



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA
Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL
ENERGÉTICO Y MECÁNICO DEL MOTOR MAZDA F2 AL
UTILIZAR LOS TIPOS DE GASOLINA COMERCIAL
EMPLEADOS EN EL ECUADOR**

**AUTORES: ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI
EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG**

TUTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ

LATACUNGA

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación **“DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y MECÁNICO DEL MOTOR MAZDA F2 AL UTILIZAR LOS TIPOS DE GASOLINA COMERCIAL EMPLEADOS EN EL ECUADOR”** realizado por los señores **ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI Y EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI Y EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG** para que lo sustenten públicamente.

Ing. LEONIDAS QUIROZ

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI**, con cédula de ciudadanía N° 0503590309, y **EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG**, con cédula de ciudadanía N° 1719694919, declaramos que este trabajo de titulación “**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y MECÁNICO DEL MOTOR MAZDA F2 AL UTILIZAR LOS TIPOS DE GASOLINA COMERCIAL EMPLEADOS EN EL ECUADOR**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Seguidamente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI

C.C.: 0503590309

EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG

C.C.: 1719694919



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI Y EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y MECÁNICO DEL MOTOR MAZDA F2 AL UTILIZAR LOS TIPOS DE GASOLINA COMERCIAL EMPLEADOS EN EL ECUADOR**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI

C.C.: 0503590309

EDWIN XAVIER GUALLICHICO SUNTASIG

C.C.: 1719694919

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi madre Lourdes quien siempre estuvo apoyándome en cada etapa de mi vida, por su sacrificio y confianza pese a todos los problemas y fracasos que se presentaron a lo largo de mi vida.

A mis abuelos quienes fueron pilar fundamental en mi educación y me formaron como persona de bien y siempre estuvieron apoyándome y guiándome cuando lo necesitaba.

Xavier G.

DEDICATORIA

A Dios por haber dado la vida y la salud para llegar a este gran sueño, además por darme la fortaleza de eludir los prejuicios que existen en el mundo, por último agradecer porque a pesar las vicisitudes que se presentaron en este trayecto estuvo siempre conmigo dándome la fuerza necesaria para lograr lo que me propongo.

A mis padres que siempre han estado conmigo apoyándome en este proyecto de vida y nunca dudando de mis capacidades, además por siempre inculcarme el respeto y los valores para ser mejor persona.

A mis hermanos, que son pilares fundamentales para mi vida ya que ellos son mi ejemplo a seguir.

A mi abuelita que siempre a pesar de su edad me dio los consejos de seguir adelante y no dejarme caer.

Adriana Q.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por todo el apoyo brindado, lo cual me permitieron culminar mis estudios universitarios con éxito.

A mi hermana quien a pesar de la distancia siempre conté con su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mis abuelos quienes estuvieron siempre pendientes de mí, durante mi estadía en la ciudad de Latacunga.

A mis compañeros quienes me brindaron su apoyo y consejos en los momentos difíciles que vivimos como estudiantes a lo largo de la carrera.

A mi compañera de tesis quien con su apoyo y conocimiento nos permitió realizar nuestro tema de investigación de manera rápida y eficaz pudiendo así afrontar cada obstáculo que se nos presentó durante la culminación de la misma.

Xavier G.

AGRADECIMIENTO

A Dios por llenarme de bendiciones, a Mamá Virgen por cubrirme con su manto y darme fuerzas para mis momentos duros que he tenido en mi vida.

A mi padre Víctor Quimbita, que me dio sus palabras perfectas para seguir este sueño, que sin importar lo que diga la sociedad siempre hay que plasmar las metas que se propone.

A mi mami Alicia Panchi, que con su amor me inculcó a ser la persona que soy, y que siempre hay que seguir adelante a pesar de los errores que cometemos.

A mis hermanos Víctor, Roberto y Esteban que me dieron su apoyo en las buenas y en las malas, y que a pesar de ser la única hermana siempre estuvieron ahí para darme algún consejo, los adoro.

A una personita muy inocente, que es mi sobrino Martín quién me enseñó que a creer en qué; un obstáculo no es para quedarse estancado, al contrario hay que seguir adelante por lo que se quiere y ama.

A una persona muy especial que llegó a mi vida, para darme su amor incondicional, apoyarme en todo momento y siempre dándome fuerzas para no decaer, infinitas gracias.

A mis compañeros que siempre me dieron su amistad sincera, gracias por el apoyo tanto emocional como en los deberes, siempre les recordaré.

A mi compañero de proyecto, que siempre estuvo ahí echándome porras para poder culminar tan grande anhelo y compartirme sus conocimientos.

A grandes profesores que se convirtieron en amigos, agradecerles por esa amistad que se formó e impartir sus conocimientos.

Adriana Q.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxi
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii

CAPÍTULO I

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y MECÁNICO DEL MOTOR MAZDA F2 AL UTILIZAR LOS TIPOS DE GASOLINA COMERCIAL EMPLEADOS EN EL ECUADOR.....	1
1. MARCO DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Descripción resumida del proyecto	5
1.4. Justificación e importancia	7
1.4.1. Interés de la investigación	7
1.4.2. Utilidad teórica.....	8
1.4.3. Utilidad práctica	8
1.4.4. Utilidad metodológica	8
1.4.5. Factibilidad	9
1.5. Objetivos	9
1.5.1. Objetivo General	9
1.5.2. Objetivos Específicos	10
1.6. Metas.....	10

1.7.	Hipótesis.....	11
1.8.	Variables de investigación.....	11
1.9.	Operacionalización de variables.....	12

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	14
2.1.	Combustible	14
2.1.1.	Características de los combustibles	14
2.1.2.	Obtención del combustible	18
2.1.3.	Consideraciones.....	19
2.1.4.	Aditivos.....	19
2.2.	Estaciones de servicio en el Ecuador.....	20
2.2.1.	PETROECUADOR	20
2.2.2.	PRIMAX.....	21
2.2.3.	TERPEL	21
2.2.4.	MASGAS.....	21
2.3.	Gasolinas en el Ecuador	22
2.3.1.	Gasolina Extra.....	22
2.3.2.	Gasolina Súper.....	24
2.3.3.	Gasolina ECOPAÍS	25
2.4.	Poder calorífico	27
2.4.1.	Poder calorífico superior.....	27
2.4.2.	Poder calorífico inferior.....	28
2.4.3.	Determinación del poder calorífico	28
2.4.4.	Bomba calorimétrica.....	29
2.4.5.	Obtención del poder calorífico inferior	32
2.5.	Índice de octano	32
2.6.	Parámetros característicos del M.C.I	33
2.6.1.	Torque o par motor.....	34
2.6.2.	Potencia	35
2.6.3.	Consumo específico de combustible	37
2.7.	Rendimientos del M.C.I	37
2.7.1.	Rendimiento mecánico	38

2.7.2. Rendimiento térmico.....	38
2.7.3. Rendimiento indicado.....	40
2.7.4. Rendimiento efectivo.....	40
2.7.5. Rendimiento volumétrico.....	41
2.8. Definición de parámetros empleados en cálculos matemáticos.....	42
2.9. Emisiones contaminantes de los MCI.....	43
2.9.1. Propiedades de los componentes de los gases de escape.....	44
2.9.2. Analizador de gases de escape.....	46
2.10. Calibración del analizador de gases.....	48
2.11. Dinamómetro de rodillos.....	49

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LAS GASOLINAS COMERCIALES.....	51
3.1. Metodología de desarrollo de la investigación.....	51
3.1.1. Métodos y técnicas empleados para la investigación.....	51
3.2. Camioneta Mazda B-2200.....	54
3.2.1. Mantenimiento del vehículo.....	55
3.3. Pruebas con la bomba calorimétrica adiabática.....	56
3.3.1. Obtención del poder calorífico de las gasolinas.....	56
3.3.2. Proceso de estandarización del equipo.....	64
3.4. Densidad de las gasolinas.....	64
3.5. Pruebas de potencia y torque.....	65
3.5.1. Consideraciones para las pruebas de torque y potencia.....	65
3.6. Consumo de combustible.....	73
3.6.1. Equipo de medición.....	74
3.6.2. Consideraciones de la prueba.....	74
3.6.3. Circuito establecido.....	75
3.7. Análisis de emisiones de gases contaminantes.....	76
3.7.1. Instrumento de medición de gases de escape.....	76
3.7.2. Ficha técnica del analizador de gases CARTEK.....	76
3.7.3. Calibración del analizador de gases CARTEK.....	77
3.8. Pruebas de índice de octano de las gasolinas comerciales.....	80

3.8.1. Equipo de obtención del índice de octano.....	81
3.8.2. Consideraciones para las pruebas en el octanómetro	82

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
4.1. Poder calorífico	83
4.1.1. Cálculo de datos y tabulación.....	84
4.1.2. Análisis de resultados del poder calorífico	86
4.1.3. Variación de PCS y PCI entre gasolinas	100
4.2. Densidad de las gasolinas comerciales	102
4.3. Índice de octano	103
4.3.1. Tabulación de datos	104
4.3.2. Análisis de resultados.....	104
4.4. Análisis de consumo de combustible	105
4.5. Análisis del gasto específico de combustible de las gasolinas.....	108
4.6. Análisis de curvas de rendimiento.....	110
4.6.1. Potencia	110
4.6.2. Variación porcentual de potencia entre gasolinas	121
4.6.3. Torque.....	122
4.6.4. Comparación del torque y potencia de las gasolinas	133
4.6.5. Comparación de las variaciones de potencia y torque	137
4.7. Emisiones de gases de escape.....	141
4.7.1. Tabulación de datos	141
4.7.2. Análisis de las figuras comparativas de emisiones de gases con respecto a la norma NTE INEN 2204:2002	143
4.8. Pruebas a Ralentí.....	143
4.9. Pruebas a velocidad Crucero	153
4.9.1. Tabulación de datos	161
4.9.2. Análisis de las figuras comparativas de emisiones de gases con respecto a las estaciones de servicio.....	163
4.9.3. Tabulación de datos concentraciones máximas y mínimas de potencia, torque, consumo de combustible, consumo específico de combustible y emisiones contaminantes de las gasolineras	169

4.9.4. Análisis de las figuras comparativas de las concentraciones mínimas y máximas de las emisiones de gases.....	172
4.10. Datos del motor	178
4.11. Cálculos para los parámetros del motor	179
4.12. Cálculo del ciclo termodinámico del motor Otto (Mazda F2)	180
4.13. Cálculo de potencia y torque indicado.....	181
4.14. Cálculo de rendimientos	182

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO	183
5.1. Recursos	183
5.1.1. Recursos humanos	183
5.1.2. Recursos tecnológicos	183
5.1.3. Recursos materiales.....	184
5.2. Presupuesto	185

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	186
6.1. CONCLUSIONES.....	186
6.2. RECOMENDACIONES	192

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	194
NETGRAFÍA.....	196
NORMAS	199
ANEXOS.....	200

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de la variable independiente.....	12
Tabla 2	Operacionalización de la variable dependiente.....	13
Tabla 3	Requisitos de la gasolina extra	22
Tabla 4	Propiedades físico-químicas de la gasolina extra	23
Tabla 5	Requisitos para la gasolina súper	24
Tabla 6	Propiedades físico-químicas de la gasolina súper	24
Tabla 7	PCS y PCI de la gasolina.....	27
Tabla 8	Gases contaminantes	43
Tabla 9	Límites de emisiones permitidos para motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).....	47
Tabla 10	Estaciones de servicio	52
Tabla 11	Ficha técnica del vehículo.....	54
Tabla 12	Ficha técnica analizador de gases CARTEK	76
Tabla 13	Parámetros para el cálculo del PCS	84
Tabla 14	Temperaturas y variación, de las gasolinas	84
Tabla 15	Parámetros para los cálculos del PCI	85
Tabla 16	Poder calorífico superior e inferior	86
Tabla 17	Variación porcentual del PCS	87
Tabla 18	Variación porcentual del PCI.....	89
Tabla 19	Variación de PCS y PCI.....	100
Tabla 20	Densidades de las gasolinas	102
Tabla 21	Informe de laboratorio ensayo de índice de octano ARCH	103
Tabla 22	Índice de octano de las gasolinas comerciales	104
Tabla 23	Parámetros para el cálculo del consumo de combustible	105
Tabla 24	Consumo de combustible a diferentes velocidades	106
Tabla 25	Parámetros para cálculo de del gasto específico de combustible.....	108
Tabla 26	Gasto específico de combustible a diferentes velocidades.....	108
Tabla 27	Pruebas y promedio de la potencia en el vehículo.....	110
Tabla 28	Variación porcentual de potencia del motor F2.....	121
Tabla 29	Datos de las pruebas y promedio del torque en el vehículo.....	122

Tabla 30	Variaciones de potencia y torque de las gasolinas	138
Tabla 31	Emisiones gasolina Súper.....	141
Tabla 32	Emisiones gasolina Extra	142
Tabla 33	Emisiones gasolina ECOPAÍS	142
Tabla 34	Emisiones mezclas de gasolinas al 50%	143
Tabla 35	Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 1	161
Tabla 36	Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 2	162
Tabla 37	Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 3	162
Tabla 38	Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 4	162
Tabla 39	Valores máx. y mín. de PC, potencia, torque y consumos de las gasolinas	169
Tabla 40	Valores máx. y mín. de PC, potencia, torque y consumos de las mezclas	170
Tabla 41	Concentraciones (máx.) y (mín.) de gases prueba a ralentí	170
Tabla 42	Concentraciones (máx.) y (mín.) de gases prueba crucero	171
Tabla 43	Datos del motor.....	178
Tabla 44	Parámetros para interpolación de datos	179
Tabla 45	Parámetros del ambiente	179
Tabla 46	Parámetros para cálculos de ciclo termodinámico	180
Tabla 47	Cálculo del ciclo Otto del motor Mazda F2.....	180
Tabla 48	Cálculo de potencia, presiones y torque	181
Tabla 49	Cálculo para rendimientos del motor.....	182
Tabla 50	Presupuesto.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Planteamiento del problema	4
Figura 2.	ECOPAÍS a nivel nacional	25
Figura 3.	Economía de la gasolina ECOPAÍS.....	26
Figura 4.	Calorímetro adiabático Gallenkamp.....	29
Figura 5.	Comportamiento en el interior de la bomba calorimétrica	31
Figura 6.	Bomba calorimétrica adiabática	31
Figura 7.	Curvas características del motor (potencia, torque, consumo)	34
Figura 8.	Curva de par motor o torque	35
Figura 9.	Curva del par motor entre la relación de par y velocidad.....	36
Figura 10.	Curvas del η_c en función de la relación de compresión.....	39
Figura 11.	Conexión vehículo y analizador de gases CARTEK	47
Figura 12.	Calibración de gas de baja	48
Figura 13.	Calibración exitosa.....	49
Figura 14.	Dinamómetro de rodillos	50
Figura 15.	Mantenimiento mecánico del vehículo	55
Figura 16.	Diagrama de flujo obtención del poder calorífico	57
Figura 17.	Crisol de la bomba de oxígeno	58
Figura 18.	Ensamblaje de la bomba de oxígeno	58
Figura 19.	Conexión de la cañería de llenado de oxígeno	59
Figura 20.	Luz de comprobación, contacto alambre - electrodo	59
Figura 21.	Marcación de la temperatura del agua en el termómetro.....	60
Figura 22.	Guías de fijación de la cubeta.....	60
Figura 23.	Asegurar la bomba de oxígeno a la cubeta	61
Figura 24.	Sellado de la bomba calorimétrica	61
Figura 25.	Interruptor de encendido de la bomba calorimétrica	62
Figura 26.	Interruptor (Fire).....	62
Figura 27.	Variación de temperatura en el termómetro.....	62
Figura 28.	Válvula de alivio	63
Figura 29.	Desenroscado tapa de la bomba de oxígeno	63
Figura 30.	Pastilla de ácido benzoico	64
Figura 31.	Diagrama de flujo obtención de la densidad de las gasolinas .	64
Figura 32.	Configuración interfaz del dinamómetro de rodillos	65

Figura 33.	Opción para agregar un nuevo cliente	66
Figura 34.	Opciones de configuración del banco de potencia	66
Figura 35.	Opciones de configuración general.....	67
Figura 36.	Opción configuración diámetro del banco de rodillos	67
Figura 37.	Ventana de configuración de rpm interfaz motor	68
Figura 38.	Ícono nueva tirada	68
Figura 39.	Pantalla de la interfaz del banco de potencia	68
Figura 40.	Opciones de configuración para una nueva tirada.....	69
Figura 41.	Calibración de las RPM entre el motor y el rodillo	69
Figura 42.	Engrasada de rodillos	70
Figura 43.	Temperatura del depósito de agua	70
Figura 44.	Sensor de rpm y placa de censo.....	70
Figura 45.	Interfaz y computador	71
Figura 46.	Diagrama de proceso curvas de potencia y torque.....	73
Figura 47.	Aplicación para Android Speedometer.....	74
Figura 48.	Circuito para la evaluación de consumo de combustible	75
Figura 49.	Diagrama de flujo para la medición los gases de escape	80
Figura 50.	Octanómetro	81
Figura 51.	Consideraciones para el ensayo RON.....	82
Figura 52.	PCS de las cuatro estaciones de servicio.....	87
Figura 53.	PCI de las cuatro estaciones de servicio	88
Figura 54.	PCS y PCI de la gasolina SÚPER	90
Figura 55.	Variación porcentual PC de gasolina SÚPER.....	91
Figura 56.	PCS y PCI de la gasolina EXTRA.....	91
Figura 57.	Variación porcentual PC de gasolina EXTRA	92
Figura 58.	PCS y PCI de la gasolina ECOPAÍS.....	93
Figura 59.	Variación porcentual PC de gasolina ECOPAÍS	93
Figura 60.	PCS y PCI de las mezclas al 50%	94
Figura 61.	Variación porcentual PC de gasolina MEZCLAS AL 50%.....	95
Figura 62.	PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 1	95
Figura 63.	Variación porcentual PC de gasolinera ESTACIÓN 1.....	96
Figura 64.	PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 2	97
Figura 65.	Variación porcentual de PC de gasolinera ESTACIÓN 2.....	97
Figura 66.	PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 3.....	98

Figura 67.	Variación porcentual de PC de gasolinera ESTACIÓN 3.....	99
Figura 68.	PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 4.....	99
Figura 69.	Variación porcentual de PC de gasolinera ESTACIÓN 4.....	100
Figura 70.	Variación porcentual del PCS en las gasolinas	101
Figura 71.	Variación porcentual del PCI en las gasolinas.....	102
Figura 72.	Índice de octano.....	105
Figura 73.	Consumo de combustible a velocidad de 86,6 [Km/h]	107
Figura 74.	Consumo de combustible a velocidad de [52,27 Km/h]	107
Figura 75.	Gasto específico de combustible a velocidad de 86,6 [Km/h]	109
Figura 76.	Gasto específico de combustible a velocidad [52,27 Km/h]...	110
Figura 77.	Potencia del motor con gasolina SÚPER.....	111
Figura 78.	Variación porcentual de potencia gasolina SÚPER	112
Figura 79.	Potencia del motor con gasolina EXTRA	113
Figura 80.	Variación porcentual de potencia gasolina EXTRA	113
Figura 81.	Potencia del motor con gasolina ECOPAÍS	114
Figura 82.	Variación porcentual de potencia gasolina ECOPAÍS.....	114
Figura 83.	Potencia del motor con mezcla entre gasolinas al 50%.....	115
Figura 84.	Variación porcentual de potencia de MEZCLAS AL 50%	116
Figura 85.	Potencia del motor F2, ESTACIÓN 1.....	116
Figura 86.	Variación porcentual potencia, ESTACIÓN 1	117
Figura 87.	Potencia del motor F2, ESTACIÓN 2.....	118
Figura 88.	Variación porcentual de potencia, ESTACIÓN 2	118
Figura 89.	Potencia del motor F2, ESTACIÓN 3.....	119
Figura 90.	Variación porcentual de potencia, ESTACIÓN 3	119
Figura 91.	Potencia del motor F2, ESTACIÓN 4.....	120
Figura 92.	Variación porcentual de potencia, ESTACIÓN 4	120
Figura 93.	Variación porcentual de potencia entre gasolinas	121
Figura 94.	Torque del motor con gasolina SÚPER	123
Figura 95.	Variación porcentual de torque gasolina SÚPER	123
Figura 96.	Torque del motor con gasolina EXTRA.....	124
Figura 97.	Variación porcentual de torque gasolina.....	124
Figura 98.	Torque del motor con gasolina ECOPAÍS.....	125
Figura 99.	Variación porcentual de torque gasolina ECOPAÍS.....	126
Figura 100.	Torque del motor con mezcla entre gasolinas al 50%	126

Figura 101. Variación porcentual de torque MEZCLAS AL 50%.....	127
Figura 102. Torque del motor de ESTACIÓN 1	128
Figura 103. Variación porcentual de torque ESTACIÓN 1	129
Figura 104. Torque del motor de gasolinera ESTACIÓN 2.....	129
Figura 105. Variación porcentual de torque ESTACIÓN 2.....	130
Figura 106. Torque del motor de gasolinera ESTACIÓN 3.....	131
Figura 107. Variación porcentual de torque ESTACIÓN 3.....	131
Figura 108. Torque del motor de gasolinera ESTACIÓN 4.....	132
Figura 109. Variación porcentual de torque de ESTACIÓN 4	132
Figura 110. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 1	133
Figura 111. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 2.....	134
Figura 112. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 3.....	135
Figura 113. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 4.....	136
Figura 114. Potencia y Torque con mezclas entre gasolinas al 50%.....	137
Figura 115. Variación de los valores de Potencia de las gasolinas	139
Figura 116. Variación de los valores de Torque en las gasolinas	140
Figura 117. Resultados de HC de la gasolina SÚPER a ralentí.....	144
Figura 118. Resultados de CO [%] con la gasolina SÚPER	144
Figura 119. Resultados de CO ₂ de la gasolina SÚPER	145
Figura 120. Resultados de O ₂ de la gasolina SÚPER	145
Figura 121. Resultados de HC con la gasolina EXTRA	146
Figura 122. Resultados de CO con la gasolina EXTRA.....	147
Figura 123. Resultados de CO ₂ de la gasolina EXTRA	147
Figura 124. Resultados de O ₂ de la gasolina EXTRA.....	148
Figura 125. Resultado de HC de la gasolina ECOPAÍS.....	148
Figura 126. Resultado de emisiones de CO con gasolina ECOPAÍS	149
Figura 127. Resultados de CO ₂ de la gasolina ECOPAÍS	149
Figura 128. Resultados de O ₂ de la gasolina ECOPAÍS	150
Figura 129. Resultados de HC de la mezcla de gasolinas al 50%.....	151
Figura 130. Resultados de CO de la mezcla al 50% de gasolinas.....	151
Figura 131. Resultado de CO ₂ en la mezcla al 50% de las gasolinas	152
Figura 132. Resultados de O ₂ con las mezclas de gasolinas al 50%	152
Figura 133. Resultado de emisiones de HC prueba crucero	153
Figura 134. Resultados de CO a velocidad crucero.....	154

Figura 135. Resultados de CO ₂ prueba crucero	154
Figura 136. Resultados de O ₂ prueba crucero.....	155
Figura 137. Resultados de HC prueba crucero.....	155
Figura 138. Resultados de CO prueba crucero	156
Figura 139. Resultados de CO ₂ prueba crucero	156
Figura 140. Resultados de O ₂ prueba crucero.....	157
Figura 141. Resultado de HC prueba crucero	157
Figura 142. Resultados de CO prueba crucero	158
Figura 143. Resultados de CO ₂ prueba crucero	158
Figura 144. Resultados O ₂ prueba crucero.....	159
Figura 145. Resultados HC mezclas prueba crucero.....	159
Figura 146. Resultados de CO mezclas prueba crucero	160
Figura 147. Resultados CO ₂ mezclas prueba crucero	160
Figura 148. Resultados de O ₂ mezclas prueba crucero.....	161
Figura 149. Emisiones de gasolinas de la ESTACIÓN 1	163
Figura 150. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 2.....	164
Figura 151. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 3.....	165
Figura 152. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 4.....	165
Figura 153. Emisión de gases de la ESTACIÓN 1.....	166
Figura 154. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 2.....	167
Figura 155. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 3.....	167
Figura 156. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 4.....	168
Figura 157. Emisiones (mín.) de gases de las estaciones de servicio.....	172
Figura 158. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio	173
Figura 159. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio	173
Figura 160. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio	174
Figura 161. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio	174
Figura 162. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio	175
Figura 163. Emisiones mínimas de gases estaciones de servicio	175
Figura 164. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio	176
Figura 165. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio	176
Figura 166. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio	177
Figura 167. Emisiones (máx.) de gases de las estaciones de servicio	177
Figura 168. Emisiones máximas de gases estaciones de servicio	178

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de la obtención de la densidad.....	16
Ecuación 2. Obtención del poder calorífico.....	32
Ecuación 3. Cálculo del Par Motor.....	35
Ecuación 4. Cálculo de potencia con velocidad angular	36
Ecuación 5. Consumo específico de combustible.....	37
Ecuación 6. Rendimiento mecánico.....	38
Ecuación 7. Rendimiento térmico	39
Ecuación 8. Rendimiento indicado.....	40
Ecuación 9. Rendimiento efectivo.....	40
Ecuación 10. Rendimiento volumétrico.....	41
Ecuación 11. Cilindrada unitaria	42
Ecuación 12. Carrera del pistón.....	42
Ecuación 13. Velocidad angular del cigüeñal	42
Ecuación 14. Relación de compresión.....	43

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se efectuó el análisis del potencial energético de las gasolinas comercializadas en el Ecuador en el motor Mazda F2, mediante ensayos de laboratorio para obtener propiedades físico-químicas de las gasolinas; densidad, índice del número de octano (según Reporte Nro.: 209-2016 de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH)) y poder calorífico inferior. Se desarrolló pruebas de desempeño del potencial mecánico del motor F2 para determinar variaciones de los parámetros característicos potencia, torque, consumo volumétrico de combustible y emisiones utilizando como carburante los tres tipos de gasolinas; mediante un dinamómetro de rodillos MOTORROLL POWER TEST y analizador de gases CARTEK. Los datos obtenidos de estas pruebas fueron comparados para validar el potencial energético mediante figuras y tablas de desempeño. De los ensayos muestra que las propiedades químicas de las gasolinas, como el P.C.S. (Poder Calorífico Superior) disminuye, mientras que el P.C.I (Poder calorífico inferior), tiene un incremento, el índice de octano de las tres gasolinas comerciales superan por un mínimo porcentaje los valores establecidos en la norma NTE INEN 2 103:98. Además se evidenció incrementos de potencia y consumo de combustible; disminución en el torque y emisiones de gases contaminantes, en las pruebas bajo las mismas condiciones, a las que se sometió el motor F2 al suministrarlo con las gasolinas.

