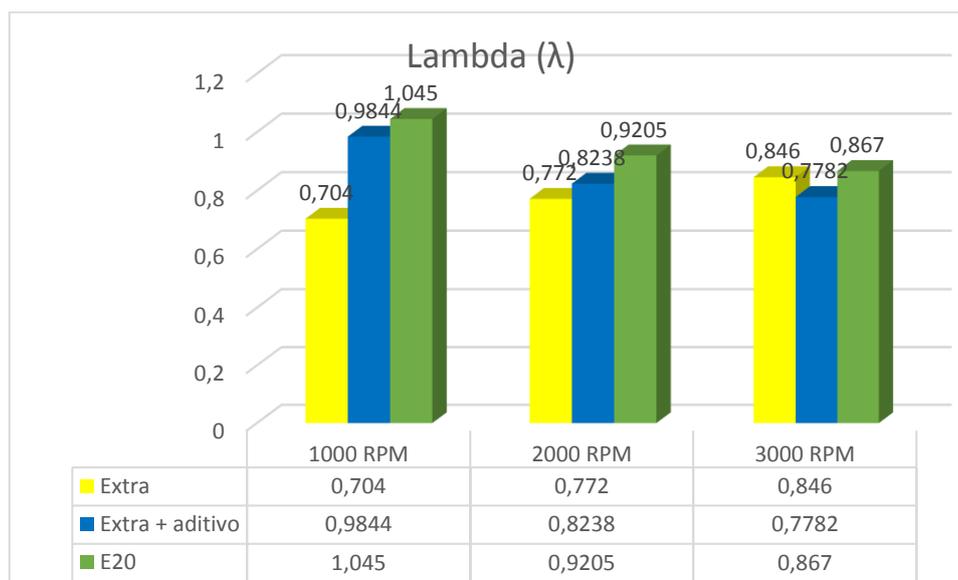


Figura 3. 49 Resultados obtenidos de la medición del factor Lambda λ

El factor Lambda determina una mezcla estequiométrica de 14,7 partes de oxígeno y 1 de combustible expresando como resultado el valor de 1, si este valor de Lambda es mayor a uno se obtiene una mezcla pobre en combustible y si el valor es menor a uno se trata de una mezcla rica en combustible. Si el combustible no combustiona adecuadamente con la cantidad de oxígeno que ingresa a la cámara de combustión por lo que el analizador calcula la cantidad de oxígeno que sale de la combustión y representa al Factor Lambda como mezcla pobre, al irse incrementando las revoluciones este factor va aproximándose a 1.

Utilizando una mezcla extra con aditivo que mejora el octanaje, la combustión que se produce debería producirse con mayor eficiencia con el oxígeno, lo que no ocurre por el mal estado del carburador, dando como resultado en el analizador en bajas revoluciones un factor Lambda menor a 1 que representa una mezcla rica al determinar una menor cantidad de oxígeno en las emisiones de gases. El mismo principio ocurre con la mezcla E20 que mejora

esta característica de octanaje en el combustible y adicionalmente suministra mayor oxígeno disponible para la combustión como una propiedad de los alcoholes como el etanol.

Como se puede observar en la Figura 3.49 es posible analizar los valores conseguidos del factor Lambda (λ) utilizando combustible extra a 1000 rpm, se obtuvo un valor de 0,704, de la misma forma utilizando la mezcla extra con aditivo se obtuvo 0,9844 y al final utilizando la mezcla E20 se obtuvo un valor de 1,045. Analizando cada una de las mezclas se puede apreciar que el E20 presenta un aumento del factor Lambda aproximado a 1, debido a que la combustión se realiza de manera mas completa gracias al aumento de octanaje y al oxígeno suministrado por el alcohol.

Así mismo en el gráfico de la derecha para una velocidad de giro del motor de 2000 rpm se registró un valor de 1,152 de factor Lambda utilizando extra, 0,8238 de factor Lambda utilizando extra con aditivo y 0,9205 de factor Lambda utilizando mezcla E20. De la misma manera el E20 consigue aproximarse a un $\lambda = 1$

Analizando la última gráfica a un régimen de 3000 rpm se obtuvo como resultado un valor 1,0532 de factor Lambda utilizando extra, 0,7782 de factor Lambda utilizando extra con aditivo y un valor de 0,867 de factor Lambda con la mezcla E20. Se observa una tendencia al ingreso de una mezcla rica, situación provocada por el estado del carburador.

A continuación, se presenta una tabla comparativa general de los promedios obtenidos con combustible extra, extra con aditivo y mezcla E20 en los diferentes regímenes de giro del motor

Tabla 3.10 Datos de emisiones y dinamométricos obtenidos a 1000 rpm, 2000 rpm y 3000 rpm utilizando extra, extra más aditivo y mezcla E20

Combustible	Velocidad de giro del motor	CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)	Lambda (λ)	Potencia (hp)	Par motor (Nm)
Extra	1000 rpm	9,98	6,84	1140	0,87	0,70	27,1	62,7
Extra con aditivo	1000 rpm	4,22	9,74	1264,4	3,55	0,98		
Mezcla E20	1000 rpm	2,48	10,75	1003	3,42	1,04		
Extra	2000 rpm	9,92	8,02	1088	1,06	0,77	32,2	60,08
Extra con aditivo	2000 rpm	6,91	10,06	544	0,79	0,82		
Mezcla E20	2000 rpm	4,03	11,55	606	1,36	0,92		
Extra	3000 rpm	9,86	8,32	980	1,14	0,846	33,12	68,04
Extra con aditivo	3000 rpm	8,60	9,26	376,4	0,54	0,77		
Mezcla E20	3000 rpm	5,23	11,35	370	0,58	0,86		