PALABRAS CLAVE:

- **PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR**
- **POTENCIAL ENERGÉTICO**
- **EMISIONES DE GASES**
- **GASOLINAS COMERCIALES**

ABSTRACT

The present titration work was carried out the analysis of the energy potential of the gasolines commercialized in Ecuador in the engine Mazda F2, by means of laboratory tests to obtain physical-chemical properties of the gasolines; Density, octane number index (according to Report No. 209-2016 of the Hydrocarbons Regulatory and Control Agency (ARCH)) and lower calorific value. Performance tests of the mechanical potential of the F2 engine were developed to determine variations of the characteristic parameters power, torque, fuel consumption and emissions using as fuel the three types of gasolines; Using a MOTORROLL POWER TEST roller dynamometer and CARTEK gas analyzer. The data obtained from these tests were compared to validate the energy potential through graphs and performance tables. The tests show that the chemical properties of the gasolines, such as P.C.S. (High Calorific Power) decreases, while the P.C.I (Lower calorific value), has an increase, the octane number of the three commercial gasolines exceed by a minimum percentage the values established in the norm NTE INEN 2 103: 98. In addition it was evidenced increases of power and consumption of fuel; Decrease in torque and emissions of gaseous pollutants in tests under the same conditions to which the F2 engine was subjected when supplied with the gasolines.

KEYWORD:

- **ENGINE CHARACTERISTIC PARAMETERS**
- **ENERGY POTENTIAL**
- **GAS EMISSION**
- **COMMERCIAL GASOLINES**

CAPÍTULO I

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO Y MECÁNICO DEL MOTOR MAZDA F2 AL UTILIZAR LOS TIPOS DE GASOLINA COMERCIAL EMPLEADOS EN EL ECUADOR

Tras el decreto N° 675, que dispone realizar gradualmente la sustitución de la gasolina EXTRA por la ECOPAÍS, por parte del estado ecuatoriano, para incentivar la producción de un biocombustible, combinado en un 5% de bioetanol, proveniente de la caña de azúcar, y en un 95% de gasolina base (EXTRA); ha originado el estudio del potencial energético que presentan las gasolinas comerciales en el motor, en comparación a la nueva gasolina ECOPAÍS que a partir del año 2017 reemplazará en su totalidad a la gasolina EXTRA. Por tal motivo, se realizó pruebas del desempeño del motor al suministrarlo con cada una de estas gasolinas que permitió verificar variaciones de los parámetros característicos del motor (torque, potencia y consumo de combustible), además de sus niveles de emisiones de gases contaminantes en relación a las gasolinas que actualmente se comercializan en las estaciones de servicio.

1. MARCO DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

Uno de los impactos que el uso de combustibles fósiles ha producido sobre el medio ambiente terrestre ha sido el incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera. Las gasolinas (líquido volátil e inflamable) que contienen en sus moléculas 4 a 10 carbonos (C_4 y C_{10} respectivamente) son los primeros combustibles líquidos que se obtienen del refinamiento del petróleo, que al ser utilizados en los motores de combustión interna, son la fuente de mayor contaminación ambiental y generadores principales de Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NOx),

Compuestos orgánicos volátiles (COV), gases responsables del efecto invernadero (CO₂ y metano).

Una solución real que se ha dado de a poco en países desarrollados ha sido el uso de etanol mezclado con gasolina en diversas proporciones. En el Ecuador, en la ciudad de Guayaquil fue implementado el proyecto denominado "PLAN PILOTO ECOPAÍS", plan que arrancó en el 2010 en algunas gasolineras de la ciudad de Guayaquil, pero en el 2014 comenzó a distribuirse en las 115 gasolineras del Puerto Principal y, en el año 2015, se extendió a tres ciudades de la provincia del Guayas (Durán, Milagro y Yaguachi).

El siguiente paso es que el combustible, que tiene 87 octanos (igual que la gasolina extra), se comience a distribuir paulatinamente en todo el país, por lo que el miércoles 14 de mayo del 2015, mediante decreto ejecutivo N° 675 se oficializó esta medida. Este proyecto se lanzó el 12 de enero de 2011 y su objetivo es comercializar una mezcla de 95% gasolina extra y 5% de etanol anhidro obtenido de la caña de azúcar. (Tapia, 2015)

En la (REVISTA EXPRESO, 2014) se manifiesta que: En el Ecuador en enero del 2014, el consumo de gasolina extra llegó a 1,59 millones de barriles y de diésel fue de 2,82 millones de barriles, y junto con el gas licuado de petróleo con 1,02 millones de barriles, fueron los combustibles más demandados en el país. La gasolina extra que se utiliza para el transporte liviano, se produce al transformar las gasolinas de alto octanaje, materia prima importada con la que también se produce la gasolina súper. En enero se fabricaron 1,68 millones de barriles de gasolina extra, pero su precio de venta (US\$65,7 millones) es rebasado por el costo de importación de la gasolina (US\$144,7 millones).

En el ámbito legal del Ecuador se dispone de normas que regulan las emisiones permitidas por los vehículos, como:

La norma NTE INEN 2203:2000 establece el método de prueba para evaluar la concentración de emisiones de gases producida por los vehículos

livianos, producto de la combustión en marcha mínima o a ralentí cuyo combustible es la gasolina. Para lo cual el equipo de medición debe someterse a una calibración previa al uso, según las descripciones del fabricante; la sonda de prueba debe estar libre de partículas, suciedades o sustancias extrañas, que puedan alterar las lecturas en los ensayos.

La norma NTE INEN 2204:2002 decreta los límites máximos y mínimos permitidos en las emisiones producidas por vehículos automotores a gasolina de más de 3 ruedas en marcha mínima o ralentí (prueba estática). Esta norma no aplica a fuentes móviles que ocupen combustible diferente a la gasolina, o motores fijos, motores de tracción sobre riel, motores para aeronaves, tractores agrícolas, maquinarias, equipos de construcción y de aplicación industrial.

La norma NTE INEN 960:1984, reglamenta el método de ensayo para la evaluación del rendimiento del motor de combustión interna utilizado en los vehículos automotores, con el fin de construir curvas de potencia, consumo específico de combustible a carga completa como funciones de la velocidad del automotor, empleando el dinamómetro de rodillos. Esta norma se aplica a motores de combustión interna encendida por bujías, inyección de combustible y motores de émbolo rotativo, excluyendo motocicletas y tractores; todos estos pueden estar equipados con mecanismos de sobre carga mecánica o turbo alimentadores.

Esta norma NTE INEN 935:2010, regula los requerimientos que debe cumplir la gasolina comercial en el país, sean de producción nacional o extranjera para su utilización en motores de ciclo Otto. Dentro de esta norma establece que la gasolina debe ser traslúcida, exenta de agua, además no deben contener aditivos mejoradores de octanaje que contengan hierro, manganeso y plomo.

1.2. Planteamiento del problema

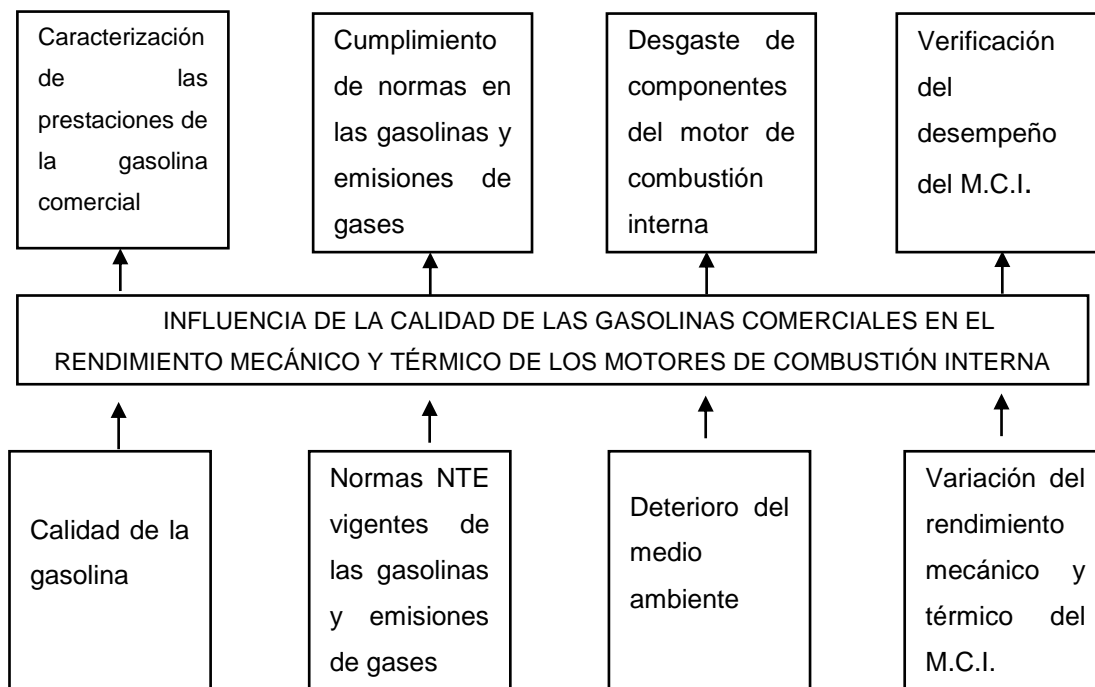


Figura 1. Planteamiento del problema

La influencia de la calidad de las gasolinas comerciales debido a sus propiedades físico-químicas, mejoran el desempeño mecánico y térmico de los motores de combustión interna a gasolina.

Por lo tanto, el problema es: la influencia de la calidad de las gasolinas comerciales en el rendimiento mecánico y térmico de los motores de combustión interna; siendo la altitud y condiciones climáticas, parámetros que influyen en sus propiedades. La reducción del índice de octanaje aumenta el riesgo de detonaciones prematuras conocidas como “cascabeleo” del motor ocasionando el deterioro prematuro del motor.

La variación de condiciones geográficas así como la aplicación de nuevos combustibles inciden en el rendimiento (torque, potencia, consumo volumétrico y emisiones de gases contaminantes) de los motores a combustión interna, el incumplimiento de la norma vigente (NTE INEN 2204:2002), acerca de límites de emisiones permitidos en vehículos a

gasolina contribuye al incremento constante del deterioro del medioambiente.

Dentro de los tipos de las gasolinas comerciales en el Ecuador; la SÚPER, posee mayores prestaciones para el desempeño mecánico y térmico del motor, siendo menores sus emisiones de gases, producto de la combustión, a comparación de la EXTRA. El alto precio de la gasolina SÚPER a comparación de la EXTRA, ha promovido la búsqueda de nuevas alternativas de biocombustibles que ayuden a la disminución de costos para el usuario y a la vez mantener las prestaciones; por ello en el país se lanzó el Plan piloto ECOPAÍS, que tiene como objetivo introducir un biocombustible compuesto de 5% de bioetanol (proveniente de la caña de azúcar) y un 95% de gasolina base (Extra); manteniendo el mismo índice de octanaje y precio de la extra.

1.3. Descripción resumida del proyecto

Se recopiló información tomando en cuenta su veracidad, considerando únicamente fuentes confiables como son: libros, tesis, artículos científicos, manuales, fichas técnicas, normas legales, ambientales y publicaciones gubernamentales.

Se realizó la actualización de la interfaz y calibración del dinamómetro de rodillos que se utilizó para las pruebas dinámicas en el motor Mazda F2.

Se efectuó pruebas de laboratorio para verificar el potencial energético que disponen los combustibles comerciales en el país, seleccionando 4 estaciones de servicios (PETROECUADOR, PRIMAX, TERPEL, MASGAS); y se hizo una comparación entre las características de cada combustible como el poder calorífico.

Se realizó mezclas del 50% entre los combustibles comerciales EXTRA-SUPER; ECOPAÍS-SUPER y EXTRA-ECOPAÍS, y se hizo las pruebas correspondientes.

Se efectuó pruebas experimentales de las densidades de cada gasolina y de mezclas al 50%.

Se obtuvo información certificada por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) sobre el octanaje que poseen las gasolinas comerciales empleadas a nivel nacional, regidas a las norma NTE INEN 2103.2013.

Se desarrolló mediciones para cada parámetro característico (torque, potencia, consumo volumétrico) del motor Mazda F2 con los diferentes tipos de combustibles comerciales, además de pruebas de emisiones de gases, mediante la utilización del dinamómetro de rodillos y el analizador de gases CARTEK en condición de marcha mínima o “ralentí” y crucero, de acuerdo a las normas NTE INEN 2203:2000 y NTE INEN 2204:2002 respectivamente; para cada prueba se tomó en cuenta la misma condición geográfica.

Se calcularon los parámetros térmicos y mecánicos, mediante datos técnicos detallados por el fabricante, para compararlos con los datos obtenidos en las pruebas realizadas al motor F2 de la camioneta MAZDA B-2200.

Se estableció la comparación analítica y matemática de los valores característicos obtenidos en cada prueba realizada; se generó un registro de las variaciones en los parámetros característicos del motor Mazda F2. Al final de la investigación se justificó los resultados de una forma técnica y científica, mediante cálculos matemáticos en base a fórmulas establecidas.

1.4. Justificación e importancia

Los alcoholes generan menos emisiones contaminantes además de que reducen la dependencia del petróleo, por tal, motivo se creó un biocombustible el cual se produce a partir de cultivos agrícolas, caña de azúcar del cual se obtiene el alcohol, siendo este una fuente de energía renovable y gasolina base. Es por eso que esta investigación propone analizar los parámetros característicos que proporcionan cada una de las gasolinas comerciales (SÚPER Y EXTRA), para evidenciar aumentos o pérdidas en dichos parámetros, con los obtenidos por parte de la gasolina ECOPAÍS, y de esta manera corroborar la factibilidad del uso de esta gasolina en los motores de combustión interna, sin la necesidad de realizar modificaciones al motor, desmintiendo de esta manera creencias de que esta nueva gasolina provoca pérdidas de potencia en el motor.

El cambio de la Matriz Productiva en el Ecuador ha emprendido proyectos en busca de combustibles alternativos que permitan la reducción de las emisiones de gases contaminantes, producto de la combustión de los motores de ciclo Otto (gasolina), pero, que a la misma vez generen las mismas características o las aumenten en comparación a los combustibles que actualmente se comercializan en el país (SÚPER, EXTRA). Es por eso que la influencia de la calidad de los combustibles empleados en los automotores también está relacionada con la variación en el desempeño mecánico y térmico.

1.4.1. Interés de la investigación

La investigación está orientada a los usuarios de vehículos de motor de combustión interna (Ciclo Otto) que utilizan gasolinas comerciales (Extra y Súper) con el propósito de establecer diferencias de potencial energético y mecánico con el biocombustible que pretende comercializar el estado ecuatoriano en sustitución de la gasolina Extra, en todas las estaciones de servicio a nivel nacional, por decreto ejecutivo N° 675; debido que en el año 2010, en la provincia del Guayas ya se realizó un plan piloto en el cual se

incorporó un nuevo biocombustible, denominado ECOPAÍS; compuesto de 5% de bioetanol y un 95% de gasolina extra, en las estaciones de servicio.

Como adicional se seleccionó a PETROECUADOR como una de las estaciones de servicio, y se realizó las mezclas al 50%; con el fin de comprobar los paradigmas que tienen los usuarios al decir que, si se realizan mezclas entre gasolinas van a inducir al incremento del rendimiento en el motor y reducir el consumo de combustible.

1.4.2. Utilidad teórica

En la actualidad, las mezclas de gasolina y alcohol se están utilizando cada vez más, con el fin de encontrar un aditivo alternativo en un porcentaje adecuado para evitar modificaciones en el motor, para así sustituir al combustible convencional, tal es el caso del estado ecuatoriano que promueve la creación de un biocombustible compuesto, de 5% de etanol y 95% de gasolina base (EXTRA), como una solución para incrementar la potencia del automotor y reducir emisiones de gases y disminuir el consumo de combustible.

1.4.3. Utilidad práctica

Al usar los combustibles comerciales en el MCI ciclo OTTO, evidenció que el biocombustible ECOPAÍS en el motor Mazda F2, incrementó la potencia, redujo las emisiones contaminantes como es el caso de hidruros de carbono, debido a la presencia de oxígeno en el etanol. Se demostró que no existe una variación significativa en el consumo de combustible y torque en las gasolinas.

1.4.4. Utilidad metodológica

Se manejó protocolos y normas para los ensayos de laboratorio como fue la D 240-02 para el uso de la bomba calorimétrica adiabática Gallenkamp, para la obtención del poder calorífico inferior, en la

determinación del calor de combustión de los combustibles líquidos de hidrocarburos.

Para el análisis de la concentración de emisiones de gases presentes en el sistema de escape del motor, se usó el analizador de gases CARTEK en la cual se hizo pruebas estáticas; para ello se usó la norma NTE INEN 2203:2000 de la cual se tomó como referencia el método de calibración del equipo, y procedimientos para el desarrollo de las pruebas, a ralenti como a velocidad crucero. Para verificar los niveles máximos y mínimos, en cuanto a emisiones de gases contaminantes, se utilizó la tabla de la norma NTE INEN 2204:2002, que detalla los porcentajes de concentración de gases que genera un MCI, de esta manera se comparó los porcentajes obtenidos con los que menciona la norma.

1.4.5. Factibilidad

Es viable la investigación realizada ya que existió la facilidad de uso y manejo de equipos de laboratorio tecnológicos que permitieron un mejor desempeño en la ejecución del proyecto.

Con el uso de la gasolina ECOPAÍS, se mejoró la potencia del motor en un 2,73%, en comparación con la gasolina SÚPER y EXTRA, en un 2,09% y -0,36%, respectivamente.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el potencial energético y mecánico del motor Mazda F2 al utilizar los tipos de gasolina comercial empleados en el Ecuador.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recabar información teórica para el desarrollo del proyecto de investigación considerando fuentes confiables como: libros, tesis, artículos científicos, manuales, fichas técnicas y normas.
- Poner a punto el dinamómetro de rodillos y analizador de gases con sus accesorios, para las pruebas de desempeño en el motor Mazda F2
- Determinar los parámetros característicos: torque, potencia y consumo volumétrico de combustible y emisiones de gases producto de la combustión; tomando como referencia 4 estaciones de servicio que expendan las 3 gasolinas comerciales empleadas en el país.
- Obtener el poder calorífico de las gasolinas mediante el uso de la bomba calorimétrica.
- Realizar mezclas del 50% entre los combustibles comerciales EXTRA-SUPER; ECOPAÍS-SUPER y EXTRA-ECOPAÍS.
- Solicitar información certificada por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) sobre el octanaje que poseen las gasolinas en cada estación de servicio.
- Tabular los datos obtenidos, para generar un registro de las variaciones en porcentaje de emisiones de gases y de los parámetros característicos (torque, potencia y consumo volumétrico) del motor Mazda F2.
- Calcular los parámetros térmicos y mecánicos del motor Mazda F2 para la comparación de los resultados obtenidos, en las pruebas de desempeño con cada uno de las gasolinas.

1.6. Metas

Se obtuvo variaciones en el desempeño mecánico y térmico de los motores de combustión interna del motor Mazda F2 al utilizar los tipos de combustibles comerciales como la gasolina SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS en el Ecuador.

Se sustentó el impacto ambiental, que generan las gasolinas (SUPER, EXTRA, ECOPAÍS) en el motor de combustión interna Mazda F2 mediante el análisis de emisión de gases contaminantes.

1.7. Hipótesis

A través del estudio se pudo determinar la influencia de los combustibles comerciales SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS, en el rendimiento del potencial energético y mecánico del motor Mazda F2.