En las pruebas realizadas el factor Lambda tiende a disminuir a altas revoluciones, por consiguiente gases como el CO se incrementan debido al funcionamiento del sistema de alimentación principalmente por el carburador y también por la falta de O₂ en la mezcla provocando que las emisiones de HC disminuyan debido a un mejoramiento en las características físico-químicas de la gasolina extra, de la misma manera cuando aumentan las emisiones de CO₂ indica que la eficiencia del motor mejora cuando el factor Lambda tiene el valor de 1 debido al mejoramiento del combustible con aditivo y bioetanol.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- En este vehículo la mezcla E20 presenta las mejores prestaciones de potencia en comparación a los demás combustibles, evidenciando un aumento de un 18,18% en comparación al extra convencional y un 2,78% en comparación al uso del extra con aditivo.
- La adición de bioetanol mezcla E20 aumentó el par motor en 7,85% en comparación al uso de combustible convencional extra. Mientras que utilizando la mezcla E20 se evidenció un aumento en el par motor de 11,70% en comparación al extra con aditivo.
- Las emisiones de monóxido de carbono a 3000 rpm utilizando E20 se reducen en un 46,96% en comparación al extra y un 39,19% en comparación al extra con aditivo. La combustión se mejora utilizando E20 debido al aumento del octanaje a causa del alcohol. Para el caso del aditivo no mejora las prestaciones debido al carburador.
- Las emisiones de dióxido de carbono a 3000 rpm utilizando E20 aumentan en un 36,42% en comparación al extra y un 18,41% en comparación al extra con aditivo. Utilizando E20 la combustión se realiza de manera más completa.
- Las emisiones de hidrocarburos a 3000 rpm son favorables al E20, reduciendo las emisiones en un 62,24% en comparación al extra y en un 1,70% en comparación al extra con aditivo. Los hidrocarburos se reducen cuando existe una buena combustión debido a la presencia del suficiente oxígeno en la mezcla.
- Las emisiones de oxígeno a 3000 rpm resultaron favorables para utilizando E20 la cual redujo las emisiones en un 49,12% en comparación al extra y un 19,44% en comparación al extra con aditivo. Los biocombustibles tienen a aumentar el contenido de oxígeno disponible para la combustión provocando que se realice de manera más completa.

4.2.Recomendaciones

- En el estudio del uso de biocombustibles en motores a carburador se recomienda realizar un mantenimiento correctivo del motor utilizando partes originales como se indica en el manual del fabricante ya que el rendimiento puede variar en las distintas pruebas a las que se somete.
- Se recomienda utilizar el carburador original del motor 2F ya que el carburador que se encuentra instalado actualmente es para un motor de menor cilindrada y además se encuentra suspendido un paso Venturi lo que limita su capacidad para carburar correctamente.
- Se recomienda realizar este tipo de estudios en motores modernos para tener una perspectiva clara y real de los resultados con biocombustibles, en el par motor, potencia y emisiones contaminantes, ya que los motores antiguos sin mantenimiento tienden a presentar resultados inconsistentes.
- Se recomienda utilizar los neumáticos y rines recomendados por el fabricante con especificación 7.00R15LT ya que los neumáticos a sobremedida representan una pérdida de potencia para el motor, así como un aumento en el consumo de combustible y una mayor resistencia a la rodadura.
- Para este tipo de vehículos del año 1980 que utiliza un sistema de carburador se recomienda emplear un aditivo elevador de octanaje para disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC) y oxígeno (O₂).

Referencias Bibliográficas

1. Amarís, J. M., Manrique, D., & Jaramillo, J. (2015). Biocombustibles líquidos en Colombia y su impacto en motores de combustión interna. Una revisión. *Revista fuentes: el Reventón Energético*, 13(2), 23-34.
doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revfue.v13n2-2015003>
2. ARCH. (7 de Octubre de 2019). *Regulación y control hidrocarburífero*. Recuperado el 6 de Junio de 2021, de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/2018/09/COMPOSICION-DISTRIBUCION-Y-COMERCIALIZACION-DE-GASOLINA-ECOPA-S-FIEL.pdf>
3. Arzate, S. O. (2010). *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios*. FCE-Fondo de cultura económica.
4. Ávila, A. (2016). *Repositorio UIDE*. Recuperado el 7 de Junio de 2021, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1023/1/T-UIDE-035.pdf>
5. Bayraktar, H. (02 de Marzo de 2005). Experimental and theoretical investigation of using gasoline–ethanol blends in spark-ignition engines. *Renewable Energy*, 30, 1733-1747. doi:10.1016/j.renene.2005.01.006
6. Bellido Díez, C. (2013). *Obtención de bioetanol 2G a partir de hidrolizados de paja de trigo. Fermentación conjunta de los penta y hexa carbohidratos con pichia stipitis*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/4556/TEISIS501-140301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Benavides, D. (2021). *Evaluación del Comportamiento de un Motor de Encendido por Compresión Utilizando Mezclas de Diésel Fósil y Biodiésel B10*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11674>
8. BrainBee. (12 de Septiembre de 2019). <https://www.brainbee.mahle.com/>. Recuperado el 18 de Junio de 2021, de <https://www.brainbee.mahle.com/media/brainbee/product-lines/emission/ags-688/mahle-brain-bee-ags-688-es.pdf>
9. Bravo Ortega, A. (2007). *Incremento de eficiencia de un motor de combustión interna mediante la recuperación de energía*. Atizapán de Zaragoza: Tecnológico de Monterrey. Obtenido de https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/567979/DocsTec_5569.pdf?sequence=1
10. Cabrera, G. M. (2000). *Biocombustibles a partir de recursos lignocelulósicos*. Centro de Investigación en Biotecnología UAEM, Instituto Mexicano del Petróleo, Instituto de Biotecnología UNAM.
11. Carreras, F. C. (2015). *Motores alternativos de combustión interna*. Universidad Politécnica de Catalunya.

12. CEP. (2017). *Manual. Diagnósis preventiva del vehículo y mantenimiento de su dotación material*. CEP.
13. Cerrito Tovar, I. d., Valdez M, A. P., & Arroyo, R. (2013). Desarrollo del proceso de anodizado para pistones de aluminio de alto desempeño. En *XIX CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (págs. 668-675). Hidalgo: Instituto Tecnológico de Celaya. Obtenido de http://somim.org.mx/memorias/memorias2013/pdfs/A3/A3_43.pdf
14. Cuadrado Sempere, Ó. (2017). *Análiss de la influencia de diferentes parámetros en la resstencia a la rodadura de los neumáticos recauchutados*. Elche: Universidad Miguél Hernández de Elche. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4510/1/TD%20Cuadrado%20Sempere%2c%20Oscar.pdf>
15. de la Cerna, C. (2016). Fabricando Bioetanol. *Energías Renovables*, 1(4). Obtenido de <https://ditco.buap.mx/recursos/documentos/revista/ejemplarCuatro/bioetanol.pdf>
16. Dodge. (6 de Febrero de 2020). *Dodge.com*. Recuperado el 7 de Junio de 2021, de <https://www.dodge.com.mx/blog/dodge-life/cual-es-la-diferencia-entre-torque-y-potencia>
17. Domínguez, E. (2017). *Sistemas de carga y arranque*. Editex.
18. Domínguez, E., & Ferres, J. (2019). *Electricidad del vehículo*. Editex.
19. EBD. (2000). <http://www.ebd.csic.es/>. Recuperado el 8 de Junio de 2021, de <http://www.ebd.csic.es/lie/PDF/ETANOL.pdf>
20. EPPetroecuador. (2021). www.eppetroecuador.ec. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/?p=9982>
21. EPPetroecuador. (2021). www.eppetroecuador.ec. Recuperado el 8 de Junio de 2021, de <https://www.eppetroecuador.ec/?p=5254>
22. Etrasa. (2019). *Capacitacion - Manual Especifico Viajeros*. Etrasa.
23. Fernández, J., Gutierrez, F., Gonzáles, P., Bahillo, A., Sanchez, J., Ballesteros, M., . . . Rodriguez, L. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Paraninfo, S.A.
24. Flamand, L., & Rojas, L. (2015). *¿Cómo gobernar la contaminación en México?: Alternativas de política pública ambiental*. El Colegio de Mexico AC.
25. Goñi, J., & Rojas, M. (2017). *Manual de combustibles alternativos y tecnología automotriz*. Lima: Fondo editorial Universidad de Lima.
26. Hernández, V. (25 de Enero de 2015). <http://hernandezmendible.com/>. Recuperado el 7 de Junio de 2021, de <http://hernandezmendible.com/librosypublicaciones/segundocapitulo/Energ%C3%ADas%20tradicionales%20y%20biocombustibles.pdf>

27. Inciso Vásquez, J. A. (2013). Influencia del uso del gas licuado de petróleo en la potencia en neumáticos durante el funcionamiento en condiciones de ensayo de un motor a gasolina con carburador adaptado al sistema dual. *Tecnología y Desarrollo*, 11(1), 33-43. Obtenido de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/rtd/article/view/1667/1479>
28. INEN. (26 de Abril de 2009). *www.normalizacion.gob.ec*. Recuperado el 11 de Junio de 2021, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2478.pdf>
29. INEN. (7 de Abril de 2015). Recuperado el 10 de Junio de 2021, de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2377-1r.pdf
30. INEN. (10 de Enero de 2017). *www.normalizacion.gob.ec*. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de https://inencloud.normalizacion.gob.ec/nextcloud/s/GkRXjnd98KaHXz3/download/nte_inen_2204-2.pdf
31. INEN. (2021). <https://www.normalizacion.gob.ec/>. Recuperado el 19 de Junio de 2021, de <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/nextcloud/s/MW5FyFXmXgQEBM6>
32. Isla Martínez, P. (2017). *Estudio comparativo de la huella de carbono de motores de encendido provocado alimentados con gasolina y bioetanol*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/45573/1/TFG_PATRICIA_ISLA_MARTINEZ.pdf
33. Jiménez, A. (2015). *Instalaciones de ventilación-Extracción*. Elearning, S.L.
34. Julio, A. y. (2018). *Trabajo de tecnología energética para desarrollo sostenible. Análisis de la matriz energética ecuatoriana y plan de desarrollo energético sostenible para la ciudad de Machala*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106306/P070408412_TFM_15304976095031077995400793855203.pdf?sequence=2
35. Lema, E. (Abril de 2019). *Repositorio UTN*. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9108/1/04%20MAUT%20087%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
36. Llangari, A. (2018). *Repositorio UPS*. Recuperado el 5 de Junio de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15682/4/UPS-CT007695.pdf>
37. Lomas Pozo, A. A. (2018). *Estudio del comportamiento del motor de gasolina Chevrolet Luv 2200 utilizando bioetanol a partir del residuo de papa con la Mezcla E10*. Ibarra: UTN. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8475>
38. Maglione, M. (2016). *www.icala.org.ar*. Recuperado el 9 de Junio de 2021, de <https://www.icala.org.ar/erasmus/Archivo/2016/2016-2/erasmus-18-2-2016-04-Maglione.pdf>