1.8. Variables de investigación

- **Variable independiente:**

Potencial energético y mecánico

- **Variable dependiente:**

Gasolinas comerciales en el Ecuador

1.9. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son los indicadores del desempeño y rendimiento térmico y mecánico de un motor a combustión interna.	Parámetros característicos del motor de combustión	Torque	Nm	Cálculos Medición	Prueba de laboratorio Dinamómetro de rodillo Ecuaciones
		Potencia	kW	Cálculos Medición	Prueba de laboratorio Dinamómetro de rodillo Ecuaciones
		Consumo de combustible	Kg/h	Cálculos Medición	Prueba de laboratorio Dinamómetro de rodillo Ecuaciones
		Temperatura	°C	Medición	Prueba de laboratorio Termómetro
		Velocidad angular	Rev/min	Medición	Prueba de laboratorio Tacómetro
	Contaminación	Niveles de Emisiones	ppm HC % CO % CO ₂ % O ₂	Medición	Analizador de gases CARTEK modelo 50-100
	Potencial para producir trabajo y energía	Rendimiento térmico	%	Cálculos	Prueba de laboratorio Ecuaciones
		Rendimiento mecánico	%	Cálculos	Prueba de laboratorio Cálculo
		Rendimiento indicado	%	Cálculos	Prueba de laboratorio Ecuaciones

Tabla 2
Operacionalización de la variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Son los combustibles comerciales en el Ecuador que utilizan los motores de combustión interna con encendido convencional que influyen en el rendimiento térmico y mecánico del motor.	Académica tecnológica	Número de Octano	RON	Medición	Máquina de ensayo de detonación (octanómetro).
	Académica tecnológica	Número de Octano	MON	Medición	Máquina de ensayo de detonación (octanómetro).
	Académica tecnológica	Densidad	g/L	Cálculos	
	Académica tecnológica	Poder calorífico	MJ/ Kg	Medición Cálculos	Bomba calorimétrica Gallenkamp. Ecuaciones
	Académica tecnológica	Volatilidad /Punto de ebullición	Grados	Medición	
	Académica tecnológica	Presión de vapor	KPa	Medición	
	Académica tecnológica	Punto de inflamación	Grados	Medición	
	Académica tecnológica	Viscosidad	Centistokes (cSt).	Medición	Cálculos
	Académica tecnológica	Contenido de azufre	mg/Kg	Medición	

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Combustible

El combustible trabaja con facilidad con el oxígeno (O_2) haciendo una reacción exotérmica auto-sostenida. Los motores de combustión interna (MCI) han sido estudiados desde que han estado en existencia, además el rendimiento del motor depende de las características del combustible. Por lo que es necesario estudiar las características de los diferentes tipos de combustibles para así entender el fenómeno de la combustión. El carácter del combustible utilizado puede tener una influencia considerable en el diseño, la salida, la eficiencia, el consumo de combustible, la contaminación atmosférica y en muchos casos el desempeño del motor. (Gupta, 2014)

2.1.1. Características de los combustibles

Los combustibles utilizados en el automóvil deben cumplir ciertos requerimientos para su utilización. Especialmente las gasolinas que son empleadas en motores de encendido por chispa, requieren unas determinadas características en cuanto a volatilidad, poder calorífico, resistencia al picado, etc. Todas estas características son las que determinan la calidad del combustible. (Alonso, 2000).

Además (Lluch, 2012) manifiesta que:

“Las gasolinas, como cualquier otro combustible, debe tener una serie de características que la adecuen a su manipulación, almacenamiento y utilización”, de forma general puede establecerse la siguiente clasificación de las características de los combustibles:

a. Características relacionadas con las prestaciones del motor

- **Número de octano**

Indica la resistencia que presenta el combustible al detonar, es decir señala a qué presión y temperatura puede someterse un combustible carburado, antes de auto detonarse al alcanzar su temperatura de auto ignición. (México Digital Comunicación, 2010)

- **Volatilidad**

Es una de las propiedades más importantes de un combustible, porque la volatilidad se determina cuando existe un incremento de temperatura del líquido para conseguir evaporarse. Un líquido que se evapora a temperatura relativamente baja posee una gran volatilidad. Si por el contrario su punto de ebullición es muy alto, el líquido es poco volátil. (Alonso, 2000)

- **Densidad**

En los vehículos con sistema de inyección, sí es de gran importancia la densidad, porque la masa inyectada en la cámara de combustión hace que la relación aire/combustible tenga variaciones y deben ser reguladas por un sistema que controle lo adecuado, además de ser un indicativo del poder calorífico. (Lluch, 2012)

La densidad es una propiedad física característica de la materia, que relaciona la masa y volumen de un cuerpo; la densidad es una magnitud que puede ser expresada en unidades del S.I. (Kg/m^3), aunque no necesariamente se puede encontrar mediciones de densidad bajo este sistema por lo general se encuentra expresada en gramos por centímetro al cubo (g/cm^3)

Para la determinación de la densidad de las gasolinas se la realizó de manera empírica, en base a la ecuación química.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ecuación 1. Fórmula de la obtención de la densidad

Fuente: (Tipler & Mosca, 2005)

Dónde:

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

$m = \text{masa (Kg)}$

$v = \text{volumen (m}^3\text{)}$

Tomando como referencia valores medidos de masa y volumen de cada muestra de combustible.

- **Viscosidad**

La viscosidad en la gasolina puede afectar la riqueza de la mezcla cuando este tiene un aumento, por una disminución de los flujos líquidos en el sistema. Además, existen otros beneficios derivados de la presencia de hidrocarburos de alta calidad, que aumentan la viscosidad del carburante. (Red Tecnología MID, 2014)

- **Oxigenados**

Al usar alcoholes que son aditivos oxigenados en la gasolina, hace que se eleve el octano de los carburantes. Estos productos oxigenados tienden a las emisiones contaminantes de monóxido de carbono y de hidrocarburos, y ha hecho que en varios países sea obligatorio añadir un mínimo de ellos a la gasolina. (Castells, 2012)

En su mayoría los aditivos oxigenados son alcoholes y/o éteres, que tienen punto de ebullición en un rango de 50-180 °C, que muestran un poder antidetonante que los hace muy considerados. Los compuestos oxigenados se implantaron en la gasolina para mejorar la combustión, mientras que el etanol y metanol se añade para aumentar el número de octano y no el contenido de oxígeno. Al aumentar oxigenados a los automóviles cuando no existe un buen control en la mezcla aire/combustible, hace que la mezcla

tienda a ser “pobre”, en la cual provoca más monóxido de carbono. (Castells, 2012)

- **Estabilidad**

La estabilidad ante la oxidación es trascendental cuando la gasolina se almacena durante mucho tiempo. Cuando en el combustible existe oxidación puede originar depósitos que obstruyan los inyectores, la bomba del combustible y filtros. Se debe mencionar que la gasolina puede ser almacenada por mucho tiempo, por consecuencia no debe formar gomas. Aquellos que tienden a producir gomas y con más rapidez son los hidrocarburos no saturados, cuando hay presencia de cobre metálico, que actúa como catalizador de la reacción, es por eso que a la gasolina se le añaden antioxidantes y pasivadores de metales que los desactivan. (Schifter & López, 2010)

b. Características relacionadas con el estado del motor

- **Azufre**

El contenido de azufre en la gasolina forma un problema para el catalizador, porque en los gases de escape pobres reacciona con el óxido de bario convirtiéndose en sulfato de bario. Al mismo tiempo el contenido de azufre debe ser bajo en el carburante para así cumplir los requisitos legales. En caso de que exista un alto contenido de azufre, provoca corrosión, desgaste del motor. (Schifter & López, 2010)

- **Corrosión**

La gasolina contiene azufre y esto hace que a veces afecte las superficies metálicas con las que está en contacto; sobre todo, si son de cobre o de alguna de sus aleaciones. Cuando exista corrosión y mal olor en la gasolina, es porque el azufre forma mercaptanos que hace que se

produzca estas anomalías, para ello es necesario eliminar con procesos de purificación y suavización. (México Digital Comunicación, 2010)

c. Características relacionadas con la estabilidad al almacenamiento

- **Contenido en gomas**

Cuando aparece en la gasolina gomas se debe a la presencia de olefinas por oxidación al contacto con aire, además de ser insolubles en el combustible pueden adherirse a las válvulas de admisión y luego a las paredes del colector, que tiene como consecuencia un aumento de pérdidas de carga, obstruyen e impiden el paso de la mezcla; en casos más relevantes la apertura de la mariposa. Esta anomalía puede eliminarse con un tratamiento a la gasolina añadiendo productos antioxidantes e inactivos de los metales. (Muñoz & Grau, 2013)

- **Peso específico**

El peso específico es aquel que ayuda a clasificar los diferentes tipos de combustible o los componentes que estos contienen, de esta manera permite calcular los datos de peso y volumen. Hoy en día en el peso específico se tiende a establecer los valores máximos y mínimos, para no tener que modificar las partes que regulan la alimentación del motor, estos están relacionados con el volumen y no con el peso de combustible. (Alonso, 2000)

2.1.2. Obtención del combustible

Para la obtención del combustible menciona (Arias, 2006) que, “la destilación, como parte del refinado del petróleo bruto, es un proceso de calentamiento progresivo del crudo, con el fin de conseguir que se vaporicen los diferentes hidrocarburos que contiene, según distintas temperaturas de ebullición”.

2.1.3. Consideraciones

Los motores de combustión interna deben cumplir algunos requisitos por lo que (Gupta, 2014) considera los siguientes:

- a. El combustible debe ser atomizado, vaporizado y bien mezclado con el aire.
- b. El proceso de combustión debe ser rápido.
- c. El arranque de la cámara de combustión debe ser rápido y fiable en cualquier condición ambiental.
- d. La superficie de la cámara de combustión debe permanecer libre de carbono y otros depósitos.
- e. La cara del cilindro, el pistón y los anillos del pistón no deben quedar sujetos a desgaste y corrosión excesivos.
- f. Los elementos básicos del motor deben permanecer libres de tensiones térmicas debido al gradiente de temperatura desarrollado durante la combustión.
- g. La combustión debe ser completa sin la evolución de los gases de escape nocivos.

La selección de un combustible para un uso particular en los motores se rige principalmente por (a) el tipo de equipo necesario para almacenar, suministrar y quemar el combustible en el motor, (b) el valor de calefacción por unidad de volumen del combustible y (c) la disponibilidad y el coste del combustible en el emplazamiento del motor. (Gupta, 2014)

2.1.4. Aditivos

Manifiesta (Schifter & López, 2010) que: La gasolina se le añade aditivos que incluye:

- Anti-oxidantes: Sustancias que impiden las reacciones de oxidación de los hidrocarburos antes de que se quemen con el oxígeno en la cámara de combustión.

- Estabilizadores de la gasolina: Sustancias que reprimen la formación de gomas y mejoran la estabilidad de la gasolina.
- Inhibidores de la corrosión: Sustancias que impiden que la gasolina ataque los tanques de depósito de la gasolina.
- Colorantes: Se agregan en concentraciones muy pequeñas, del orden de 10 partes por millón de gasolina. Se da a la gasolina coloraciones diferentes a fin de diferenciarla.
- Anticongelantes: En los países de temperaturas frías, estos compuestos impiden la formación de hielo.
- Aditivos para impedir la formación de depósitos en válvulas o bujías: los depósitos a los que se refieren forman gomas o productos de la degradación de la gasolina que se depositan en los sistemas de admisión de combustible y cámara de combustión de los automotores.

2.2. Estaciones de servicio en el Ecuador

En el Ecuador existen 1062 estaciones de servicio para abastecer de combustible al automotor, el 45% se encuentran en tres provincias: Guayas, Pichincha y Manabí. Las provincias con menos estaciones de servicio son Orellana y Galápagos. (El Comercio, 2015)

Para la presente investigación se estableció como referencia cuatro estaciones de servicio PETROECUADOR, PRIMAX, TERPEL y MASGAS, las cuales expenden las 3 gasolinas comerciales a nivel nacional (SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS).

2.2.1. PETROECUADOR

EP Petroecuador, es una empresa del estado ecuatoriano, que fue creada con el objetivo de explotar hidrocarburos directamente de la empresa y realizando contratos de asociación de terceros, esta organización explora y explota los depósitos de hidrocarburos en el territorio y mar ecuatorianos.

La EP Petroecuador, desarrolla su trabajo acorde con la política nacional de respeto al ambiente y de responsabilidad social con sus integrantes y las comunidades aledañas a las áreas de operación que mantiene en el ámbito nacional. (EP PETROECUADOR, 2015)

2.2.2. PRIMAX

Manifiesta (EKOS Negocios, 2011) que: Es una organización empresarial de derivados de petróleo que se caracteriza por ser una empresa que se dirige al cliente. Es la única en el país que aditiva a sus combustibles con productos alemanes, con el propósito de preservar y alargar la vida útil del motor de los vehículos, asimismo mantiene una responsabilidad con el cuidado del medio ambiente.

2.2.3. TERPEL

Esta empresa es uno de los mayores distribuidores de hidrocarburos de Colombia. Nació en la provincia colombiana de Santander, con 20 estaciones de servicio, hasta hoy ya casi 45 años después, posee más de 1.800 estaciones en varios países. (Brandemia, 2014)

2.2.4. MASGAS

MASGAS S.A. es una empresa que se dedica a ofrecer combustibles derivados del petróleo para vehículos, con presencia de marca a nivel nacional a través de estaciones de servicio afiliadas. La compañía, cuenta con la autorización de operación en el SEGMENTO AUTOMOTRIZ expedido por el entonces Ministerio de Energía, hoy, Ministerio de Recursos Naturales No Renovables. (MASGAS, 2016)

2.3. Gasolinas en el Ecuador

Las gasolinas son una mezcla de hidrocarburos líquidos que tienen de cuatro a diez átomos de carbono, además poseen pequeñas cantidades de hidrocarburos más ligeros y más pesados, existen cantidades meticulosas de impurezas crudas de petróleo tales como azufre y nitrógeno. Se implanta aditivos en pequeños porcentajes para distribuir beneficios de rendimiento al motor, asimismo, la gasolina es la parte más liviana del petróleo en forma líquida y tiene un rango de punto de ebullición que se encuentra entre 30 °C y 200 °C; la gravedad específica está entre 0,70 y 0,78. La composición química de sus componentes varía ampliamente, porque depende del crudo base y del proceso de refinado. El poder calorífico inferior de una gasolina común está entre los 44000 KJ/Kg que es utilizado en motores de encendido por chispa. (Gupta, 2014)

Las características críticas de la gasolina son el índice de octano, volatilidad, y la presión de vapor, también se sabe que los aditivos que se añaden a la gasolina es para mejorar el rendimiento y proveer protección de la oxidación y la corrosión. (Kraus, 2000)

2.3.1. Gasolina Extra

En la NORMA NTE INEN 935, regulan las exigencias que debe poseer la gasolina extra en el funcionamiento para motores de ciclo Otto, se muestra en la tabla 3 los requisitos que debe cumplir la gasolina EXTRA tomando cuenta los valores máximos y mínimos.

Tabla 3
Requisitos de la gasolina extra

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Número de octano Research	RON	81,0	—
Destilación : 10%	°C	—	70
50%	°C	77	121
90%	°C	—	189
Punto final	°C	—	215

CONTINÚA 

Residuo de destilación	%	—	2
Relación vapor- líquido, a 60 °C V/L	—	—	20
Presión del vapor	KPa	—	56
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50°C)	—	—	1
Contenido de gomas	mg/100 cm ³	—	3,0
Contenido de azufre	%	—	0,075
Contenido aromáticos	%	—	30,0
Contenidos de benceno	%	—	1,0
Contenido de alefinas	%	—	18,0
Estabilidad de oxidación	Mín.	240	—
Contenido de oxígeno	%	—	2,7
Contenido de plomo	mg/l	—	—
Contenido de manganeso	mg/l	—	—
Contenido de hierro	mg/l	—	—

Fuente: (INEN, 2010)

Se observa en la tabla 4, los valores de las propiedades físico-químicas de la gasolina EXTRA.

Tabla 4
Propiedades físico-químicas de la gasolina extra

Fórmula Química	C₅H₁₀ a C₉H₁₈	
Estado físico	Líquido a temperatura ambiente	
Color y apariencia	Verde brillante	
Olor	Característico	
Punto de ebullición	Inicial	35°C
	Final	210 °C
Punto de inflamación	-42 °C	
Presión de vapor	6 a 10 kPa a 20°C	
Densidad de vapor	3-4 (aire=1)	
Densidad relativa a 15°C	0,7643	
Temperatura de autoignición	>250 °C	
Temperatura de autoinflamación	200 °C	
Solubilidad	En agua	Prácticamente insoluble en agua (0,1-1%). Completamente soluble en éter, cloroformo, etanol y otros solventes del petróleo.
Límite de inflamabilidad	Superior	6-8%
	Inferior	1%

Fuente: (EP PETROECUADOR, 2014)

2.3.2. Gasolina Súper

En la tabla 5 se muestra las exigencias que debe cumplir la gasolina SÚPER, tomando como referencia la norma NTE INEN 935, que controla los requerimientos que debe tener esta gasolina.

Tabla 5
Requisitos para la gasolina súper

	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Número de octano Research	RON	90,0	—
Destilación :	°C	—	70
10%			
50%	°C	77	121
90%	°C	—	190
Punto final	°C	—	220
Residuo de destilación	%	—	2
Relación vapor- líquido, a 60 °C V/L	—	—	20
Presión del vapor	KPa	—	56
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50°C)	—	—	1
Contenido de gomas	mg/100 cm ³	—	4,0
Contenido de azufre	%	—	0,1
Contenido aromáticos	%	—	35,0
Contenidos de benceno	%	—	2,0
Contenido de alevinas	%	—	25,0
Estabilidad de oxidación	Mín.	240	—
Contenido de oxígeno	%	—	2,7
Contenido de plomo	mg/l	—	—
Contenido de manganeso	mg/l	—	—
Contenido de hierro	mg/l	—	—

Fuente: (INEN, 2010)

En la tabla 6, también se indica las propiedades físico-químicas de la gasolina súper.

Tabla 6
Propiedades físico-químicas de la gasolina súper

Fórmula Química	C ₅ H ₁₂ a C ₁₀ H ₂₂
Estado físico	Líquido a temperatura ambiente
Color y apariencia	Amarillo y brillante
Olor	Característico
Calor de combustión	19277 BTU/lb

CONTINÚA 

Punto de ebullición	Inicial	35°C
	Final	210 °C aproximadamente
Punto de inflamación		-42 °C
Presión de vapor		6 a 10 kPa a 20°C
Densidad de vapor		3-4 (aire=1)
Densidad relativa a 15°C		0,7174
Temperatura de autoignición		>280 °C
Temperatura de autoinflamación		200 °C
Solubilidad	En agua	Solubilidad en agua 0-003-0.010 kg/m ³
Límite de inflamabilidad	Superior	7.4%
	Inferior	1.4%

Fuente: (EP PETROECUADOR, 2014)

2.3.3. Gasolina ECOPAÍS

Con relación al Cambio de la Matriz Productiva, el Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) en concordancia con el Decreto Ejecutivo 675 y el Plan Nacional del Buen Vivir; fomentan la producción de la gasolina ECOPAÍS, un biocombustible compuesto de 5% de bioetanol (proveniente de la caña de azúcar) y un 95% de gasolina base, que posee el mismo octanaje (85 octanos) y precio de la gasolina Extra. (Ministerio Coordinador de Producción, 2016)

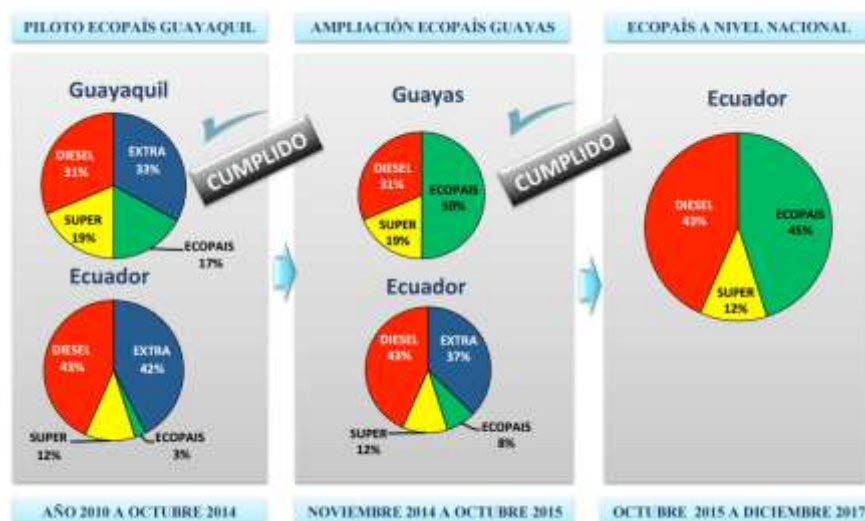


Figura 2. ECOPAÍS a nivel nacional

Fuente: (Paredes, 2015)

Este proyecto empezó, como fase piloto, el 12 de enero de 2010 en Guayaquil, extendiéndose luego a los cantones de Durán, Daule y Zamborondón, de ahí que, para el 2014 de todas las gasolinas despachadas por Petroecuador, la oferta de ECOPAÍS representó el 6% a través de 137

estaciones de servicio en la provincia del Guayas, con lo que se espera que para el 2017 la ECOPAÍS acapare al menos el 45% del consumo a nivel nacional, ya que para esta fecha la ECOPAÍS tendría que estar presente en todo el territorio ecuatoriano, reemplazando por completo a la gasolina extra. En la figura 2 se muestra los porcentajes tentativos que tiene el proyecto de ECOPAÍS hasta el año 2017.

La gasolina Extra que actualmente se comercializa en el país de 87 octanos es una mezcla de un 76% de nafta de alto octano (NAO), las cuales se importan, con 24% de naftas de bajo octano (NBO); mientras que para la producción de ECOPAÍS, con la misma cantidad de octanos, se requiere 61% de NAO, 34% de NBO y un 5% de bioetanol. Debido al alto octanaje de bioetanol, al incorporarlo en la producción de ECOPAÍS, genera una reducción de la producción de NAO en un 16%, lo que implica menos importaciones de este derivado y un efecto positivo en la balanza comercial nacional. La economía de la ECOPAÍS se muestra en la figura 3.



Figura 3. Economía de la gasolina ECOPAÍS

Fuente: (Paredes, 2015)

En el marco regulatorio tras el decreto No. 338 (02 de Agosto 2015) regula los precios de los derivados de los Hidrocarburos, disponiendo el precio de venta al distribuidor en terminales y depósitos es 1,34 USD \$/ Gal y el precio de la venta al público será de 1,48 USD \$/ Gal. (Paredes, 2015)

La incidencia del uso de la gasolina ECOPAÍS en un reciente estudio realizado en el Ecuador se determinó que en ciudades de altura el uso de ECOPAÍS significó un incremento en la potencia de los motores en el rango

de 0,42% a 7,18% por mayor presencia de oxígeno en la mezcla. A revoluciones altas del motor se puede llegar a la misma potencia que la Gasolina de 87 octanos sin etanol. Se incrementó el torque aproximadamente 1.52% al utilizar la mezcla de gasolina con el 5% de etanol, pudiéndose llegar al mismo torque que resulta con la gasolina de 87 octanos sin etanol, a revoluciones bajas del motor. Disminuyendo el CO, CO₂ y HC, aunque notándose un incremento los NO_x por mayor temperatura del motor. (Paredes, 2015)

2.4. Poder calorífico

El poder calorífico en peso o volumen representa la cantidad de energía liberada por unidad de peso o volumen de carburante como consecuencia de la reacción química de combustión completa que lleva a la formación de CO₂ y H₂O. (Waulquier, 2004)

Además (Cengel & Boles, 2006) mencionan que: “El poder calorífico de un combustible será diferente dependiendo de si el agua en los productos de la combustión se hallan en forma líquida o de vapor”.

Se da a conocer el poder calorífico Superior (PCS) y el poder calorífico Inferior (PCI) de la gasolina en la tabla 7:

Tabla 7
PCS y PCI de la gasolina

	PCS (KJ/Kg)	PCI (KJ/Kg)
Gasolina	47300	44000

Fuente: (Cengel & Boles, 2006)

2.4.1. Poder calorífico superior

El poder calorífico superior o HHV (higher heating value) es cuando el agua en los gases de combustión se condensa por completo, de manera que también se recupera el calor de vaporización. (Cengel & Boles, 2006)

2.4.2. Poder calorífico inferior

El poder calorífico inferior o LHV (lower heating value) es cuando el agua sale como vapor. (Cengel & Boles, 2006).