39. Martín, J. C. (2017). *Máquinas rotativas de corriente alterna (Electrotecnia)*. Editex.
40. Melo, E., & Sánchez, Y. (Enero de 2011). Estudio a través de pruebas de camino de un. *REINA Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura*, 78-83. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259980133_Estudio_a_traves_de_pruebas_de_camino_de_un_automovil_lada_usando_mezclas_etanol-gasolina
41. Ministerio Coordinador de Producción, empleo y competitividad. (2014). *Ecopaís: Una muestra del cambio de la matriz productiva*. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20170422091520/http://www.produccion.gob.ec/ecopais-una-muestra-del-cambio-de-la-matriz-productiva/>
42. Morelos, J. (2016). *www.sciencedirect.com*. Recuperado el 11 de Junio de 2021, de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0123592316300018?token=F4F2D94E46C43507EC4E831D1BF37602AF6A799FDB35C2B97FC2FAA4EA48A26F0D4900D37FDF0ADB5274FE73C8A8D228&originRegion=us-east-1&originCreation=20210613065135>
43. Muñiz, M. (2015). *Los biocombustibles y la educación para el desarrollo sustentable*. GRIN Verla.
44. Muñoz, M., & Rovira, A. (2016). *MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS: INTRODUCCIÓN A LOS MOTORES ALTERNATIVOS Y A LAS TURBOMÁQUINAS TÉRMICAS*. UNED.
45. Navas, D. (2015). *Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios*. Elearning, S.L.
46. Ortega Balseca, W. S. (2019). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÚLTIPLE DE ADMISIÓN*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9583>
47. Otárola, Y., & Rivera, M. (2019). *www.revistaenergia.com*. Recuperado el 8 de Junio de 2021, de <https://www.revistaenergia.com/wp-content/uploads/2020/11/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-vaina-de-frijol-como-biomasa-para-la-producci%C3%B3n-de-biocombustibles.pdf>
48. Pardiñas, J., & Feijó, R. (2018). *Sistemas auxiliares del motor (2018)*. Editex.
49. Paredes, G. (2019). Recuperado el 9 de Junio de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19242/1/T-UCE-0017-IQU-048.pdf>
50. Peláez, M. (2015). *Manejo de máquinas agrícolas de accionamiento y tracción*. Elearning, S.L.
51. Pérez Darquea, D. (Marzo de 2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, 3(3), 23-34. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>
52. Pérez, M. (2017). *Sistemas auxiliares del motor 2.ª edición*. Paraninfo, S.A.

53. Rafael Morales, M., & Hernández Guzmán, A. (2014). Caracterización de un otor de combustión interna con dos tipos de combustible. *Publicación Técnica* (417). Obtenido de <http://www.org.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
54. Ramos, F., Díaz, M., & Villar, M. (Enero de 2016). *Biocombustibles*. Recuperado el 5 de Junio de 2021, de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/25791/CONICET_Digital_Nro.cf291889-a370-4b7a-915b-4de3e1058c97_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
55. Renewable Energy Laboratory. (Diciembre de 2009). *Biodiesel Handing and Use Guide National*. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1045416.pdf
56. Reyes, L. (02 de Enero de 2015). *autonoción*. Obtenido de <https://www.autonocion.com/dar-mas-de-2-000-cv-en-un-banco-de-potencia-tiene-su-merito-potencia-del-motor-y-potencia-a-las-ruedas/>
57. Rice, W. (2017). *La historia de los combustibles fósiles*. Teacher Created Materials.
58. Rionda, M. G. (2016). *Secretaría de Energía (SENER)*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energ_a_s_Renovables_2016-2030.pdf
59. Rivas, M. (2017). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Elearning, S.L.
60. Rodríguez , L. A., & Long, B. R. (1989). Mezclas etanol-gasolina como combustible de motores de encendido por chispa. *Revista Acta Agronómica*, 39, 119-126.
61. Rovira, A., & Muñoz, M. (2015). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. UNED.
62. Santana Chóez, V. (2016). *Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en lano utilización de combustibles fósiles en el Ecuador*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17744/1/VEHICULOS%20ELECTRICOS%2031-05-2016%20revisado%20TGC%20%282%29.pdf>
63. Sanz, S. (2017). *El sistema de lubricación (Motores)*. Editex.
64. SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021 - Toda una Vida*. Obtenido de https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
65. Stark, A. (12 de 04 de 2022). *x-engineer.org*. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-94409-8_61
66. Tapia Cabrera, G. (2016). *Análisis De Las Curvas De Eficiencia y Desempeño De Motor Del Vehículo Chevrolet Esteem 1.6L Con El Uso De Combustible Ecopais*.

- Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1033/1/T-UIDE-038.pdf>
67. Toyota. (29 de Mayo de 2011). <https://tecnoautos.com/>. Recuperado el 14 de Junio de 2021, de <https://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-toyota-land-cruiser-40-ensamblado-en-1980/>
 68. Vallejos, E. (2015). *Mecánica Automotriz: Motores a Explosión y Motores Diecel*. Ezequiel Vallejos.
 69. Vallencillos, M. (2017). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo otto*. Elearning, S.L.
 70. Vamag. (13 de Marzo de 2017). Manual de Operación y Mantenimiento. Italia: CE.
 71. Vintimilla, P. (2015). *Repositorio UPS*. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7647/1/UPS-CT004530.pdf>
 72. WWF, C. (2021). *wwf.org.com*. Obtenido de https://www.wwf.org.co/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/
 73. Zambrano, R., & Núñez, C. (2013). *Repositorio UPB*. Recuperado el 11 de Junio de 2021, de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5942/digital_25719.pdf?sequence=1#:~:text=Las%20curvas%20caracter%C3%ADsticas%20son%20las,d e%20consumo%20especifico%20del%20motor.
 74. Zeppini. (10 de Febrero de 2021). *Zeppini Ecoflex*. Obtenido de <http://www.zeppini.com.br/site/es/produto/76/tubo-naometalico-em-pead--fuel-flex-one>

ANEXOS

ANEXO I. Pruebas dinamométricas



Figura AI.1 Vehículo en el dinamómetro con los anclajes



Figura AI.2 Realización de pruebas dinamométricas

ANEXO II. Preparación de mezcla combustible con aditivo y mezcla E20



Figura AII.1 Preparación de la mezcla combustible con aditivo



Figura AII.2 Preparación de la mezcla combustible con aditivo

ANEXO III. Pruebas de emisiones contaminantes



Figura AIII.1 Mediciones de emisiones de gases de escape

ANEXO IV. Resultados dinamométricos utilizando combustible convencional fósil

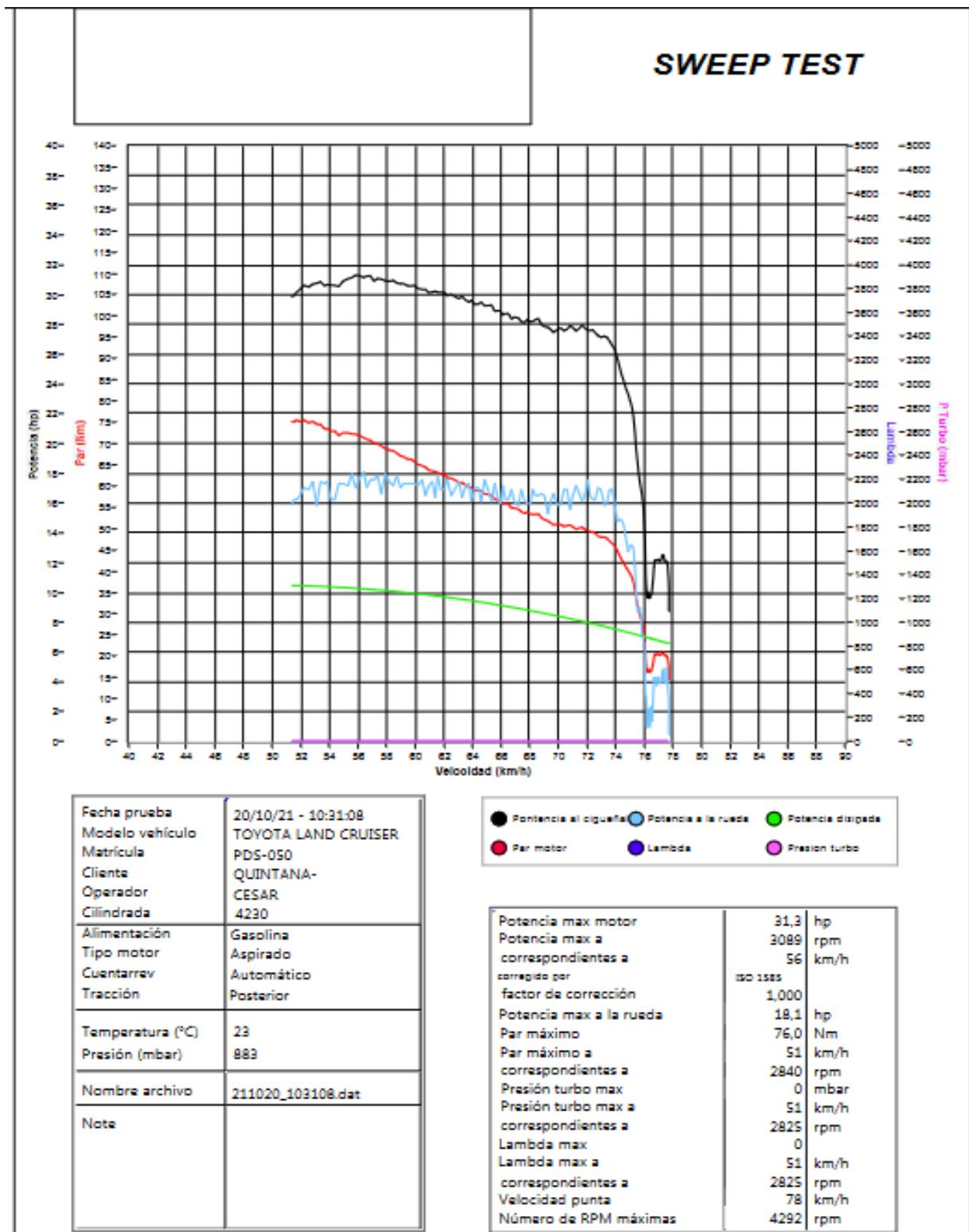


Figura AIV.1 Prueba 1

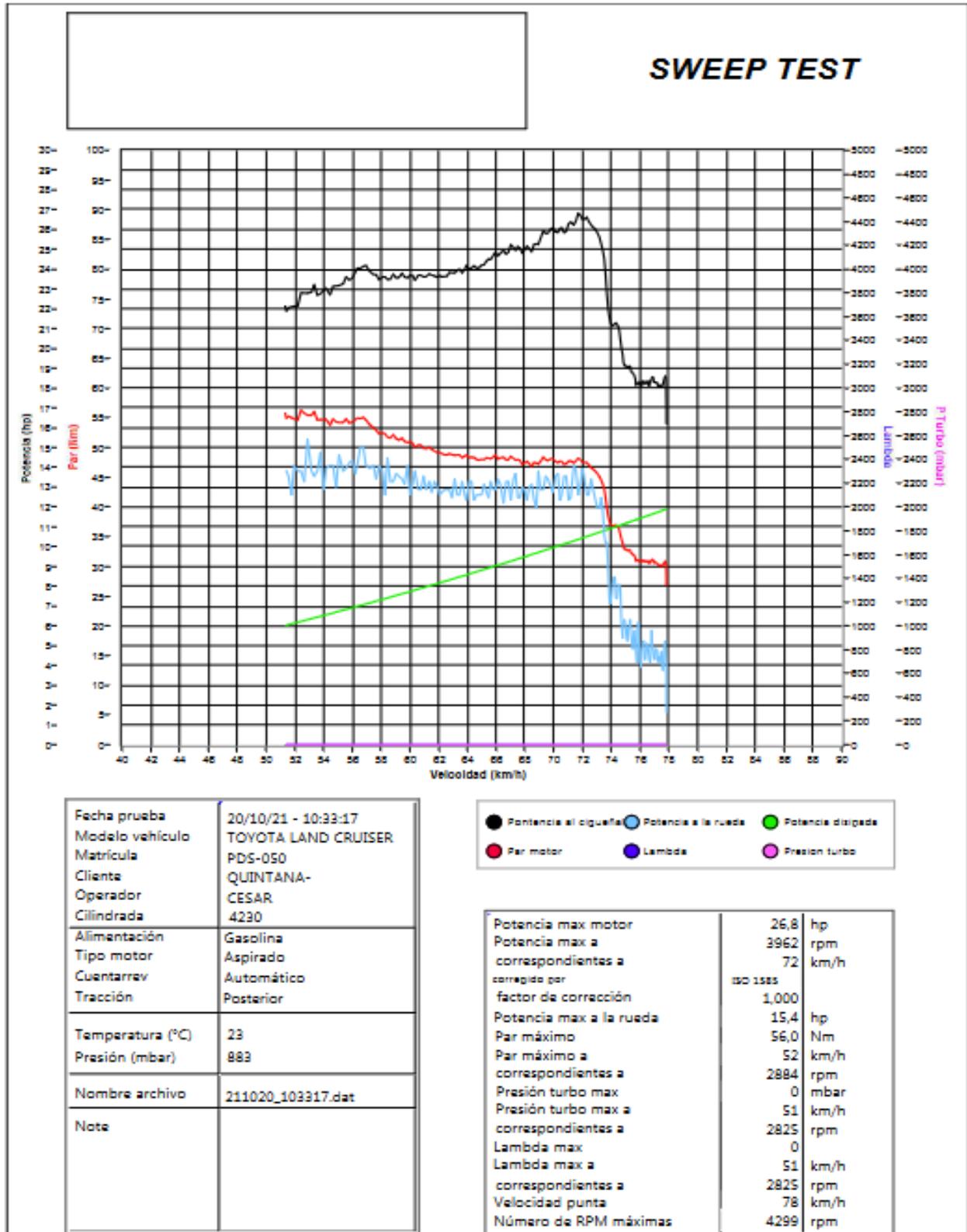


Figura AIV.2 Prueba 2

ANEXO V. Resultados dinamométricos utilizando combustible con aditivo

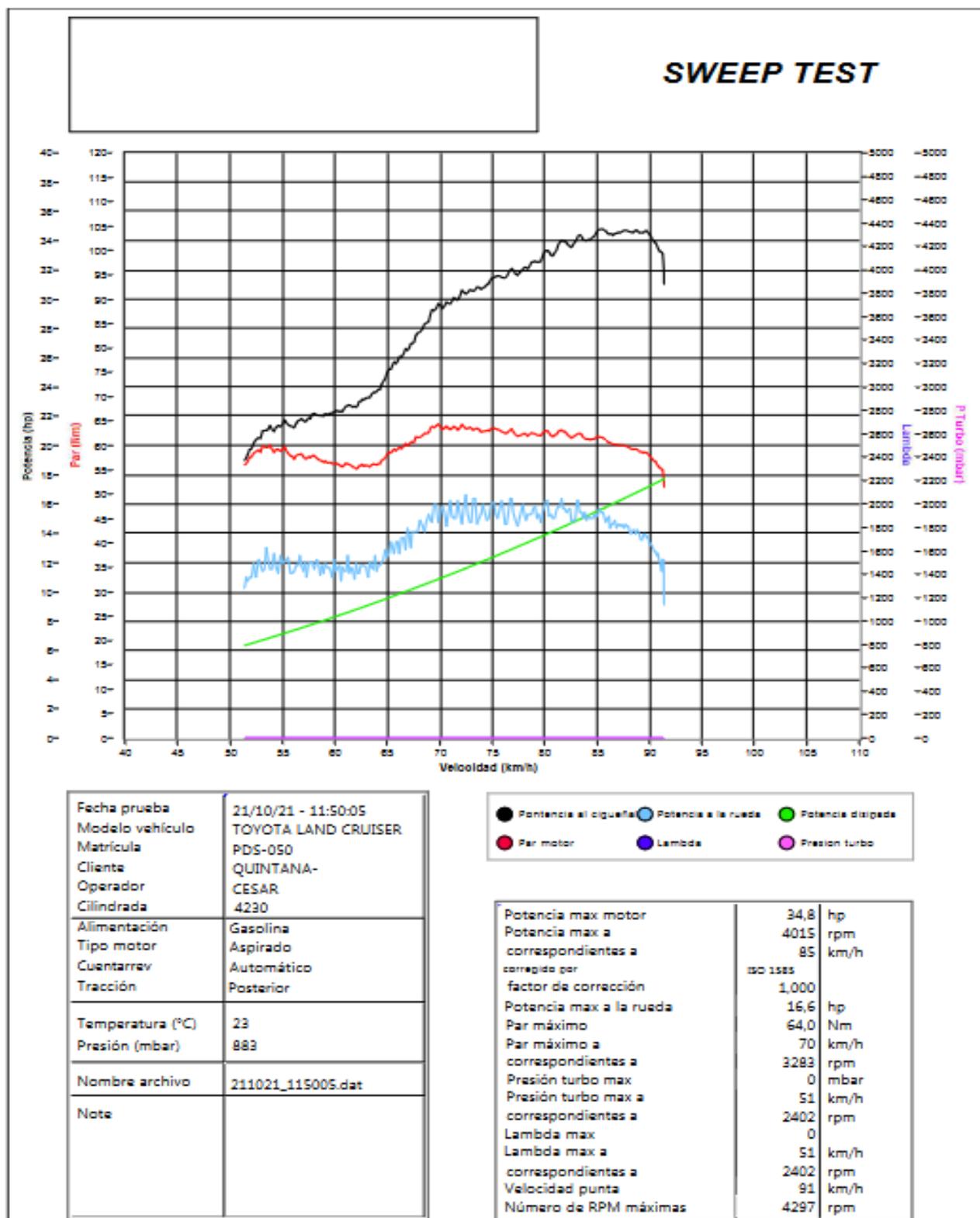