La diferencia de los poderes caloríficos; superior e inferior, es igual al calor de vaporización del agua formada durante la reacción.

2.4.3. Determinación del poder calorífico

a. Método analítico

Para la obtención del poder calorífico con el método analítico es necesario aplicar el Principio de Conservación de la Energía.

El poder calorífico de un cuerpo compuesto es igual a la suma de los poderes caloríficos de los elementos simples que lo forman, multiplicados por la cantidad centesimal en que intervienen, descontando de la cantidad de hidrógeno total del combustible la que se encuentra ya combinada con el oxígeno del mismo. (Fernández, 2009)

b. Método experimental

Para este método, es necesario el uso de la bomba calorimétrica a volumen constante (adiabática), para determinar el poder calorífico de un combustible.

Es por eso que los métodos experimentales que menciona (Fernández, 2009) es que, consiste en quemar una cantidad de combustible y medir la cantidad de calor producida a través de la energía térmica ganada por un líquido, en este caso, agua, que puede estar contenida en un recipiente, o permanecer en continua circulación durante el proceso.

2.4.4. Bomba calorimétrica

a. Equipo de obtención del poder calorífico

La bomba calorimétrica adiabática Gallenkamp, permite determinar el poder calorífico superior de los combustibles, mediante la combustión de una determinada cantidad de masa del combustible (0,8 g), dentro de una bomba que contiene O_2 a una presión de 14.7 bar, se tomará como referencia el poder calorífico del Ácido benzoico (ver Anexo B1) para la ejecución de las pruebas de obtención de poder calorífico con las gasolinas.

La obtención del poder calorífico se las desarrollo con el siguiente equipo que se puede apreciar en la figura 4, donde se considera los elementos de los cuales está conformado la Bomba Calorimétrica.

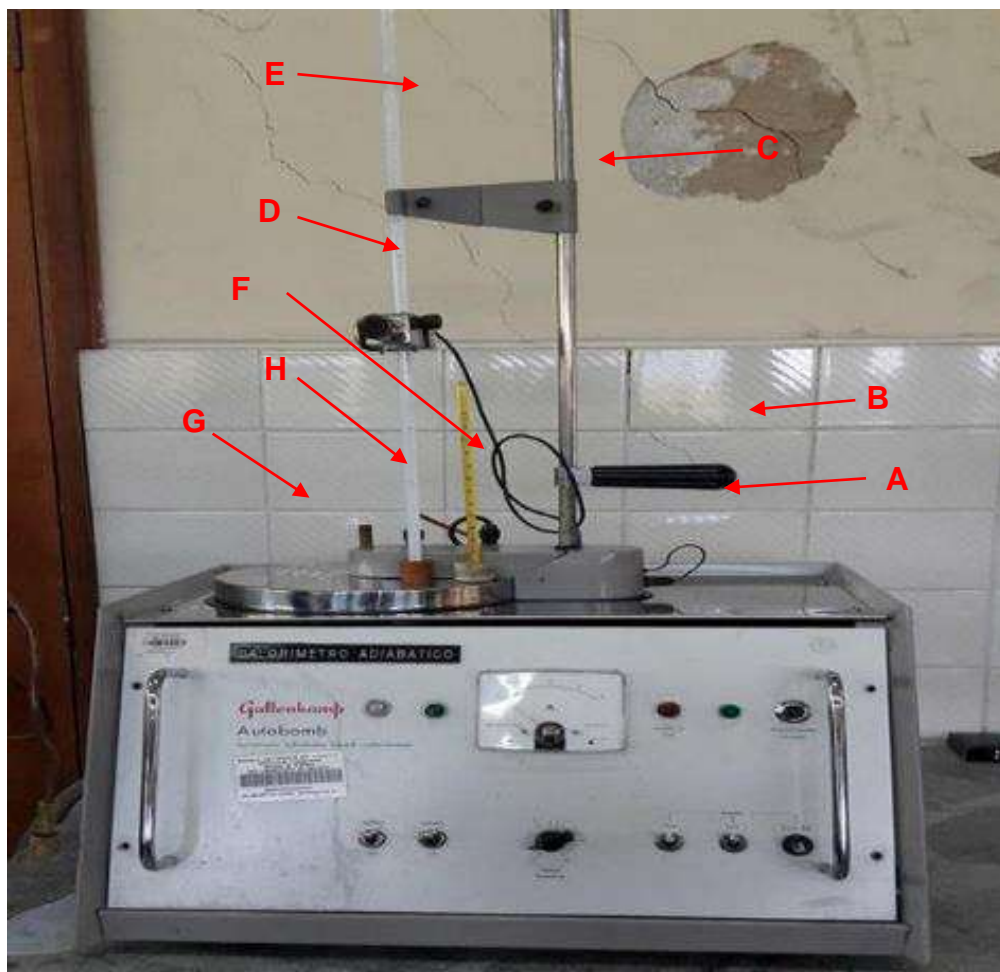


Figura 4. Calorímetro adiabático Gallenkamp

b. Elementos del calorímetro adiabático

- A. Enchufe de prueba del circuito de disparo
- B. Mango de elevación del a columna del Calorímetro
- C. Soporte de fijación del termómetro
- D. Lector/ Vibrador del termómetro
- E. Termómetro calorimétrico
- F. Termistor
- G. Cubierta del calorímetro adiabático
- H. Enchufe de encendido de la bomba

c. Funcionamiento de la bomba calorimétrica

A continuación la (Universidad Abierta y a Distancia, 2009) explica de manera resumida el funcionamiento para la obtención del poder calorífico:

- Preparar el equipo y los accesorios necesarios:
 - a. Termómetros: colocar de modo fijo sobre la columna situada en la parte superior del aparato con ayuda de la abrazadera, que la misma máquina contiene. Fijar en su sitio por medio del orificio estriado en su parte inferior.
 - b. Termistores: inspeccionar la punta de los termistores que no exista ninguna anomalía.
 - c. Vibrador del termómetro: comprobar si el interruptor se encuentra en perfecto estado y funcionamiento.
 - d. Energizar los equipos.
- Se coloca el combustible en un crisol (si el combustible es sólido, deberá colocarse en forma de pastilla) dentro de la bomba calorimétrica, con el objetivo de determinar el poder calorífico superior.
- Finalmente, se adiciona el oxígeno a una cierta presión, necesario para la combustión. La bomba calorimétrica es rodeada con una camisa de agua que absorberá el calor liberado por el combustible. Todo este proceso se realiza dentro de una camisa adiabática para evitar fuga de calor que afecte el proceso.



Figura 5. Comportamiento en el interior de la bomba calorimétrica
Fuente: (Cedrón, Landa, & Robles , 2011)

Cuando se haya realizado el proceso para la obtención del poder calorífico, el calor que absorbe el agua no es el poder calorífico del combustible, porque influyen diversos factores como es la absorción de calor de la misma bomba, liberación de calor del alambre que este provoca para que el combustible se encienda, entre otros factores. (Navarrete, 2009)

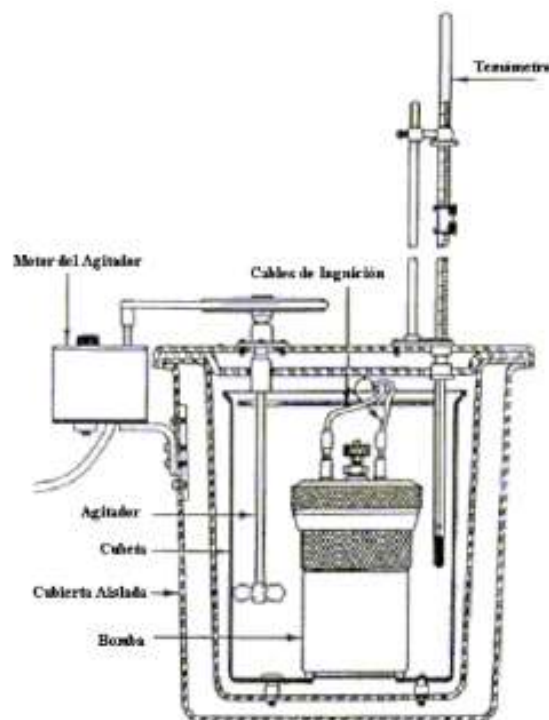


Figura 6. Bomba calorimétrica adiabática
Fuente: (Navarrete, 2009)

En el ensayo, los gases que produce la combustión al final del proceso se encuentran a temperaturas muy bajas y se lleva a cabo a una presión alta, el agua en su mayor parte se condensa, por lo que el poder calorífico que se está determinando es el poder calorífico superior (PCS), asimismo se conoce que las pruebas hechas en el laboratorio, la cantidad de agua que se encuentra presente después de la combustión no se puede medir de manera experimental el poder calorífico de inferior. (Navarrete, 2009)

2.4.5. Obtención del poder calorífico inferior

El poder calorífico inferior no se puede obtener de manera experimental; por lo que es necesario realizar cálculos, teniendo como base al PCS ya que este valor se obtienen de la bomba calorimétrica; es por eso que (Rolle, 2006) manifiesta que: Si se supone que los productos de combustión contienen agua líquida, al poder calorífico se le llama poder calorífico superior, PCS; y si se supone que el agua es un vapor, o un vapor saturado, el poder calorífico es el poder calorífico inferior, PCI. Se relacionan con el calor de evaporación del agua a 25 °C (77°F). Por lo que en la ecuación 2, se muestra el cálculo para la determinación del PCI en base al PCS.

$$PCS = PCI + 2442 \left(\frac{m_w}{m_F} \right)$$

Ecuación 2. Obtención del poder calorífico
Fuente: (Rolle, 2006)

Dónde:

PCS = Poder calorífico superior (KJ/Kg)

PCI = Poder calorífico inferior (KJ/Kg)

m_w = Masa de agua en los productos

m_F = Masa del combustible.

2.5. Índice de octano

El número de octano muestra la calidad antidetonante de una gasolina. Por lo que se dice que mientras más elevado sea el número de octanaje,

más resistente es la gasolina al golpeteo por chispa, una gasolina que contiene 93 octanos es más resistente al golpeteo que una gasolina de 87 octanos. Por lo tanto, una gasolina que golpetea o detona fácilmente es una gasolina de bajo octanaje. Una gasolina que tiene una resistencia más elevada a la detonación, es una gasolina de alto octanaje. (Crouse & Anglin, 2002). Estas gasolinas en el Ecuador se clasifican como EXTRA y SÚPER.

Para la obtención del índice de octano para cualquier gasolina, es necesario el uso de motores de laboratorio, para su determinación. Los resultados que se obtienen se utilizan para calcular el octanaje nominal mínimo que es el número publicado en las bombas de las estaciones de servicio. (Crouse & Anglin, 2002)

Para determinar el índice de octano, se utiliza internacionalmente dos procedimientos diferentes:

a. Research Octane Number (RON)

Índice de octano investigado. Puede considerarse como indicativo para el picado en la aceleración. (Bosch, 2003)

b. Motor Octane Number (MON)

Índice de octano del motor. Describe principalmente las propiedades respecto al picado a altas velocidades. (Bosch, 2003)

2.6. Parámetros característicos del M.C.I

El par o torque, la potencia y el consumo específico son los indicadores del funcionamiento del motor a combustión interna, proporcionando información de cuanta fuerza puede generar, cuanto combustible y con qué rapidez puede trabajar un motor.

En la figura 7 se muestra las curvas características del MCI. Y a continuación se detallan cada uno de los parámetros característicos del motor.

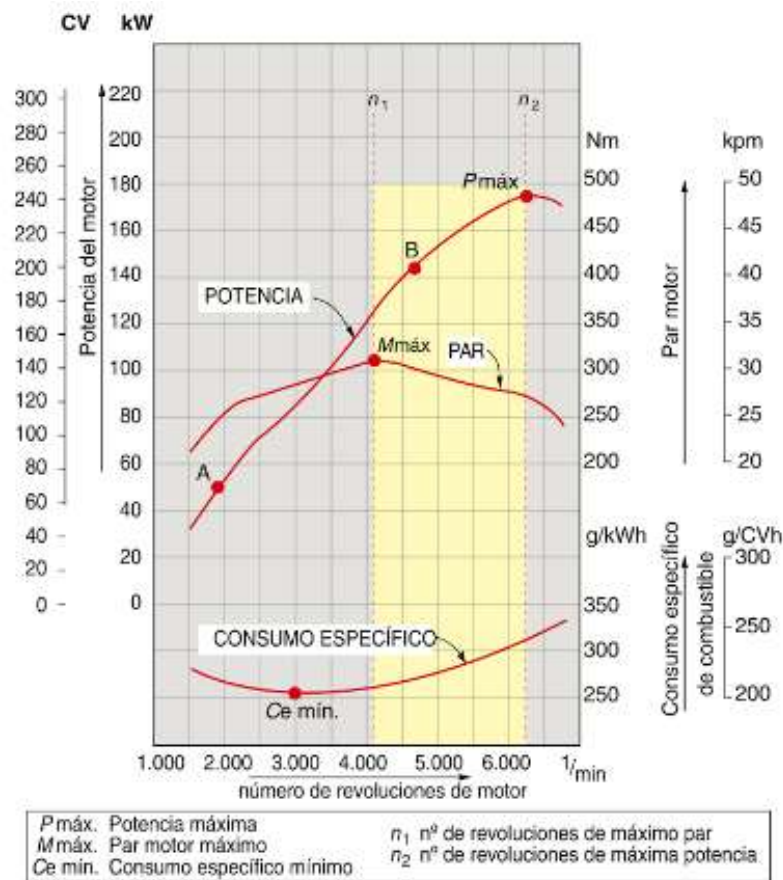


Figura 7. Curvas características del motor (potencia, torque, consumo)
Fuente: (Sanz, 2011)

2.6.1. Torque o par motor

Se denomina par motor o momento de giro, a la consecuencia de rotación que se obtiene, cuando se aplica una fuerza sobre un brazo de palanca. El valor del par es el producto de la fuerza aplicada por la distancia desde donde se aplica hasta el punto de giro, multiplicando la presión obtenida en la combustión por la superficie de la cabeza del pistón se obtiene la fuerza que recibe la biela. (Sanz, 2011). Se observa la curva del par motor en la fig. 8.

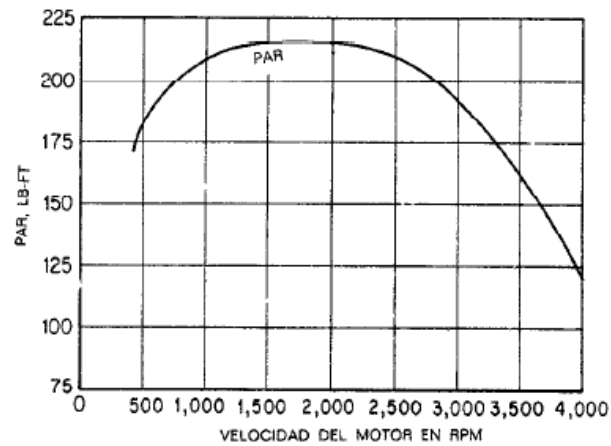


Figura 8. Curva de par motor o torque

Fuente: (Crouse W. H., Motores del automóvil, 1996)

El par motor es en función de la fuerza (F) aplicada sobre la biela, y de la longitud del codo del cigüeñal (d), siendo esta igual a la mitad de la carrera. La fuerza que se aplica sobre el codo del cigüeñal es proporcional a la presión media efectiva sobre el pistón. (Sanz, 2011)

$$M = Ni \cdot w$$

Ecuación 3. Cálculo del Par Motor

Fuente: (Crouse W. H., Motores del automóvil, 1996)

Dónde:

$M =$ Par motor

$Ni =$ Potencia Indicada

$w =$ Velocidad angular del cigüeñal

2.6.2. Potencia

Es la cantidad de trabajo que puede realizar por unidad de tiempo. Cuanto más potente es el motor de un coche, más peso puede arrastrar a la misma velocidad o llevando el mismo peso, mayor es la velocidad que puede alcanzar. (Castro Vicente, 1998)

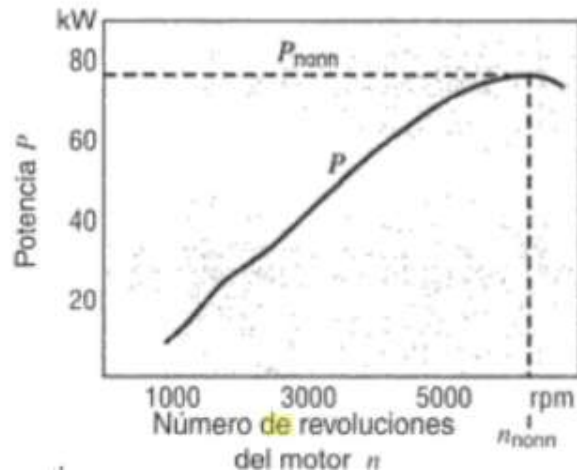


Figura 9. Curva del par motor entre la relación de par y velocidad
Fuente: (Bosch, 2003)

Las ecuaciones para la potencia se pueden definir de la siguiente manera:

$$N_i = \frac{P_i * i * V_h * n}{30 * \tau}$$

Ecuación 4. Cálculo de potencia con velocidad angular

Fuente: (Crouse W. H., Motores del automóvil, 1996)

Dónde:

N_i = potencia indicada

P_i = presión media indicada

V_h = cilindrada unitaria

n = velocidad de giro del cigüeñal

a. Potencia indicada

La potencia indicada es aquella que el motor desarrolla en el interior de las cámaras de combustión durante el proceso de combustión. (Crouse W. H., Mecánica del automóvil, 1993)

b. Potencia efectiva

Menciona (González, Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, 2015) que: “La potencia obtenida a partir del freno dinamométrico del banco de pruebas se conoce como potencia efectiva del motor a un determinado régimen y carga del motor siendo la potencia útil disponible en el cigüeñal”.

2.6.3. Consumo específico de combustible

Explica (Bosch, 2003) que, “el consumo específico de combustible, indica la masa de combustible, que necesita un motor de combustión para ejecutar un trabajo determinado”.

Además define (Sánchez, 2012) que: El consumo de combustible para el cálculo de los motores térmicos suele expresarse generalmente por un consumo específico (G_{pe}), se puede deducir que el consumo específico en función de rendimiento del motor y el calor específico del combustible empleado es igual a:

$$G_{pe} = \frac{B \cdot 3600}{N_e}$$

Ecuación 5. Consumo específico de combustible

Fuente: (Ocaña, 2000)

Dónde:

$$G_{pe} = \text{Gasto específico de consumo} \left(\frac{Kg}{KW h} \right)$$

$$B = \text{Consumo de combustible} \left(\frac{Kg}{s} \right)$$

$$N_e = \text{Potencia efectiva del motor} (KW)$$

$$3600 = \text{Factor de conversión de segundos a hora}$$

2.7. Rendimientos del M.C.I

Mediante la obtención de los trabajos que realiza el motor, puede efectuar análisis de rendimientos, teniendo en cuenta que para cada

condición de funcionamiento se establece como entrada de energía la correspondiente al PCI del combustible ingresado en el recinto de combustión. (Alvarez & varios, 2005)

2.7.1. Rendimiento mecánico

Es la relación entre el trabajo útil y el indicado. Este rendimiento se produce a causa de los rozamientos de pistones, cigüeñales, mandos de distribución, etc. Se mide por el cociente entre la potencia efectiva e indicada. (Ocaña, 2000)

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

Ecuación 6. Rendimiento mecánico

Fuente: (Ocaña, 2000)

Dónde:

$\eta_m =$ *Rendimiento mecánico*

$N_e =$ *Trabajo efectivo*

$N_i =$ *Trabajo indicado*

Mientras más se aproximen la potencia efectiva e indicada, entre sí, más se tiende a acercar el rendimiento mecánico, que sería una gran ventaja. (Ocaña, 2000)

2.7.2. Rendimiento térmico

Explica (Bosch, 2003), el motor de combustión no convierte toda la energía química en el combustible en trabajo mecánico. Una parte de la energía invertida se pierde. El rendimiento de un motor es por consiguiente menor del 100%.

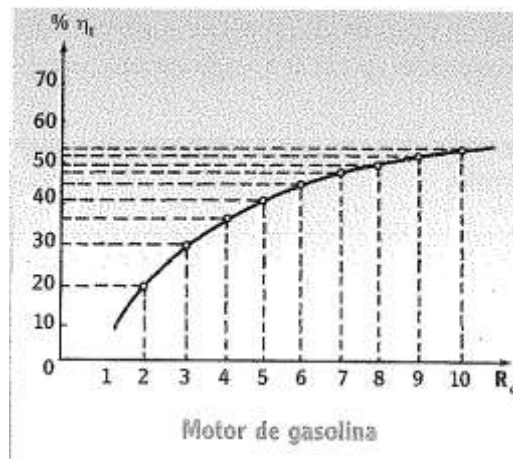


Figura 10. Curvas del η_c en función de la relación de compresión
Fuente: (Ocaña, 2000)

El rendimiento térmico será mayor cuanto más sea la temperatura alcanzada en la combustión y menores sean las pérdidas de calor. La cantidad de calor obtenida está en función de la masa de combustible consumida por unidad de tiempo (m_t) y del poder calorífico de este (Q). El rendimiento térmico (η_c) se puede definir como la relación entre la potencia efectiva (P) y la potencia térmica del combustible. (Sanz, 2011)

$$\eta_c = \eta_t = 1 - \frac{T_b - T_a}{T_z - T_c}$$

Ecuación 7. Rendimiento térmico

Fuente: (Jóvaj, 1982)

Dónde:

η_c = Rendimiento térmico

η_t = Rendimiento térmico

T_b = Temperatura al final de la expansión

T_a = Temperatura al final de la admisión

T_z = Temperatura máxima del ciclo

T_c = Temperatura al final de la compresión

Por último menciona (Sanz, 2011) que: Las pérdidas de calor a través de los gases de escape suponen el 35% a 40% en los motores Otto.