Figura AV.1 Prueba 1

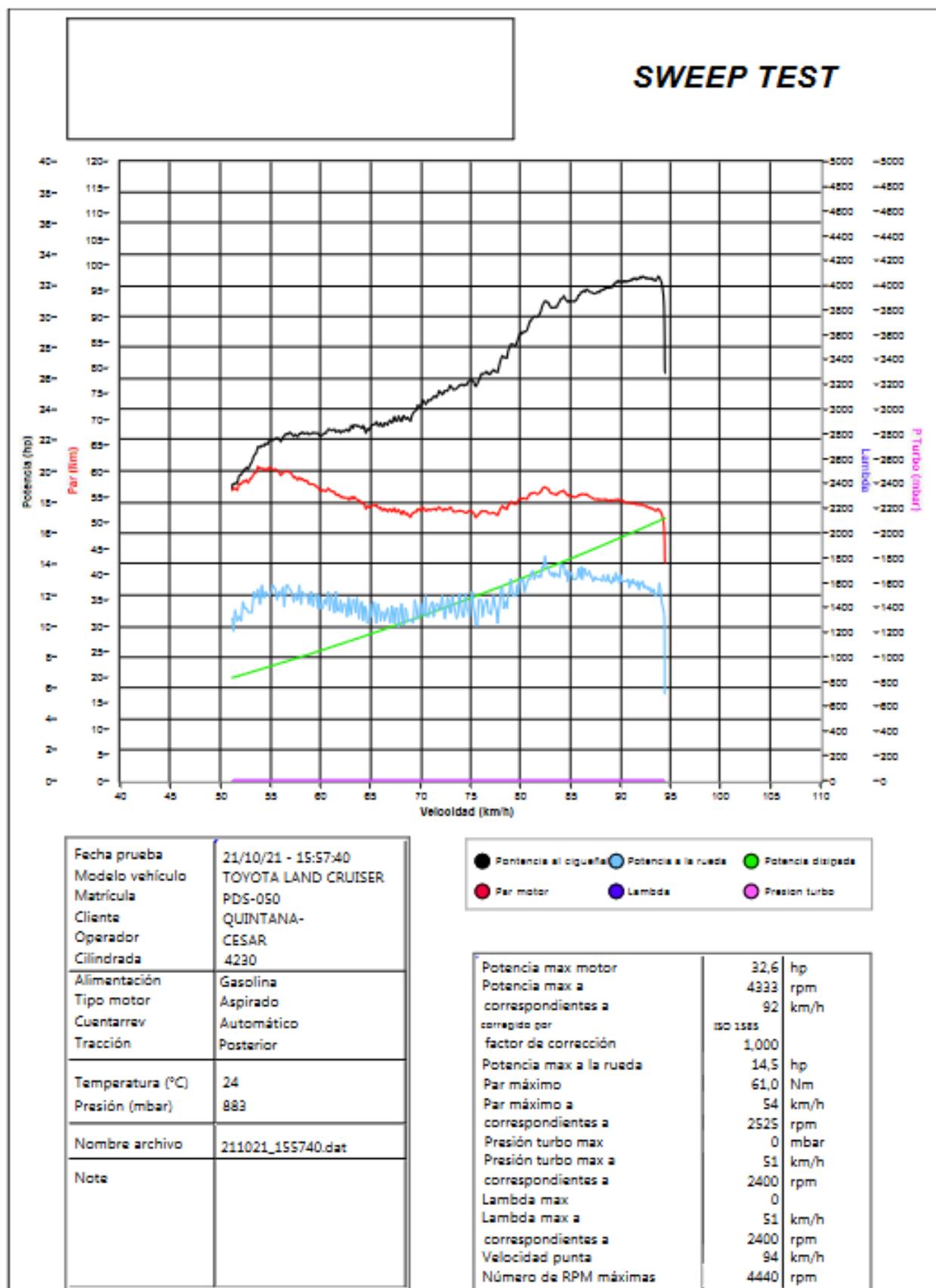


Figura AV.2 Prueba 2

ANEXO VI. Resultados dinamométricos utilizando mezcla E20

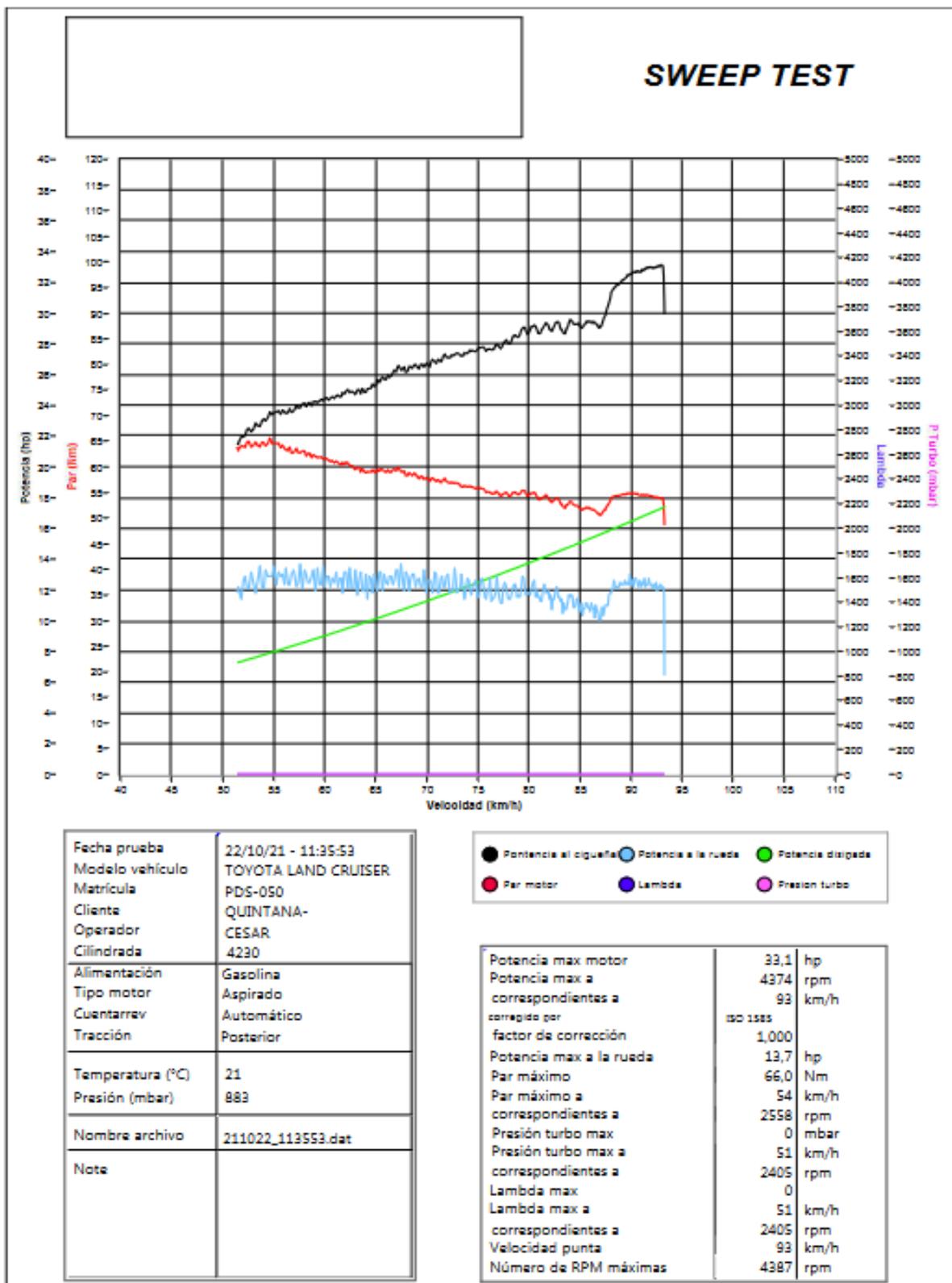


Figura AVI.1 Prueba 1

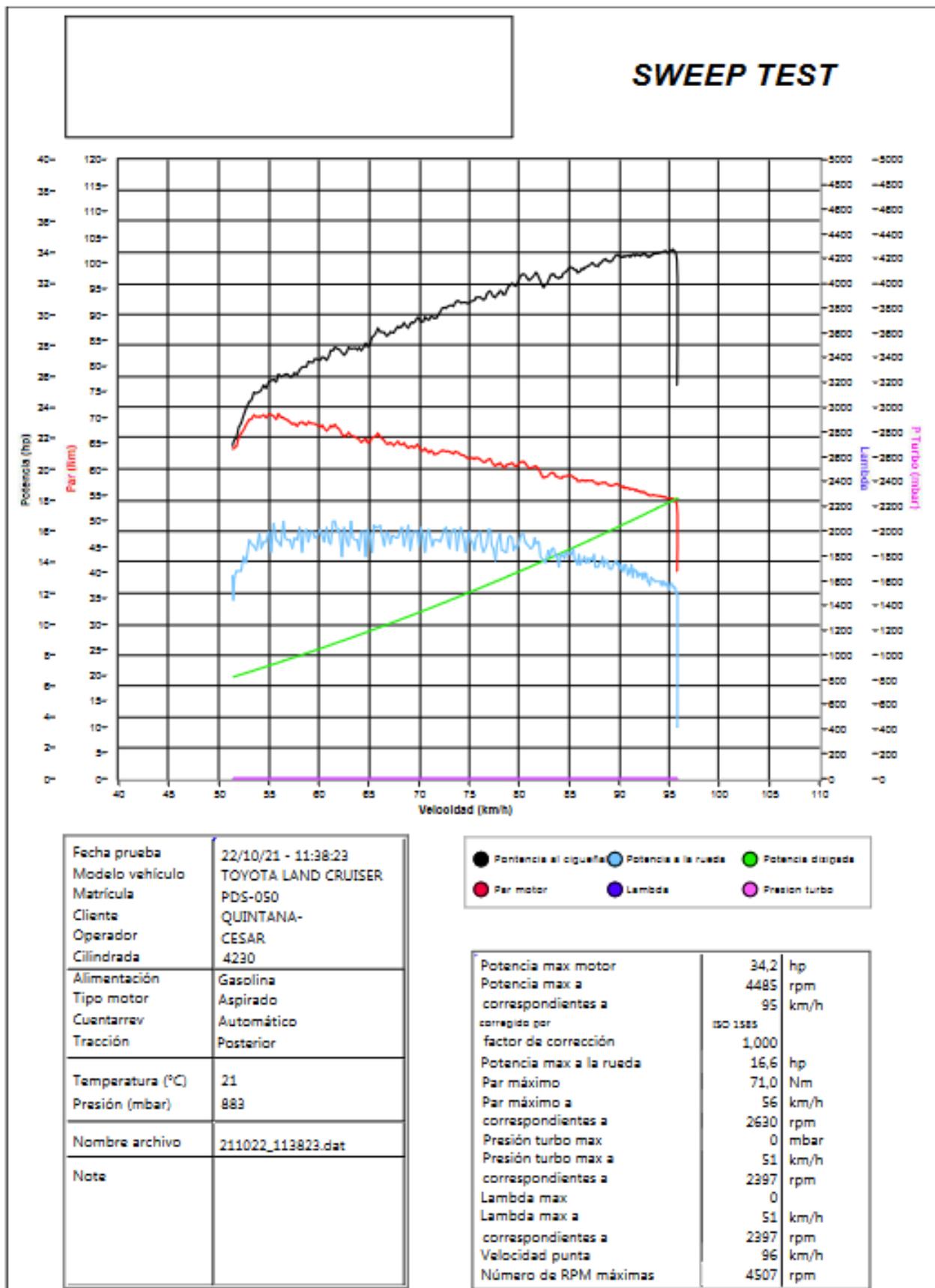


Figura AVI.2 Prueba 2