2.7.3. Rendimiento indicado

Es el rendimiento del diagrama de trabajo del motor, indicada la calidad del mismo en cuanto a reglajes principalmente de distribución y encendido y se expresa por el cociente entre las superficies del diagrama práctico y el teórico (el diagrama práctico es el real corregido con las cotas de la distribución. El ciclo real es el teórico con gases reales.). (Ocaña, 2000)

$$\eta_i = \frac{L_i}{q_1}$$

Ecuación 8. Rendimiento indicado

Fuente: (Jóvaj, 1982)

Dónde

η_i = Rendimiento indicado

L_i = Trabajo indicado

q_1 = Cantidad de calor suministrado

2.7.4. Rendimiento efectivo

Manifiesta (González, 2011) que el rendimiento efectivo es cuando: Mide el grado de aprovechamiento del motor en relación al combustible empleado, es decir, relaciona la potencia efectiva empleada con la potencia del combustible. Su expresión es la siguiente:

$$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i$$

Ecuación 9. Rendimiento efectivo

Fuente: (Jóvaj, 1982)

Dónde:

η_e = Rendimiento efectivo

η_m = Rendimiento mecánico

η_i = Rendimiento indicado

2.7.5. Rendimiento volumétrico

Representa la eficiencia del llenado de los cilindros y se define como la relación entre la masa de mezcla o aire fresco que entra en el motor por ciclo y la que llenaría la cilindrada en unas condiciones de presión y temperatura de referencia, expresada en tanto por ciento. (González, Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, 2015)

Se puede definir como el grado de eficacia con que se logra llenar el cilindro. Se expresa como la relación entre la masa de gas que es introducida en el cilindro (M_a) en un ciclo y la masa que teóricamente cabe en el volumen del cilindro (M_c). (Sanz, 2011)

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T_a(1 + \gamma r)}$$

Ecuación 10. Rendimiento volumétrico

Fuente: (Jóvaj, 1982)

Dónde:

η_v = Rendimiento volumétrico

ε = Relación de compresión

P_a = Presión al final de la admisión

T_o = Temperatura ambiente

P_o = Presión atmosférica

T_a = Temperatura al final de la expansión

γr = Coeficiente de gases residuales

El grado de llenado de los cilindros influye directamente sobre el par y, por tanto, sobre la potencia desarrollada por el motor, ya que cuanto mejor sea el llenado, más energía se obtiene de la combustión. (Sanz, 2011)

2.8. Definición de parámetros empleados en cálculos matemáticos

- **Cilindrada unitaria**

Volumen desalojado por el pistón en su carrera entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior.

$$V_h = \frac{\pi * D^2 * S}{4}$$

Ecuación 11. Cilindrada unitaria

Fuente: (Mena N., 2011)

Dónde:

$V_h =$ *Cilindrada unitaria*

$D =$ *Diámetro del cilindro*

$S =$ *Carrera del pistón*

- **Carrera del pistón**

Distancia entre el PMS y el PMI que equivale al doble del radio del cigüeñal.

$$S = 2 R$$

Ecuación 12. Carrera del pistón

Fuente: (Mena N., 2011)

Dónde:

$S =$ *Carrera del pistón*

$R =$ *Radio del cigüeñal*

- **Velocidad angular del cigüeñal**

Velocidad de rotación que alcanza el eje del cigüeñal en un determinado tiempo y se expresa en revoluciones por minuto.

$$w = n * \frac{2\pi}{60} \left[\frac{rad}{s} \right]$$

Ecuación 13. Velocidad angular del cigüeñal

Dónde:

$w =$ Velocidad angular del cigüeñal

$n =$ Revoluciones del motor

- **Relación de compresión**

Resultado de la división entre el volumen total del cilindro por el volumen de la cámara de compresión.

$$\varepsilon = \frac{Vh + Vc}{Vc}$$

Ecuación 14. Relación de compresión

Fuente: (Mena N., 2011)

Dónde:

$\varepsilon =$ Relación de compresión

$Vh =$ Cilindrada unitaria

$Vc =$ Volumen de la cámara

2.9. Emisiones contaminantes de los MCI

Explica (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 1991) que: La contaminación producida por los automóviles es creada por la evaporación del combustible del automóvil (gasolina o combustible diesel). Estos pueden ser divididos en 3 sustancias básicas: CO, HC y NO_x. Estos gases son desagradables de respirar, y en muchos casos son peligrosos para los seres humanos, animales o plantas. Se muestra en la tabla 8 los gases contaminantes y las acciones peligrosas que hace cada una de ellas.

Tabla 8
Gases contaminantes

CONTAMINANTE	ORÍGEN EN LA ATMÓSFERA	ACCIONES PELIGROSAS
CO	Automóviles 93% Generación de poder, etc. 7%	Impide el intercambio de oxígeno en la sangre y causa el envenenamiento por monóxido de carbono. (CO atmosférico a una concentración de 30-40 PPM entorpece o paraliza el sistema nervioso autónomo, a 500 PPM o con una concentración mayor, causa dificultad para respirar y dolores de cabeza cuando intenta mover el cuerpo. A altas concentraciones puede causar la muerte).

CONTINÚA 

HC	Automóviles 57% Refinamiento de Petróleo, uso de Solventes, etc. 43%	Irrita los revestimientos de los órganos de la respiración.
NO_x	Automóviles 39% Fábricas, generación de poder, refinamiento de petróleo, etc. 61%	<ul style="list-style-type: none"> • Irrita los ojos, nariz y garganta, si la irritación es fuerte causa tos, dolores de cabeza y daño en los pulmones. • NO₂ atmosférico, suelta un olor irritante a 3-5 PPM. Irrita los ojos y nariz a 10-30 PPM. Causa tos, dolor de cabeza y vértigo a 30-50 PPM.

Fuente: (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 1991)

Hay 3 fuentes básicas de CO, HC y NO_x producido por un automóvil; gas de escape, gas de escape del cilindro y combustible evaporado. (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 1991)

2.9.1. Propiedades de los componentes de los gases de escape

a. Componentes principales

Los gases de escape están formados primordialmente por los gases no venenosos o no tóxicos, los cuales se detallan a continuación:

- **Nitrógeno (N₂):**

Es un gas no combustible, incoloro e inodoro. El nitrógeno es un componente elemental de nuestro aire respiratorio (78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros gases) y se alimenta al proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno O₂ (óxidos nítricos NO_x). (VOLSKWAGEN AG.)

- **Oxígeno (O₂)**

Es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape. (Guitox, 2011)

- **Vapor de agua (H₂O)**

El hidrógeno químicamente ligado contenido el combustible se quema formando vapor de agua, que al enfriarse se condensa en su mayor parte. En días fríos es visible como nube de vapor que sale del tubo de escape. Su contenido en los gases de escape es aproximadamente de un 13.1 %. (Bosch, 2003)

- **Dióxido de Carbono (CO₂)**

Es un gas incoloro, no combustible. Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado. Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto “invernadero”), el tema de las emisiones de CO₂ se ha hecho consciente en la opinión pública. El dióxido de carbono CO₂ reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta). (VOLSKWAGEN AG.)

b. Componentes secundarios

El porcentaje de los componentes secundarios que se generan durante la ignición, depende mucho del estado de funcionamiento del motor.

- **Monóxido de Carbono (CO)**

Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire respiratorio. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO₂. (VOLSKWAGEN AG.)

- **Hidrocarburos (HC)**

Por hidrocarburos se entiende el concepto colectivo de todos los compuestos químicos de carbono e hidrógeno. Las emisiones de HC hay que atribuir las a una combustión incompleta de la mezcla aire y combustible por falta de oxígeno. En la combustión pueden originarse también nuevos compuestos de hidrocarburos que no se encontraban originariamente en el combustible. (Bosch, 2003)

Los hidrocarburos son considerados en parte, si actúan de forma permanente, como cancerígenos. Los hidrocarburos semioxidados tienen un olor desagradable y producen, bajo efecto del sol, productos derivados, que también se consideran cancerígenos cuando su acción es permanente y se da en determinadas concentraciones. (Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, 2005)

- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x)**

No sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los Hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación. (Guitox, 2011)

2.9.2. Analizador de gases de escape

El analizador de gases es un elemento que con su tecnología de medición ayuda a determinar los residuos de gases en la combustión de carburantes, como la gasolina o el diésel; permitiendo al usuario, tanto una aplicación como comprobador de gases, como múltiples posibilidades para el diagnóstico de gases de escape.

En nuestro país, para motores a Gasolina el monitoreo se lo realiza bajo los siguientes reglamentos o normas que son:

- NTE INEN 2203:2000, establece el procedimiento de prueba para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos a gasolina, en condiciones de marcha mínima o "ralentí". Además el equipo a utilizar para las mediciones, debe tener una certificación de cumplimiento, remitida por el fabricante o el propietario del mismo
- NTE INEN 2204:2002, especifica los límites máximos de los gases de escape permitidos para vehículos a gasolina.

En la tabla 10, detalla los límites máximos de emisiones en marcha mínima o ralentí, es decir, prueba estática.

Tabla 9
Límites de emisiones permitidos para motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

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

* Volumen
** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)

Fuente: (INEN, 2002)

Generalmente el equipamiento de medición puede medirse simultáneamente HC, CO, CO₂, O₂.

El analizador CARTEK, mide las emisiones de gases producto de la combustión del motor.



Figura 11. Conexión vehículo y analizador de gases CARTEK

Valores que se encuentran configurados para ralentí por los porcentajes, permitidos son los siguientes:

- HC – 200 ppm
- CO – 1.00%
- CO₂ – 7.00%
- O₂ – 5.00%
- RPM MÍNIMAS: 500

Valores que se encuentran configurados para velocidad crucero por los porcentajes permitidos, son los siguientes:

- HC – 200 ppm
- CO – 3.00%
- CO₂ – 7.00%
- O₂ – 5.00%
- RPM : 2000 – 2750

2.10. Calibración del analizador de gases

- En el tanque de gas de calibración, es necesario ajustar la presión de salida en el manómetro a 20 PSI, luego conectar la cañería de gas de calibración a la salida del puerto de calibración de baja del analizador ver figura 12.



Figura 12. Calibración de gas de baja

- Ejecutar el programa InspectorGas en el computador, una vez que se haya visualizado las opciones correspondientes, abrir la válvula de suministro del tanque de gas y dar clic en la opción calibraciones.
- Dar clic en la opción Iniciar calibración de BAJA, leer las consideraciones que el software que indica, verificar que cumplan dichas condiciones y esperar que el analizador termine su calibración automática.
- Terminada la comprobación se debe cerrar la válvula de paso del tanque y desconectar la manguera del puerto de calibración de BAJA.



Figura 13. Calibración exitosa

2.11. Dinamómetro de rodillos

Los dinamómetros de rodillos se usan para conseguir curvas características del motor de combustión interna (potencia, torque), además el objetivo del dinamómetro es para conocer el estado de un motor, optimizar su rendimiento, su fuerza y velocidad.

Por último (Javier, 2010) menciona que: Para la realización del ensayo se ubican las ruedas del vehículo sobre los rodillos. Consecutivamente se fijan los sistemas que garantizan que el vehículo permanezca inmóvil durante la prueba. Para el inicio de la prueba se arranca el motor y empieza, hay que poner en tercera marcha. Se parte desde un número bajo de rpm y se acelera a fondo hasta el número de máximo de rpm que pide el

fabricante, allí se libera el acelerador y el motor retorna gradualmente al régimen de inicio.

El rodillo, de alta inercia y volumen, recibe la potencia de las ruedas del vehículo, y un sistema de captura de datos y un software especializado muestran en la pantalla del computador los resultados obtenidos en forma de gráficos y tablas.

Con un banco de rodillos, se puede determinar si el motor de un vehículo cumple con las especificaciones señaladas por el fabricante, así como también, evaluar la influencia de modificaciones mecánicas o electrónicas, sobre el rendimiento del motor, sin tener que desmontarlo.

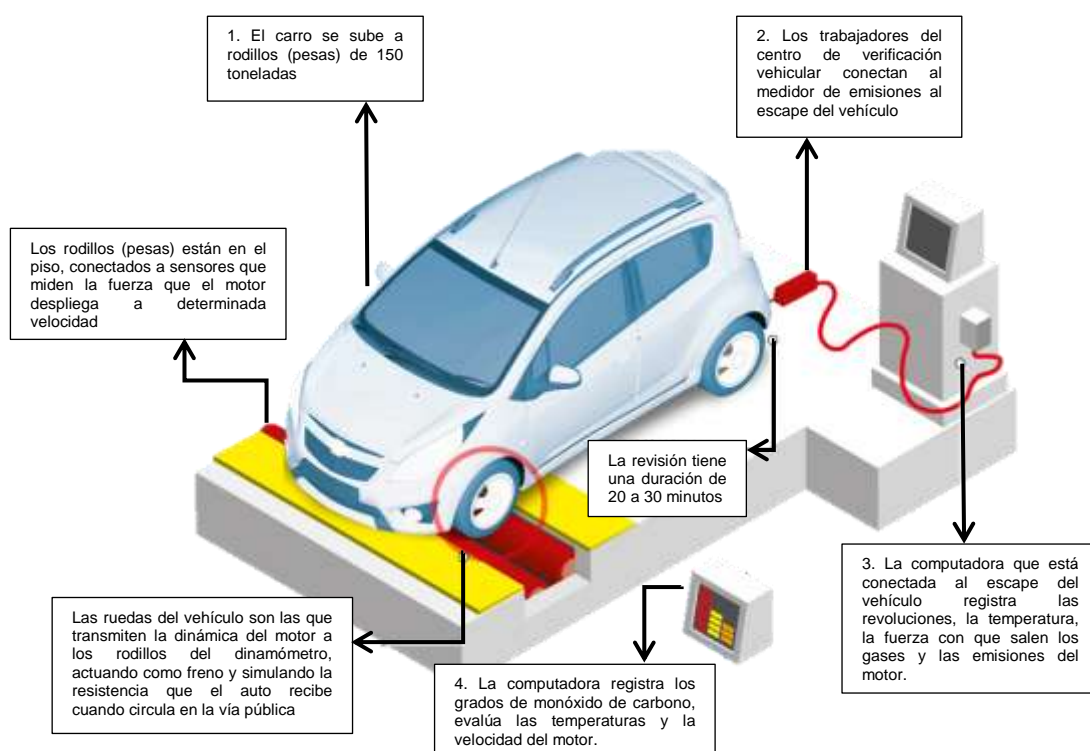


Figura 14. Dinamómetro de rodillos

Fuente: (Wachauf , 2016)

Las pruebas para el desarrollo de esta investigación se las realizó en banco de rodillos MOTORROLL POWER TEST ubicado en el Laboratorio de Motores de combustión Interna de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión - Latacunga, con el objetivo de obtener las curvas de potencia y torque al utilizar gasolinas comerciales de las 4 diferentes estaciones de servicio (PETROECUADOR, PRIMAX, TERPEL, MASGAS).

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LAS GASOLINAS COMERCIALES

3.1. Metodología de desarrollo de la investigación

La metodología y técnicas de investigación empleadas para el perfeccionamiento de la misma, mediante el levantamiento de información y procesos de medición especializados, utilizando protocolos de pruebas y ensayos de los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para fijar los parámetros característicos del motor al suministrar combustibles comerciales (SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS). La información recolectada, posibilitó el análisis y validación de resultados en el informe de investigación.

3.1.1. Métodos y técnicas empleados para la investigación

a. Método deductivo

Dado que la investigación se enfocó en la determinación del potencial energético y mecánico del motor Mazda F2, al utilizar los tipos de gasolinas comerciales empleados en el Ecuador: SÚPER, EXTRA, y ECOPAÍS, de 4 estaciones de servicio, realizando pruebas que permitió analizar los valores de torque, potencia y consumo específico; que se generó bajo la influencia de los combustibles mencionados anteriormente.

b. Método inductivo

Se manejará este método, ya que la investigación se la realizará en un vehículo de marca Mazda, modelo B2200, en el cual se utilizará los tres tipos de gasolina, SÚPER, EXTRA Y ECOPAÍS. Delimitando como referencia cuatro estaciones de servicio que se tomaran a consideración, las cuales en la siguiente tabla (10) se muestra las gasolinas a utilizar y de dónde proviene cada una, además se hará pruebas de mezcla entre gasolinas al 50% como; SÚPER-EXTRA, SÚPER-ECOPAÍS, EXTRA-ECOPAÍS:

Tabla 10
Estaciones de servicio

Estación de Servicio	Gasolina	CIUDAD
*Estación 1	SÚPER	Latacunga
	EXTRA	Latacunga
	ECOPAÍS	Guayaquil
**Estación 2	SÚPER	Salcedo
	EXTRA	Salcedo
	ECOPAÍS	Guayaquil
***Estación 3	SÚPER	Tambillo
	EXTRA	Tambillo
	ECOPAÍS	Guayaquil
**** Estación 4	SÚPER	Salcedo
	EXTRA	Salcedo
	ECOPAÍS	Guayaquil
* PETROECUADOR		
** PRIMAX		
***TERPEL		
**** MASGAS		

c. Método de medición

A través del método de medición se establecerá el protocolo de pruebas en función de la norma NTE INEN 2203:2000, se determinarán las unidades en las que se manejarán los datos, tomando en cuenta las escalas de los equipos con los que se realizan las pruebas.

d. Método experimental

Se desarrolló la investigación mediante ensayos y mediciones bajo normas de operación de los distintos laboratorios, para el análisis del potencial energético de las gasolinas comerciales empleados en el Ecuador; se consiguió obtener los valores de índice de octano y poder calorífico de los combustibles; efectuando pruebas de torque, potencia, consumo de combustible y además de la medición de gases contaminantes producto de la combustión del motor.

e. Método analítico

En la investigación se aplicó este método para permitir analizar de forma individual los resultados de las diferentes pruebas realizadas en cada uno de los parámetros característicos (torque, potencia y consumo específico volumétrico) del motor Mazda F2 bajo la influencia de los diferentes combustibles, debido al propósito de comprobar cual gasolina da mayores prestaciones para el desempeño mecánico del motor.

f. Método de síntesis

Mediante la recolección y compilación de los datos obtenidos en las pruebas realizadas al motor bajo la influencia de las gasolinas comerciales en el Ecuador, permitió resumir de manera organizada y concreta la información adquirida del potencial energético de cada una de las gasolinas analizadas.

g. Método comparativo

Se comparó las variaciones en los valores de los parámetros característicos (torque, potencia y consumo específico) del motor Mazda F2 basándose en datos y mediciones realizadas en condiciones normales de funcionamiento del motor, cual es la estación de servicio y gasolina que dan

mejores prestaciones al desempeño al motor y la probable mezcla entre gasolinas al 50%.

h. Método de matematización

Mediante la utilización de fórmulas matemáticas y datos técnicos del motor Mazda F2, se calculó los valores de los parámetros característicos (torque, potencia y consumo específico de combustible).

3.2. Camioneta Mazda B-2200

Para la realización de la presente investigación, se utilizó el motor de combustión interna Mazda F2 de la camioneta Mazda B-2200 de inyección electrónica MPFI y encendido por distribuidor. Se puede observar en la tabla 11 la ficha técnica del vehículo a utilizar para los cálculos y pruebas de laboratorio.

Tabla 11
Ficha técnica del vehículo

Modelo		MAZDA B-2200
N° Motor		F2832551
N° Chasis		8LFUNY0273M002072
Placa		PXB-665
MOTOR		
Posición		Transversal
Cilindrada		2184 cc
Diámetro x Carrera		86 mm x 94 mm
Potencia Máxima		91 HP @ 4500 rpm
Torque Máximo		160 N m @ 2500 rpm
Tipo		SOHC-8V en línea, 4 cilindros
Relación de Compresión		8.6:1
Tracción		Trasera
Tipo		Manual 5 velocidades
Relaciones	1°	3,622
	2°	2,186
	3°	1,419
	4°	1
	5°	0,858
Sistema de Alimentación		MPFI Directa
Sistema de Encendido		Distribuidor

Fuente: (MAZDA, 2003)

3.2.1. Mantenimiento del vehículo

Para el desarrollo de las diferentes pruebas a realizarse en el motor Mazda F2, el vehículo de encontrarse en perfectas condiciones de funcionamiento, con el objeto de que los resultados generados en la investigación sean confiables; por lo cual se detallaran los procedimientos de puesta a punto (ver figura 15)

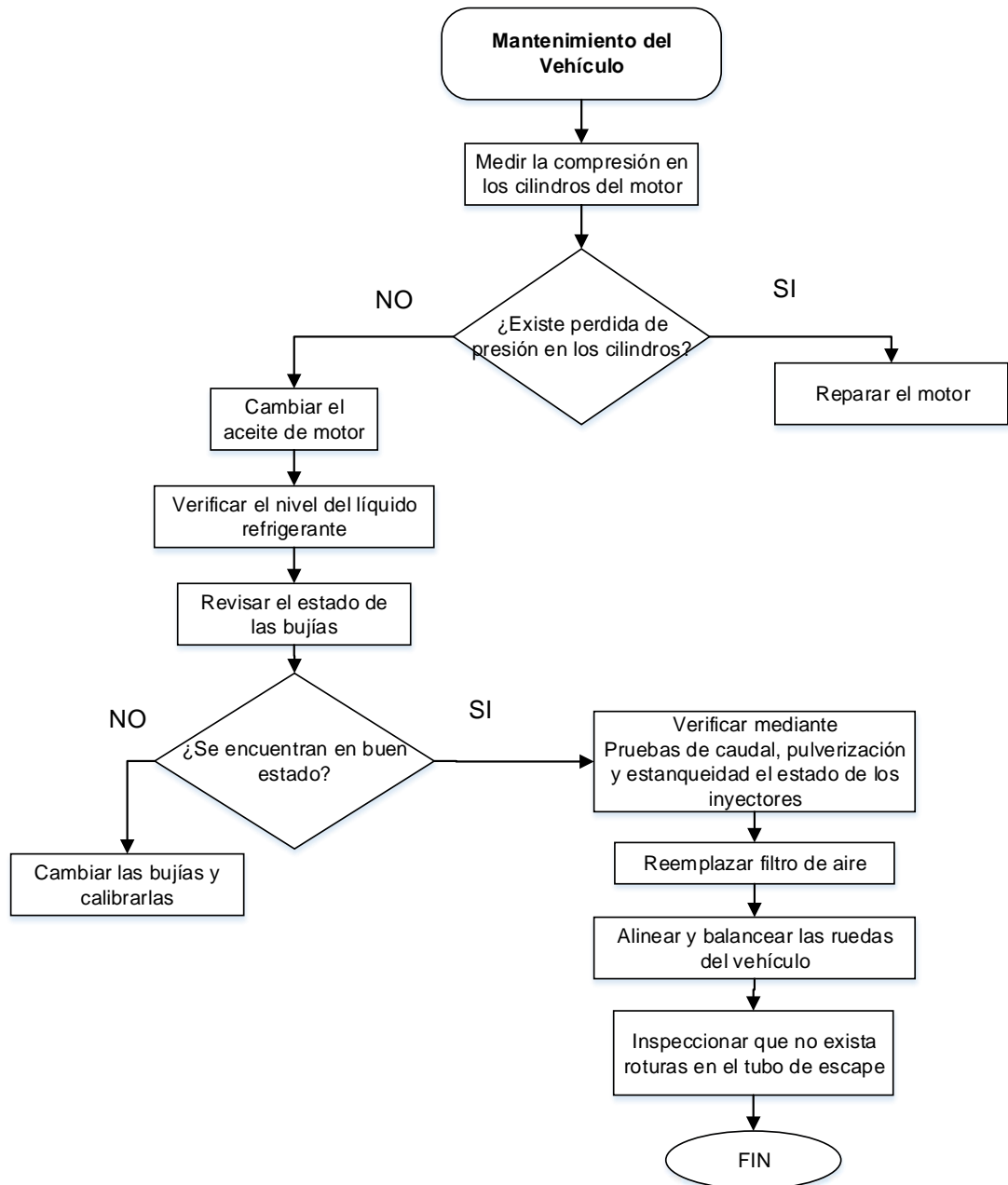


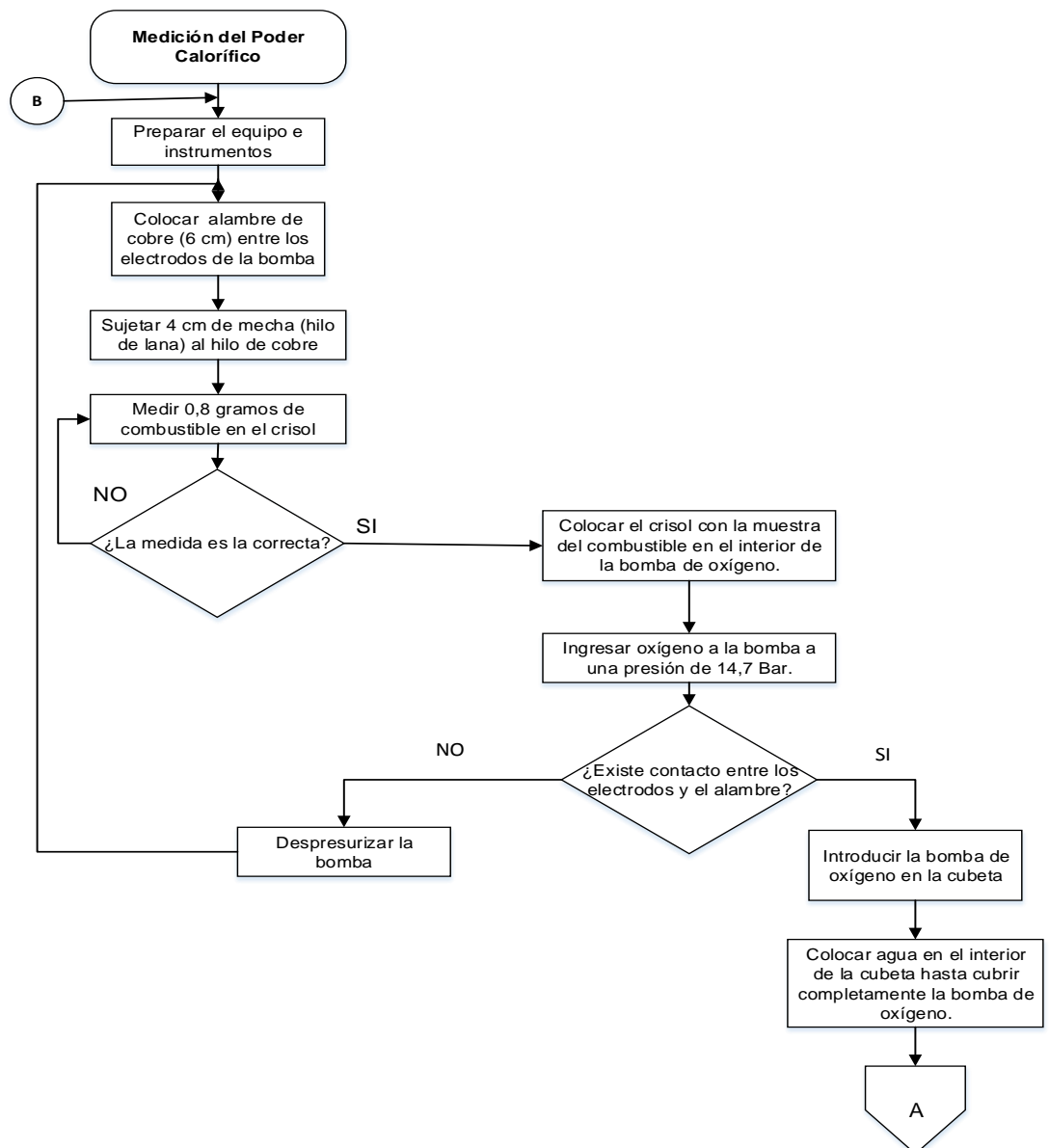
Figura 15. Mantenimiento mecánico del vehículo

3.3. Pruebas con la bomba calorimétrica adiabática

Estas pruebas se las efectuó con el propósito de establecer la cantidad de energía de las gasolinas de cada una de las estaciones de servicio, para lo cual se utilizó la bomba calorimétrica adiabática modelo Gallenkamp.

3.3.1. Obtención del poder calorífico de las gasolinas

La obtención del poder calorífico de los combustibles de prueba, se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de procedimiento de la figura 16.



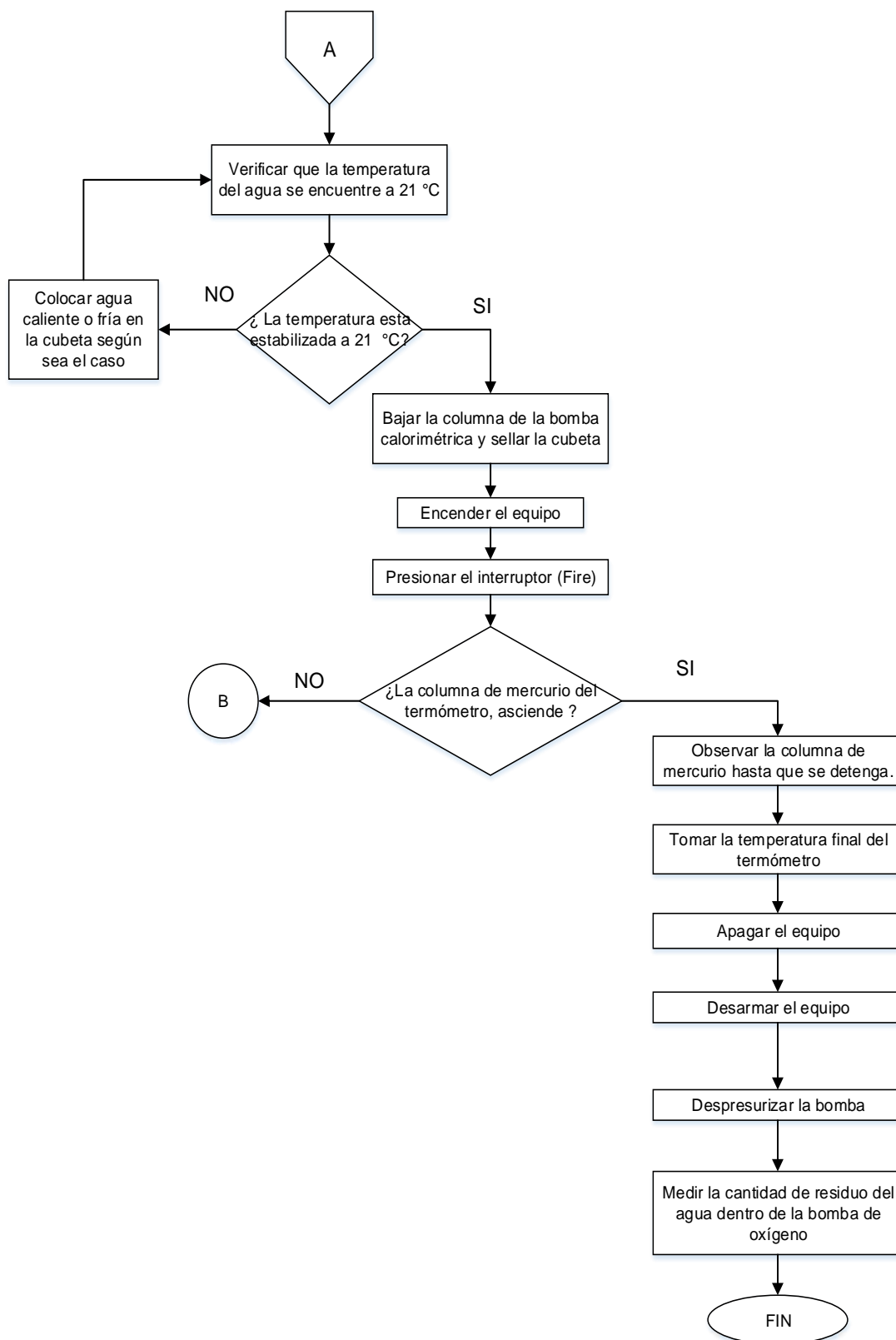


Figura 16. Diagrama de flujo obtención del poder calorífico

3.3.2. Procedimiento de obtención del poder calorífico

- a. Pesar con precisión 0.8 gramos la muestra de gasolina a quemar en un crisol. Para lo cual se debe encerrar la balanza electrónica para despreciar la masa del crisol.
- b. Colocar entre los electrodos de la bomba de oxígeno un trozo de hilo conductor de cobre de 6 cm de longitud y en medio de este un trozo de mecha (hilo de algodón) de 4 cm de longitud.



Figura 17. Crisol de la bomba de oxígeno

- c. Ensamblar la bomba de oxígeno, limpiando el polvo del interior de la cubierta y parte superior del cuerpo de la bomba. Una vez introducido el crisol con la muestra de gasolina dentro de la bomba, apriétese el anillo de cerrado de la bomba solo a mano.



Figura 18. Ensamblaje de la bomba de oxígeno

- d. Conectar la cañería proveniente del tanque de oxígeno a la válvula de llenado de la bomba, apriétese la unión con una llave N° 15 y

lentamente llene con oxígeno a una presión de 14,7 Bar sin desplazar el contenido de aire original.



Figura 19. Conexión de la cañería de llenado de oxígeno

- e. Comprobar que exista contacto entre los electrodos y el hilo conductor de cobre, para lo cual se procede a colocar el termistor en el enchufe que posee la bomba en la parte superior del anillo de cerrado junto a la válvula de llenado de oxígeno, observando que la luz piloto de color verde se encienda intensamente.



Figura 20. Luz de comprobación, contacto alambre - electrodo

- f. Controlar que el termómetro del agua se encuentre a una temperatura de 21°C del circuito de enfriamiento del calorímetro, la temperatura del agua que será ingresada en la capa aislante en la cual se ingresará la cubeta.



Figura 21. Marcación de la temperatura del agua en el termómetro

- g. Insertar la cubeta en el interior de la capa aislante del calorímetro, tomando en cuenta que las guías que posee coincidan con las de la capa aislante en la parte inferior.



Figura 22. Guías de fijación de la cubeta

- h. Colocar la bomba de oxígeno dentro de la cubeta, ubicándola sobre los tres alojamientos que posee, una vez dentro coloque agua a 21°C hasta el borde superior de la tapa de la bomba de oxígeno, compruebe que no muestre señales de pérdida de oxígeno.



Figura 23. Asegurar la bomba de oxígeno a la cubeta

- i. Girar la columna del aparato, bajar de manera que el electrodo y el tubo guía de entrada se sitúen sobre una línea paralela con el electrodo para facilitar la conexión de la clavija de encendido.



Figura 24. Sellado de la bomba calorimétrica

- j. Encender la bomba calorimétrica y verificar que la temperatura en los termómetros sea la misma (21°C) caso contrario estabilizar la temperatura (ver figura 25). Presionar el interruptor de encendido para quemar la muestra (Ver figura 26).



Figura 25. Interruptor de encendido de la bomba calorimétrica

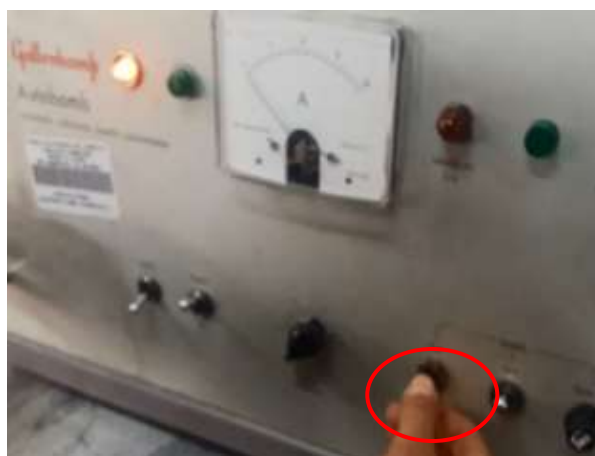


Figura 26. Interruptor (Fire)

- k. Una vez quemada la muestra observar el incremento de la temperatura en el termómetro hasta que alcance una temperatura final.



Figura 27. Variación de temperatura en el termómetro

- I. Apagar y desarmar los equipos una vez terminada la prueba:
 - Despresurizar la bomba de oxígeno mediante la válvula de alivio que posee en la parte superior (Ver figura 28). Desenroscar y quitar la tapa o anillo de cerrado de la bomba (Ver figura 29). Observar que no exista residuos del hilo conductor dentro del crisol.



Figura 28. Válvula de alivio



Figura 29. Desenroscado tapa de la bomba de oxígeno

3.3.2. Proceso de estandarización del equipo

Para realizar una prueba estándar es el mismo que se utiliza para el análisis de una muestra de combustible. Se utiliza una pastilla de ácido benzoico un 1 gramo.



Figura 30. Pastilla de ácido benzoico

3.4. Densidad de las gasolinas

El procedimiento a seguir para la obtención de la densidad de las gasolinas se lo detalla en el siguiente diagrama de flujo (ver figura 31)

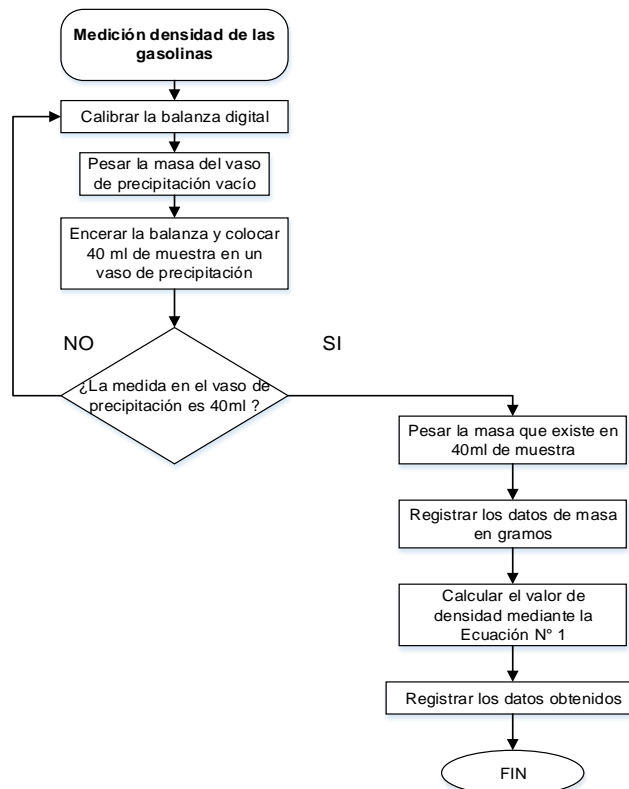


Figura 31 Diagrama de flujo obtención de la densidad de las gasolinas



Figura 33. Opción para agregar un nuevo cliente

- Seleccionar la opción Configuración, dar clic y verificar que aparezca en la parte derecha 5 opciones que son: Configuración general, Configuración de banco de pruebas, Almacenamiento de tiradas, Opciones de curva y unidades.

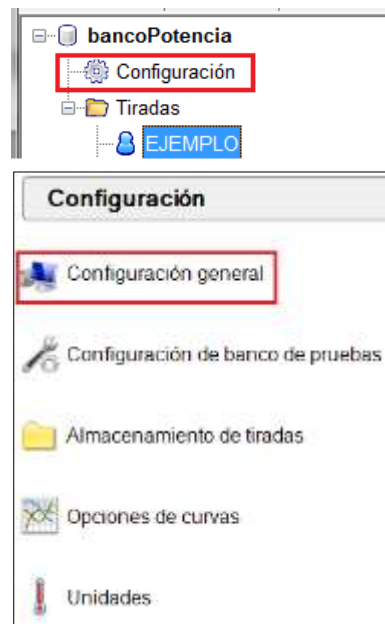


Figura 34. Opciones de configuración del banco de potencia

- Dar clic en Configuración General y cambiar los datos por defecto que del programa, en este caso se modifica el Puerto de comunicaciones por USB-SERIE y los Instrumentos por el valor de 100, para el dinamómetro que se va a utilizar y dar clic en Aceptar.

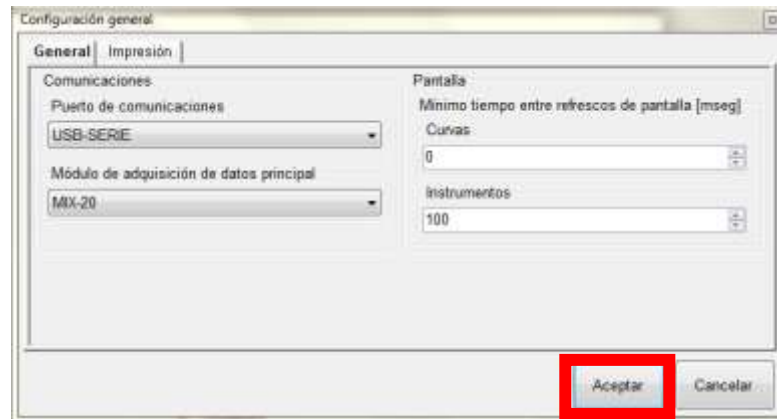


Figura 35. Opciones de configuración general

- Luego elegir la opción Banco de Pruebas, modificar los datos de la ventana desplegada como es el tipo de banco y el diámetro del rodillo y clic en la opción Aceptar.

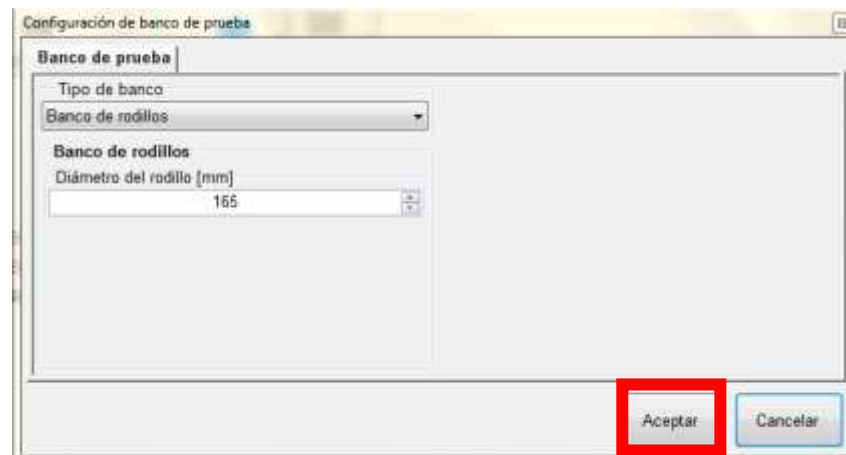


Figura 36. Opción configuración diámetro del banco de rodillos

- Cambiar la configuración de los demás apéndices (opciones de configuración de la interfaz) es opcional para cada usuario, ya que puede cambiarse el lugar de almacenamiento de las tiradas, cambiar los colores de las curvas y la visualización de las mismas al momento de realizar la prueba, y si es necesario cambiar las unidades de potencia de HP a KW o viceversa.
- Calibrar las rpm del rodillo ya que deben relacionarse con las rpm del motor del vehículo para que de esta manera el software calcule un factor de corrección.

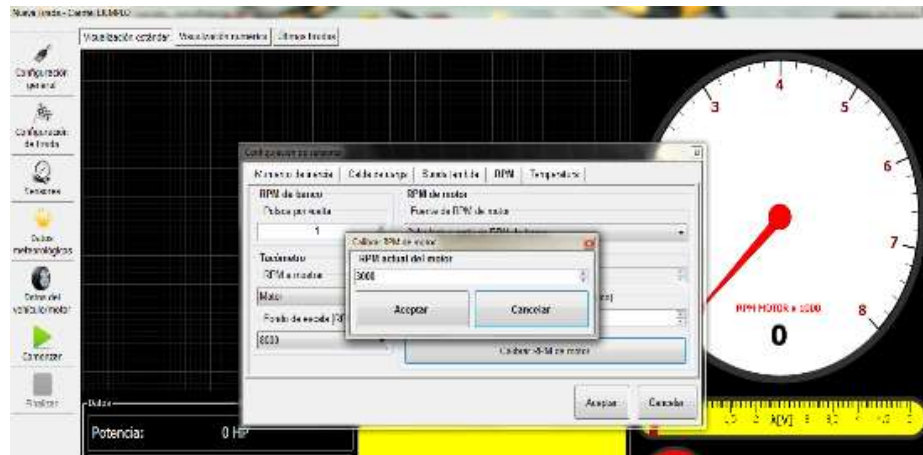


Figura 37. Ventana de configuración de rpm interfaz motor

- Sincronizar el tacómetro del vehículo con el tacómetro del software que se observa en la pantalla.
- Para lo cual es necesario dar clic en el cliente que ya fue creado anteriormente y dar clic en NUEVA TIRADA

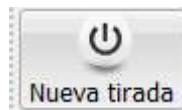


Figura 38. Ícono nueva tirada

- Desplegar la pantalla de la interfaz del banco de potencia, aquí se visualiza las pruebas respectivas.

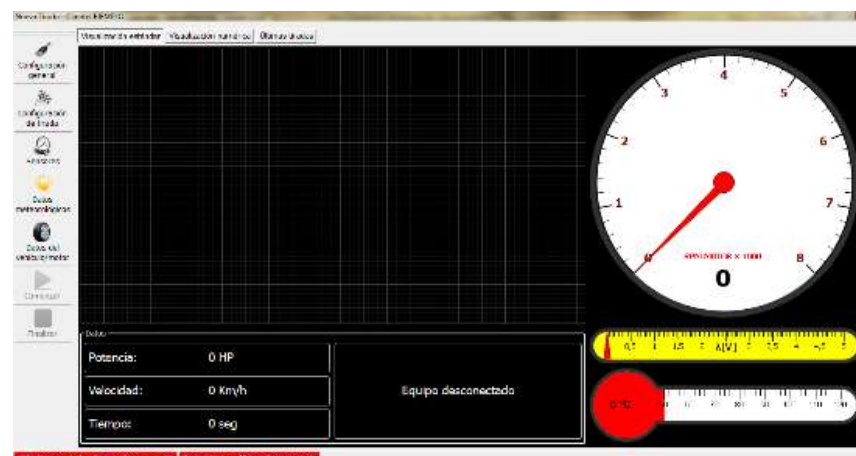


Figura 39. Pantalla de la interfaz del banco de potencia

- Seleccionar la opción de Configuración de tirada y nuevamente cambiar las opciones para el dinamómetro a utilizar, dar clic en aceptar.

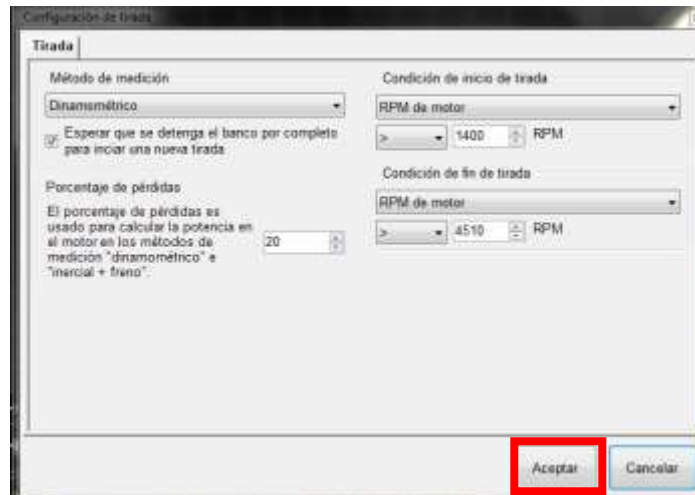


Figura 40. Opciones de configuración para una nueva tirada

NOTA: En la opción RPM de motor, se debe verificar en la ficha técnica del vehículo a qué revoluciones da su potencia máxima y aumentar 10 unidades más.

- Seleccionar la opción Sensores, buscar la opción RPM, aquí se realiza la calibración del mismo una vez terminado, elegir la opción aceptar.

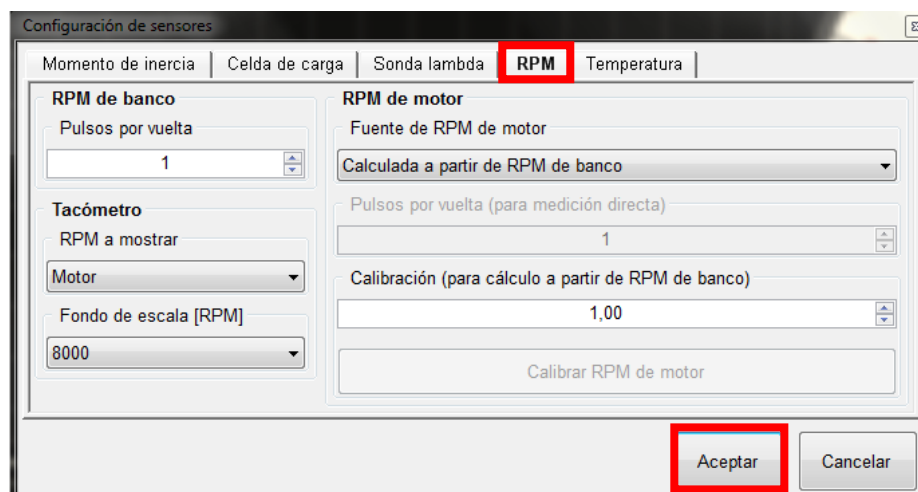


Figura 41. Calibración de las RPM entre el motor y el rodillo

Nota: Para la calibración (cálculo a partir de RPM de banco); el valor va a variar ya que este dependerá de la calibración de las RPM del software y de las RPM del motor.

b. Calibración banco de rodillos

- Mediante una engrasadora (A) agregar grasa (SKF, Fag, NTN, etc.) a los rodamientos de los rodillos.



Figura 42. Engrasada de rodillos

- Comprobar la temperatura del agua que se encuentra en el depósito de refrigeración del banco de rodillos, esta no debe sobrepasar los 30°C para que no exista datos erróneos en las pruebas. Si supera este valor se debe cambiar el agua del depósito.



Figura 43. Temperatura del depósito de agua

- Verificar el estado de los elementos que conforman el sensor de rpm del banco de rodillos, la placa no debe presentar ninguna deformación ni suciedad en la misma caso contrario repararla antes de iniciar la prueba.

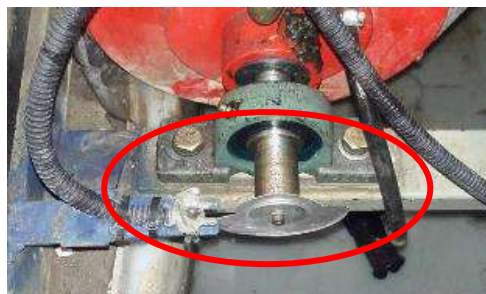


Figura 44. Sensor de rpm y placa de censo

- Conectar los componentes de la interfaz del rodillo al computador para iniciar las pruebas de potencia y torque.

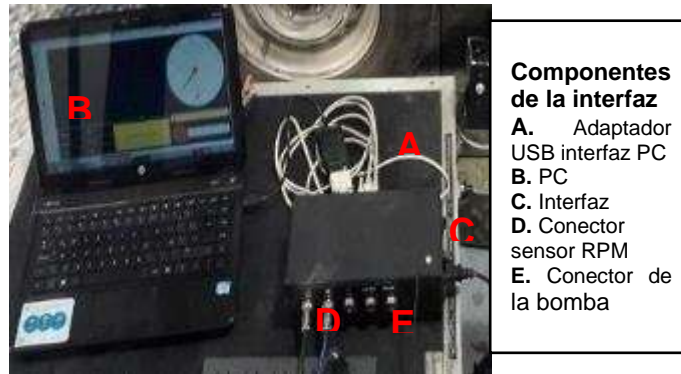
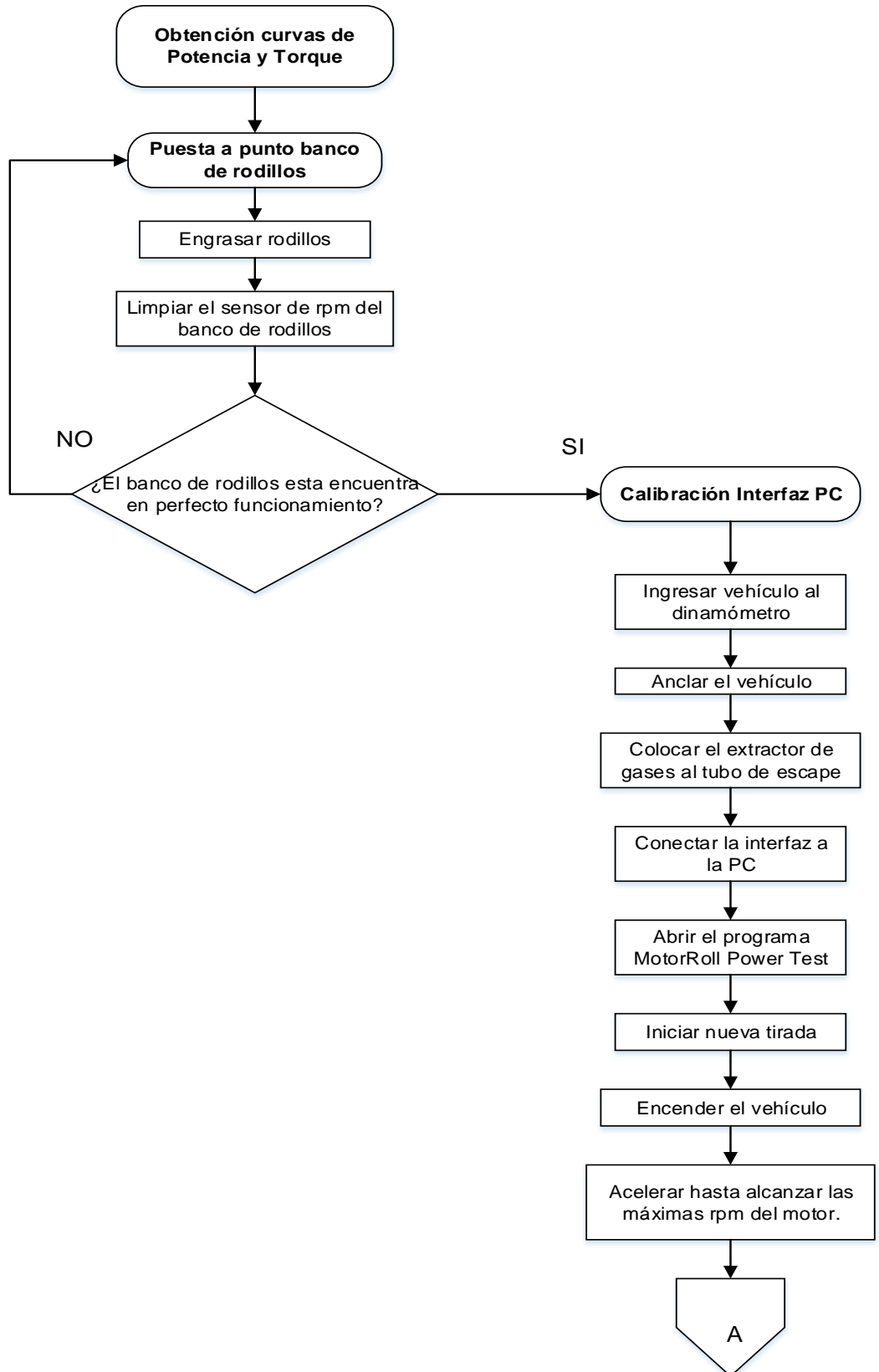


Figura 45. Interfaz y computador

La obtención de las curvas características del Motor Mazda F2 se realizó en el Dinamómetro de rodillo MOTORROLL Power Test, de acuerdo con el siguiente diagrama de procedimiento de la figura 46.



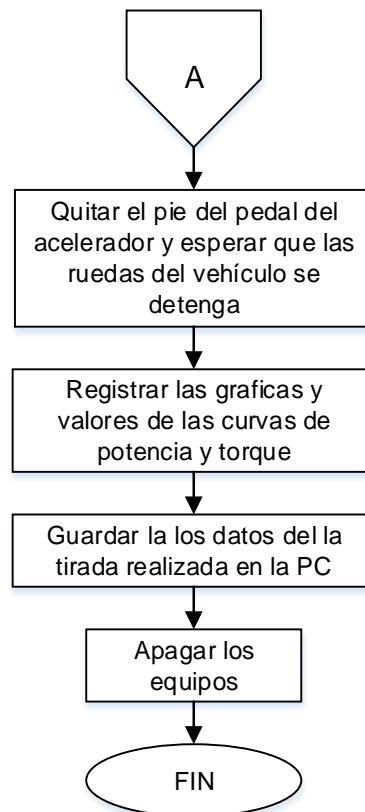


Figura 46. Diagrama de proceso curvas de potencia y torque

3.6. Consumo de combustible

Los ensayos de consumo de combustible volumétrico, se las realizó mediante una prueba de campo la cual reside en someter al vehículo a varios parámetros de conducción y condiciones normales de manejo en un circuito establecido, rigiéndose a los límites de velocidad determinados por la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial de la ANT (Agencia Nacional de Transito) en el Ecuador, consiguiendo de esta manera valores de consumo de combustible y tiempo de duración en el trayecto determinado.

3.6.1. Equipo de medición

Para la obtención de datos en las pruebas de consumo de combustible se utilizó la aplicación para Android Speedometer, que se muestra en la figura 47.



Figura 47. Aplicación para Android Speedometer

3.6.2. Consideraciones de la prueba

Se revisó el estado del vehículo, donde se verificó los niveles de aceite, líquido refrigerante, líquido de frenos y neumáticos, para garantizar la seguridad del piloto y copiloto durante el tiempo de ejecución de la prueba.

Se efectuó un reconocimiento previo del circuito, ya que la prueba combinó varios trayectos en los cuales el vehículo circuló por carretera, empedrado, tierra y zona urbana, con el objetivo de establecer valores de consumo de combustible.

El piloto realizó las pruebas bajo las mismas condiciones de manejo, teniendo en cuenta los límites de velocidad que debe cumplir en el circuito establecido, en sector urbano 50km/h y 100 Km/h en carretera.

3.6.3. Circuito establecido

Se consideró los siguientes parámetros para establecer el circuito de evaluación.

- Deben respetarse los puntos de partida y de llegada del circuito.
- Durante la ejecución de la prueba existió un tramo de asfalto de 1.6 Km.
- El trayecto en el cual se puso a prueba la potencia del vehículo, tuvo una distancia de 1,7 Km, compuesto de un tramo de asfalto.
- Parte del trayecto hubo un camino empedrado de 0,3 Km.
- El recorrido mostró un tramo de tierra de 1 Km, en el cual existió subidas y bajadas en caminos estrechos y ásperos.
- En el circuito establecido, existió tramos cortos para la conducción en ciudad que tuvo una distancia total de 1.4 Km

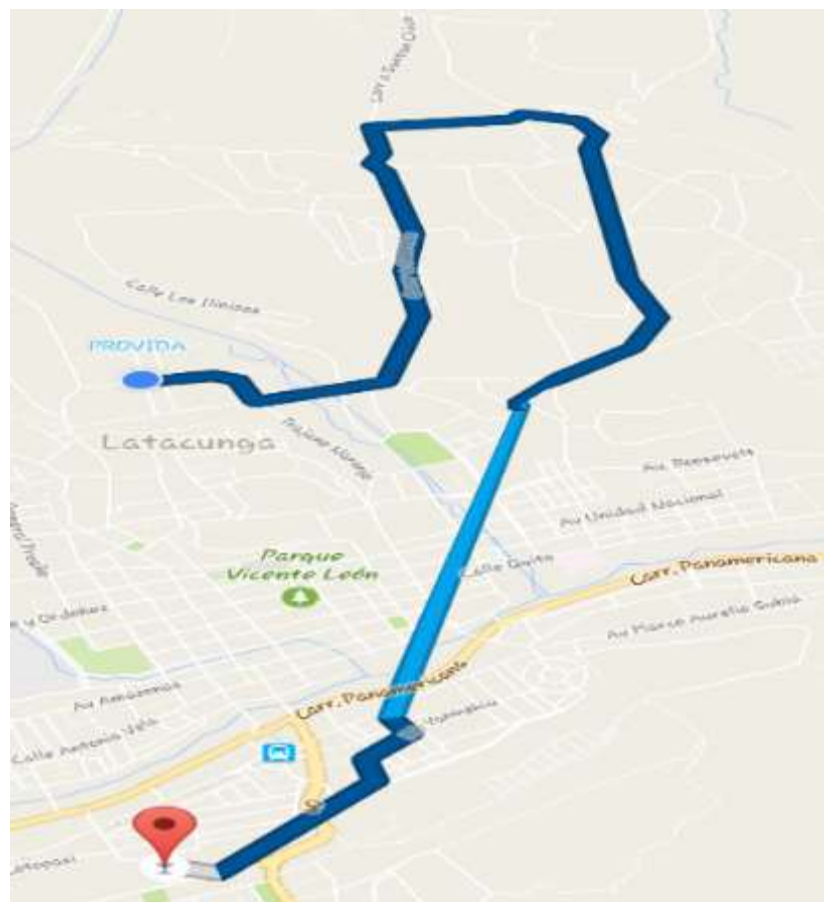


Figura 48. Circuito para la evaluación de consumo de combustible
Fuente: (Google Earth, 2017)

3.7. Análisis de emisiones de gases contaminantes

Se desarrolló el análisis de gases contaminantes considerando la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 2204:2002, la cual establece los límites permitidos de emisiones de gases contaminantes emanados al ambiente por los automotores a gasolina, dichas pruebas fueron realizadas en condiciones estáticas con el interés de determinar el porcentaje de los gases nocivos producto del proceso de combustión del motor, al utilizar las gasolinas comerciales (SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS) y mezclas al 50%.

3.7.1. Instrumento de medición de gases de escape

3.7.2. Ficha técnica del analizador de gases CARTEK

Tabla 12

Ficha técnica analizador de gases CARTEK

ANALIZADOR DE GASES CARTEK			
PARÁMETROS GENERALES		INFORMACIÓN CENTRO DE DIAGNÓSTICO	
Ignorar el valor de RPM en las pruebas		Nombre:	ESPE
Mostrar medidores antes de realizar la inspección	x	Dirección:	BELISARIO QUEVEDO - LATACUNGA
Validar sólo información básica del vehículo	x	Fecha Recibida:	14/12/2016
Validar sólo información básica del propietario	x	E-mail:	
Activar prueba de humos en gasolina		Ciudad:	Latacunga
Grabar impresiones en PDF	x	Teléfono:	
INFORMACIÓN DE LOS CERTIFICADOS			
APROBADOS:		RECHAZADOS:	
Certificado mínimo:	1	Certificado mínimo:	1
Certificado máximo:	10000	Certificado máximo:	5000
Certificado actual:	96	Certificado actual:	71
Certificado alarma:	100	Certificado alarma:	10
REGISTRO DE NORMAS GASOLINA			
Año:	Inicial	2011	
	Final	2017	
Límite:	HC ppm	200	
	CO (%)	1	
Tipo de combustible	Gasolina		
REGISTRO DE INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO			
Servicio	OFICIAL	CLASE	BUSETA
	OTROS		BUS
	PARTICULAR		CAMIONETA
	PÚBLICO		AUTOMOVIL
	TRANSMILE		MICROBUS

CONTINÚA 

INFORMACIÓN DE CALIBRACIÓN Y FUGAS				
Calibración de gases	Intervalo entre calibraciones en días			
	Intervalo entre fugas en días			
	Span de O2			
	CALIBRACIÓN	BAJA	HC	300
			CO	1
			CO2	6
	CALIBRACIÓN	ALTA	HC	-
CO			-	
CO2			-	
INFORMACIÓN DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN				
Banco de gases	Marca del banco		HORIBA BE 140	
	Serial del equipo		COD001	
	Marca del equipo		BEAR	
	Serial interno		556749	
	PEF		0.494	
	Puerto		3	
	Apreciación		0.01	
	Marca del Módulo		BEAR 57-220	
	Puerto		0	
	Serial Interno		-	
Serial del Equipo		-		
INFORMACIÓN DE LA PRUEBA DE GASES				
Condiciones Generales	Cero automático		X	
	Sobre 1800 mts		X	
	Realizar prueba crucero		X	
	Prueba de crucero primero que prueba ralentí			
Ralentí	Tiempo de la prueba		20	
	RPM mínimas		500	
	RPM máximas		1100	
Crucero	Tiempo de la prueba		20	
	RPM mínimas		2000	
	RPM máximas		2750	

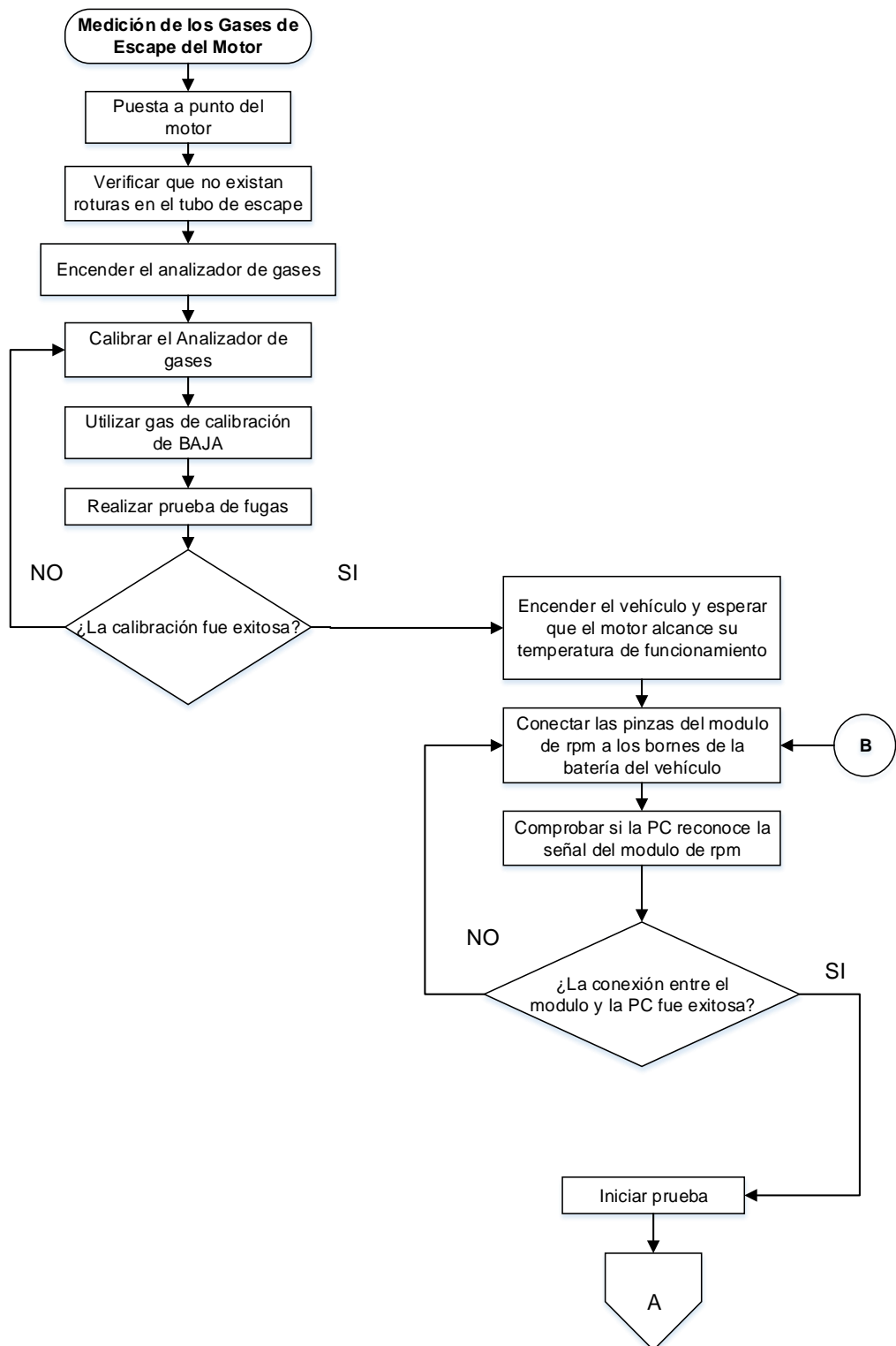
3.7.3. Calibración del analizador de gases CARTEK

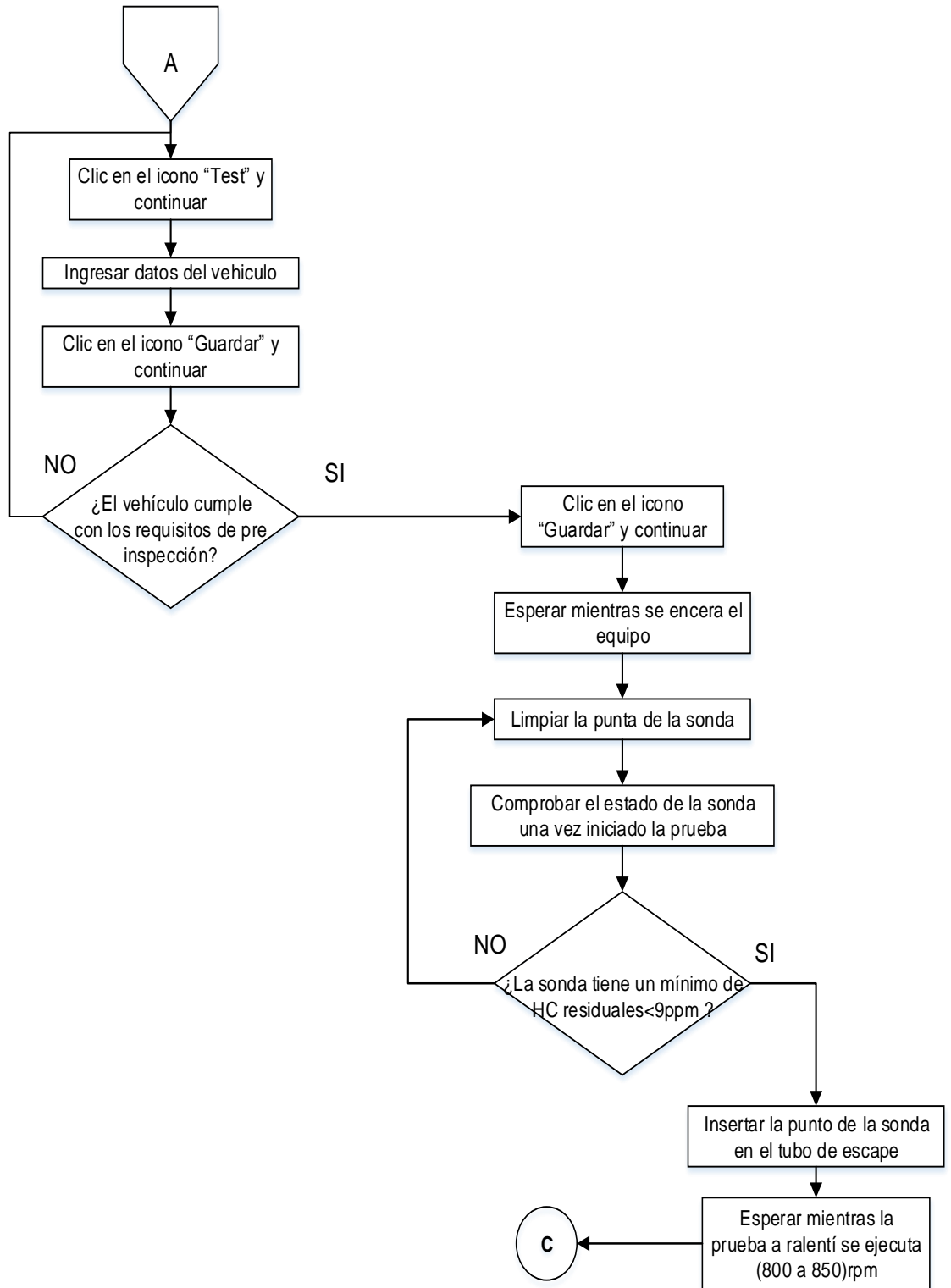
a. Prueba de fugas

- Ubicar un tapón en la punta de la sonda para evitar que exista fugas en el circuito del analizador, dar clic en la opción fugas.
- Dar clic en Iniciar prueba y esperar que el banco realice la prueba automáticamente, terminada la prueba se activaran los iconos de certificados de calibración y fugas.

b. Pruebas en el analizador de gases

El siguiente diagrama de flujo especifica los procedimientos a seguir en las pruebas con el analizador de gases CARTEK figura 49.





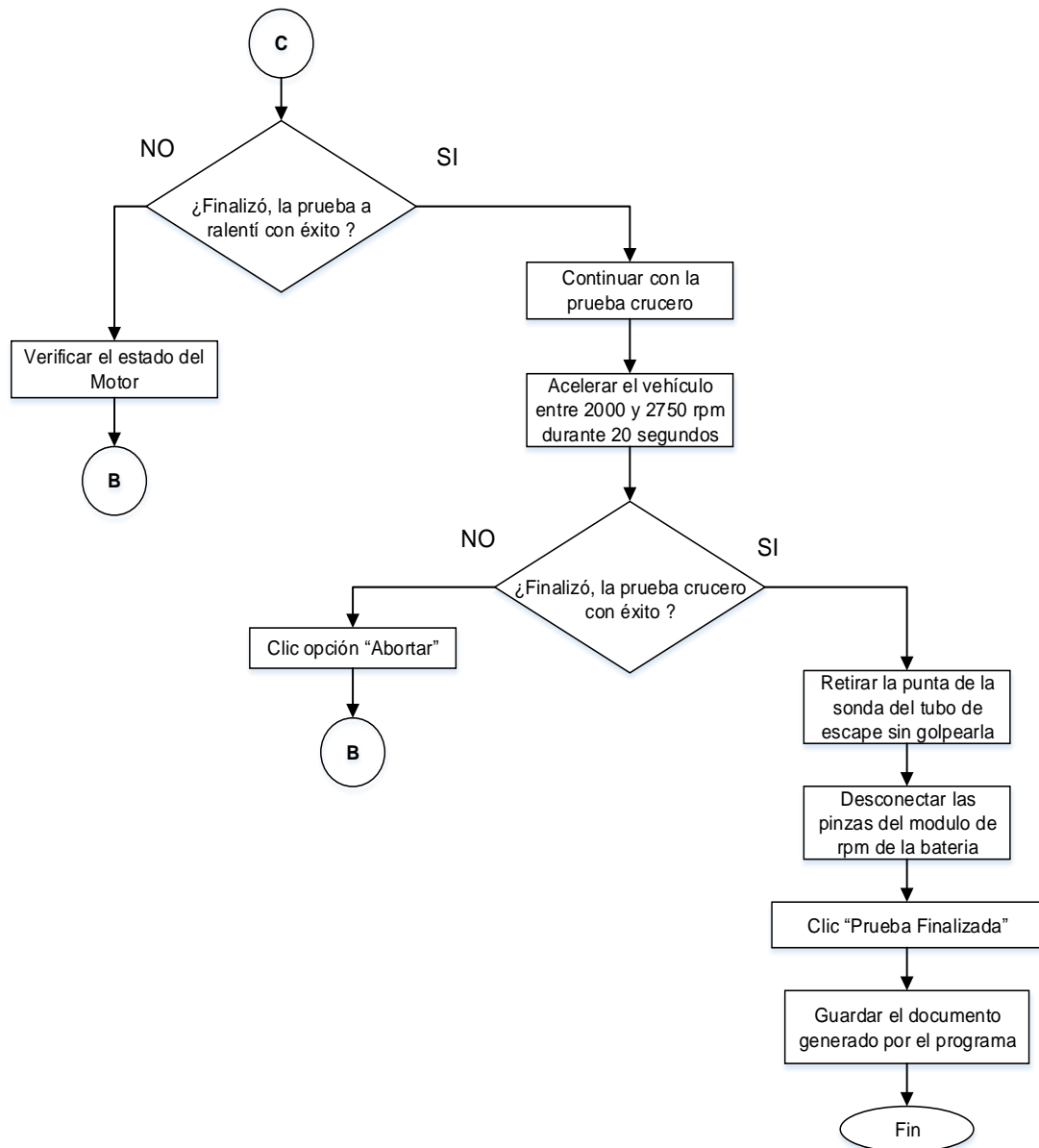


Figura 49. Diagrama de flujo para la medición los gases de escape

3.8. Pruebas de índice de octano de las gasolinas comerciales

Las pruebas de obtención de índice de octanos de las gasolinas, las realizó la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), bajo la Norma técnica ecuatoriana INEN 2103:1998; la cual establece el procedimiento para determinar las características antidetonantes de las gasolinas utilizadas en motores de combustión interna de encendido por chispa (ver Anexo H).

3.8.1. Equipo de obtención del índice de octano

Para la obtención de las características antidetonantes, se utilizó el método de número de octano RON que se relaciona con el comportamiento antidetonante de las gasolinas, para lo cual se utilizó la Máquina de ensayo de detonación (Octanómetro) que consta de un motor mono cilíndrico de relación de compresión variable, provisto de accesorios e instrumentos adecuados montados sobre una base fija como la que se puede observar en la (figura 50).



Figura 50. Octanómetro

Fuente: (Encalada Cajisaca & Ñauta Uzhca, 2010)

3.8.2. Consideraciones para las pruebas en el octanómetro

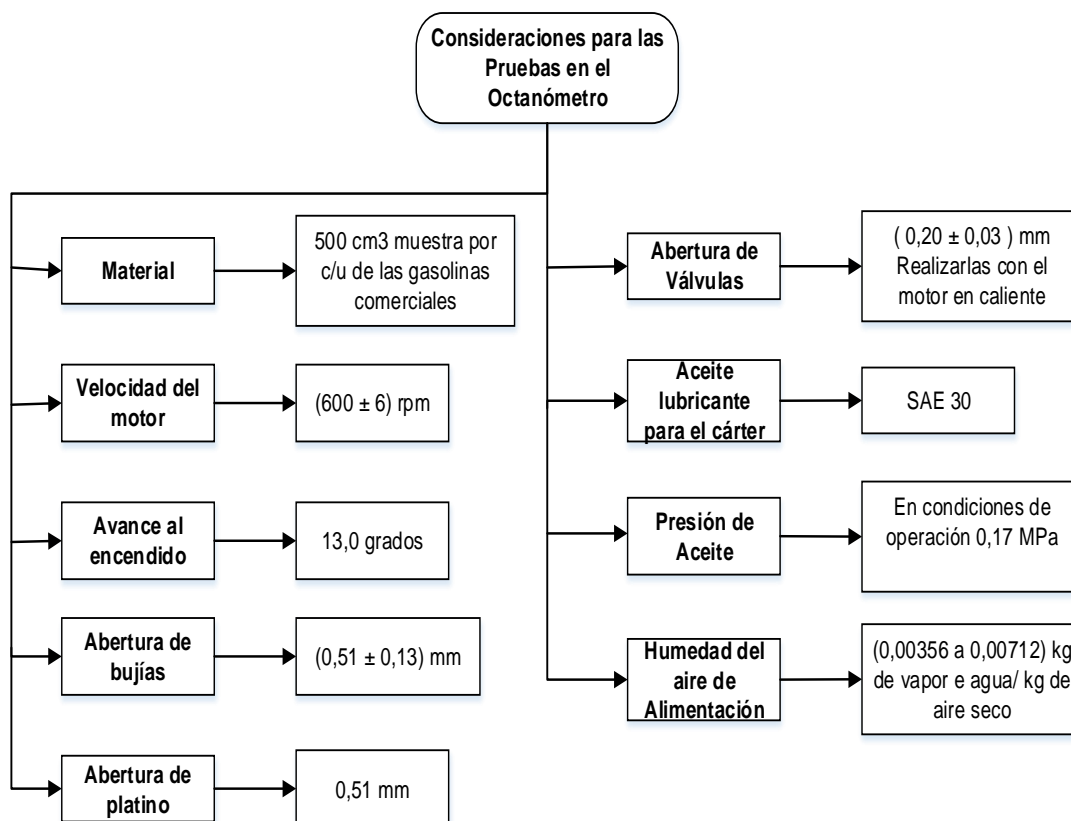


Figura 51. Consideraciones para el ensayo RON
Fuente: (INEN, 1998)

Nota: En sistemas de encendido electrónico la abertura entre el convertidor y la paleta del motor es de 0,8mm a 0,13mm.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas, se determinó valores de poder calorífico superior e inferior, densidad, y curvas de rendimiento (potencia y torque), consumo volumétrico de combustible y emisiones de gases; de 3 tipos de gasolinas comerciales empleadas en el Ecuador (SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS) y a la vez; estas fueron seleccionadas de 4 estaciones de servicio, por último, se hizo una mezcla del 50% entre los carburantes de una estación de servicio: EXTRA-SÚPER, ECOPAÍS-SÚPER y ECOPAÍS-EXTRA, dando un total de 15 pruebas por cada parámetro mencionado.

Además, se realizó cálculos del poder calorífico inferior con los datos obtenidos de la bomba calorimétrica, rendimientos del motor, potencia indicada, consumo específico de combustible. Para comparar con los datos obtenidos, los cálculos matemáticos y los datos técnicos de motor MAZDA F2.

Para el análisis de índice de octano se tomó en cuenta los valores referidos del informe proporcionado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) y se estableció una comparación con las normas NTE INEN 935:2016, que se mencionan en este capítulo.

4.1. Poder calorífico

En las pruebas realizadas para la obtención del poder calorífico; en la bomba calorimétrica, se determinó el poder calorífico superior y en base a este dato se calculó el poder calorífico inferior.

4.1.1. Cálculo de datos y tabulación

Se usa poder calorífico superior (PCS), para el calor verdaderamente emanado en la reacción de combustión y poder calorífico inferior (PCI), es para el calor efectivamente aprovechable en el motor.

a. Cálculo del poder calorífico superior

Para el cálculo del PCS hay que tener en cuenta varios parámetros; en la tabla 13 se observa un ejemplo de datos necesarios, para la obtención del mismo.

Tabla 13
Parámetros para el cálculo del PCS

Significado	Valor	Descripción
Capacidad calorífica Total del Aparato	12361.68 [J/°C]	Dato obtenido previo a pruebas realizadas, con el valor calorífico del ácido benzoico para calibración del aparato.
Peso del combustible	0,8 [g]	Para cada combustible siempre se utiliza este peso.
Temperatura Inicial	21 [°C]	Temperatura en la cual inicia el proceso.
Temperatura Final	24,10 [°C]	Temperatura máxima alcanzada al final del proceso de combustión.
Variación de temperatura	3,10 [°C]	Se tomó de la primera prueba que se hizo, en este caso es de la gasolina Súper de ESTACIÓN 1.
Energía Total Liberada	38321,208 [J]	Se calcula con el valor de la capacidad calorífica total del aparato multiplicado con la variación de temperatura del combustible.
Poder calorífico Superior	47901,51 [KJ/Kg]	Obteniendo la energía total liberada dividido para el peso del combustible.

En la tabla 14 se muestra los valores de temperatura inicial, final y la variación, de cada combustible a evaluar, que es necesario para la obtención del PCS.

Tabla 14
Temperaturas y variación, de las gasolinas

Gasolinera	Gasolina	T. INICIAL (°C)	T. FINAL (°C)	ΔT
ESTACIÓN 1	SÚPER	21	24,10	3,10
	EXTRA	21	23,99	2,99
	ECOPAÍS	21	23,95	2,95

CONTINÚA 

ESTACIÓN 2	SÚPER	21	24,17	3,17
	EXTRA	21	23,98	2,98
	ECOPAÍS	21	23,94	2,94
ESTACIÓN 3	SÚPER	21	24,09	3,09
	EXTRA	21	24,03	3,03
	ECOPAÍS	21	23,97	2,97
ESTACIÓN 4	SÚPER	21	24,15	3,15
	EXTRA	21	24,00	3,00
	ECOPAÍS	21	23,90	2,90
MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	21	24,09	3,09
	SÚPER-ECOPAÍS	21	23,99	2,99
	EXTRA-ECOPAÍS	21	24,10	3,10

b. Cálculo del poder calorífico inferior

A continuación se realiza un ejemplo de la obtención de PCI de la gasolina, tomando como referencia el PCS y otros parámetros como poder calorífico superior y masas de agua, que se describen en la tabla 15.

De la ecuación 2 se encontrará PCI:

$$PCI = PCS - 2442 \left(\frac{m_w}{m_F} \right)$$

$$PCI = 46201,779 - 2442 \left(\frac{0,72}{0,8} \right)$$

$$PCI = 44003,979 \frac{KJ}{Kg}$$

Tabla 15
Parámetros para los cálculos del PCI

Significado	Valor	Descripción
Poder Calorífico Superior	46201,779 [KJ/Kg]	Es el valor calculado del poder calorífico superior.
Masa del papel seco	0,41 [g]	Es necesario utilizar un papel para sacar los residuos de agua que se encuentra en la bomba
Masa del papel húmedo	1,63 [g]	Es la masa del papel con el agua que contenía la bomba
Masa de agua adicional en la bomba	0,5 [g]	Aumento de masa de agua en la bomba para todas las pruebas.
Masa de agua total	0,72 [g]	Es la diferencia de las 3 masas mencionadas anteriormente

CONTINÚA 

Poder Calorífico Inferior	44003,98 [KJ/Kg]	Obtención del poder calorífico inferior
----------------------------------	---------------------	---

4.1.2. Análisis de resultados del poder calorífico

Se muestra en la tabla 16, los poderes caloríficos superior e inferior de los combustibles de las 4 diferentes estaciones de servicio y las mezclas al 50%.

Tabla 16
Poder calorífico superior e inferior

Estación de Servicio	Gasolina	PODER CALORÍFICO SUPERIOR (KJ/Kg)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (KJ/Kg)
ESTACIÓN 1	SÚPER	47901,510	47271,510
	EXTRA	46201,779	44003,979
	ECOPAÍS	45583,695	44916,195
ESTACIÓN 2	SÚPER	48983,157	48345,657
	EXTRA	46047,258	45124,758
	ECOPAÍS	45429,174	44739,174
ESTACIÓN 3	SÚPER	47746,989	47124,489
	EXTRA	46819,863	45882,363
	ECOPAÍS	45892,737	45217,737
ESTACIÓN 4	SÚPER	48674,115	48059,115
	EXTRA	46356,300	45463,800
	ECOPAÍS	44811,090	44128,590
MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	47746,989	47019,489
	SÚPER-ECOPAÍS	46201,779	45504,279
	EXTRA-ECOPAÍS	47901,510	47151,510

En la figura 52, se indica el poder calorífico superior de las cuatro estaciones de servicio con sus 3 tipos de gasolinas respectivamente, que se comercializan en el Ecuador para motores de ciclo Otto.

Dando como resultado que; la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 2, tiene un valor de 48983,157 [KJ/Kg], y como valor mínimo de 44811,090 [KJ/Kg] que tiene la ECOPAÍS de la ESTACIÓN 4, que estos a la vez se aproximan al valor mencionado en la tabla 7; además se visualiza que todos los valores del PCS de las gasolinas, EXTRA y ECOPAÍS están debajo del valor que también se señala en la tabla 7, pero que están en un rango considerable.

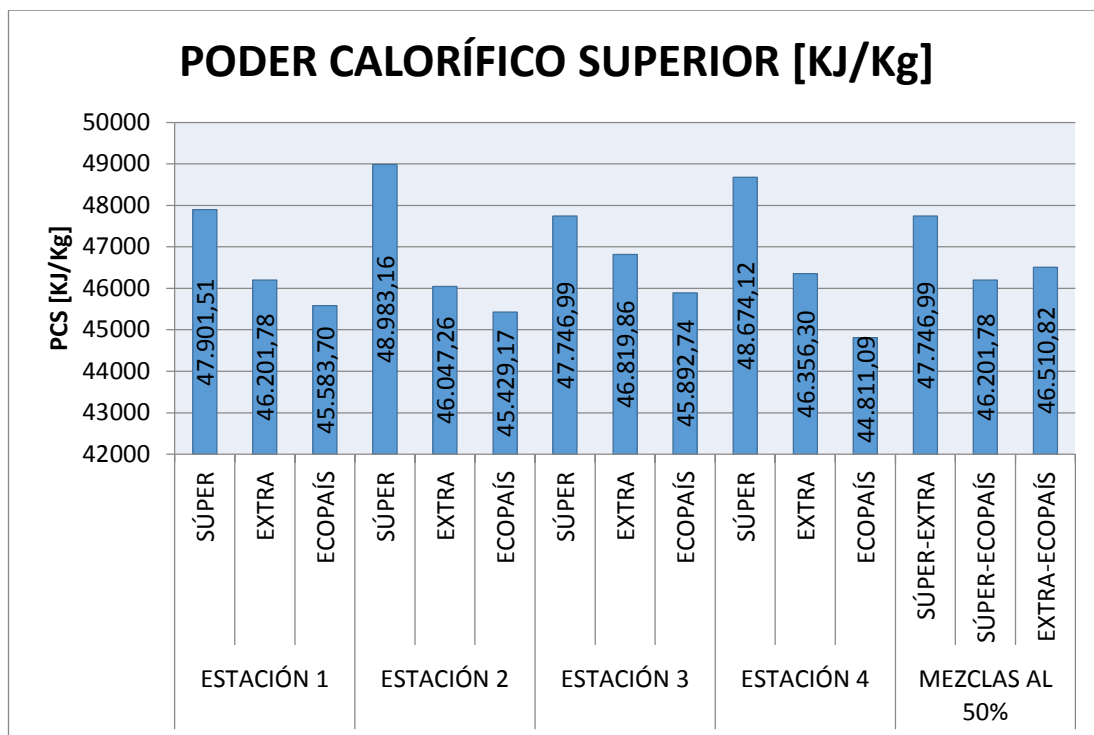


Figura 52. PCS de las cuatro estaciones de servicio

Se muestra la variación porcentual del PCS en la tabla 17, de las diferentes gasolinas de cada estación de servicio tomando como referencia el valor del PCS de 47300 [KJ/Kg] (ver tabla 7), se observa valores negativos, es decir, que tiene menor cantidad de PCS referencial.

Tabla 17

Variación porcentual del PCS

Estación de Servicio	Gasolina	Δ PCS%
ESTACIÓN 1	SÚPER	1,27
	EXTRA	-2,29
	ECOPAÍS	-3,71
ESTACIÓN 2	SÚPER	3,69
	EXTRA	-2,56
	ECOPAÍS	-4,06
ESTACIÓN 3	SÚPER	0,98
	EXTRA	-1,01
	ECOPAÍS	-3,01
ESTACIÓN 4	SÚPER	2,99
	EXTRA	-1,94
	ECOPAÍS	-5,37
MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	1,00
	SÚPER-ECOPAÍS	-2,30
	EXTRA-ECOPAÍS	-1,71

En la figura 53, se muestra los valores del PCI; en el cual se puede distinguir que la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 2 tiene un valor de 48345,657 [KJ/Kg], y EXTRA de la ESTACIÓN 1 tiene un valor mínimo de 44003,979 [KJ/Kg], que de igual manera, en la tabla 7 se encuentra el valor aproximado del PCI.

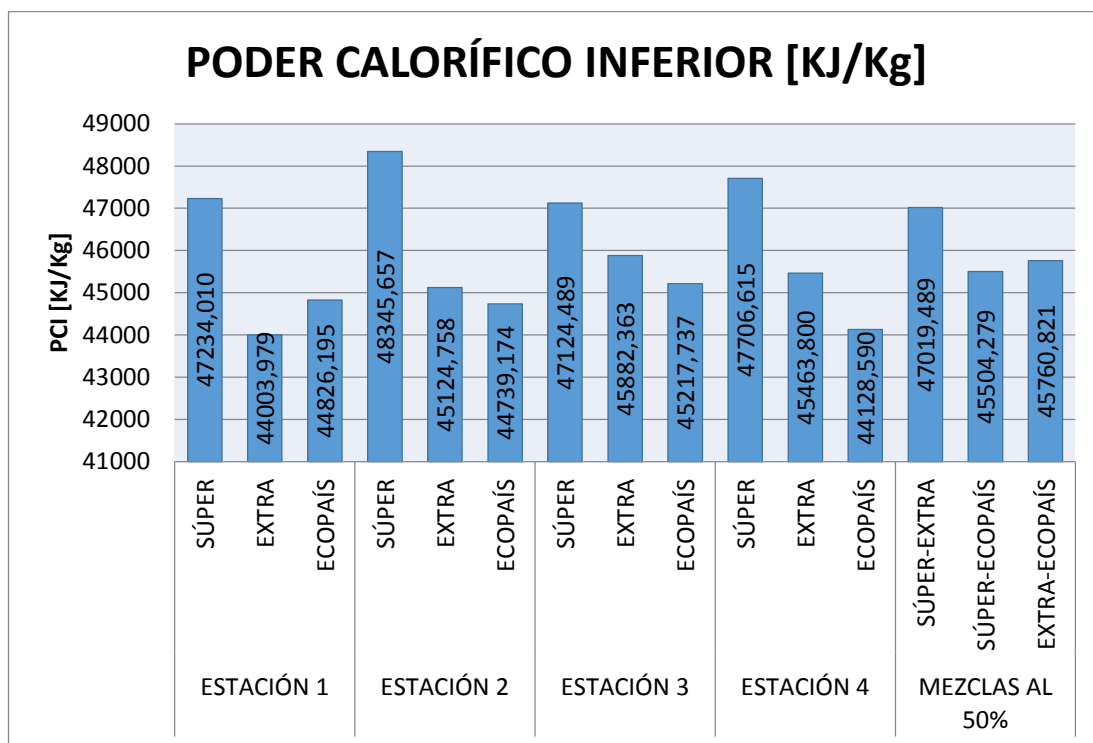


Figura 53. PCI de las cuatro estaciones de servicio

Como se explica el valor del PCI que se evidencia en la tabla 7, está en un rango de 44000 [KJ/Kg], de esta manera se sabe que la gasolina EXTRA y ECOPAÍS de las 4 gasolineras de servicio, están en el rango; por lo contrario la SÚPER de todas las estaciones, están muy elevadas, entonces, esto es por la cantidad de agua que se logró obtener al final del proceso de la combustión, es decir, que cuanto mayor sea la cantidad relativa de hidrógeno en la composición química del combustible, mayor diferencia relativa habrá entre los dos calores definidos.

La variación porcentual del PCI de las gasolinas de cada estación de servicio que se puso a consideración para la evaluación, se observa en la tabla 18, donde las gasolinas superan la cantidad referenciada en porcentaje, además la gasolina EXTRA de la ESTACIÓN 1, tiene un menor

porcentaje que del 0,01%, siguiéndole la ECOPAÍS de la ESTACIÓN 4 con 0,28%.

Tabla 18
Variación porcentual del PCI

Estación de Servicio	Gasolina	Δ PCI%
ESTACIÓN 1	SÚPER	7,35
	EXTRA	0,01
	ECOPAÍS	1,88
ESTACIÓN 2	SÚPER	9,69
	EXTRA	2,33
	ECOPAÍS	1,64
ESTACIÓN 3	SÚPER	6,98
	EXTRA	3,99
	ECOPAÍS	2,65
ESTACIÓN 4	SÚPER	8,20
	EXTRA	3,07
	ECOPAÍS	0,28
MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	6,84
	SÚPER-ECOPAÍS	3,20
	EXTRA-ECOPAÍS	3,87

a. Análisis del PCS Y PCI de las gasolinas

Se indica en la figura 54, los poderes caloríficos de la gasolina SÚPER de las diferentes estaciones de servicio; en la cual se puede evidenciar que existe un incremento en los valores en la ESTACIÓN 2, en el PCS y PCI, con 48893,157 [KJ/Kg] y 4834,657 [KJ/Kg] respectivamente; y una disminución de los poderes caloríficos en la ESTACIÓN 3, con 4774,989 [KJ/Kg] y 47124,489 [KJ/Kg], respectivamente. Además, se sabe que el PCI es el que interesa en el combustible, ya que el agua que se forma está en fase de vapor y no condensa.

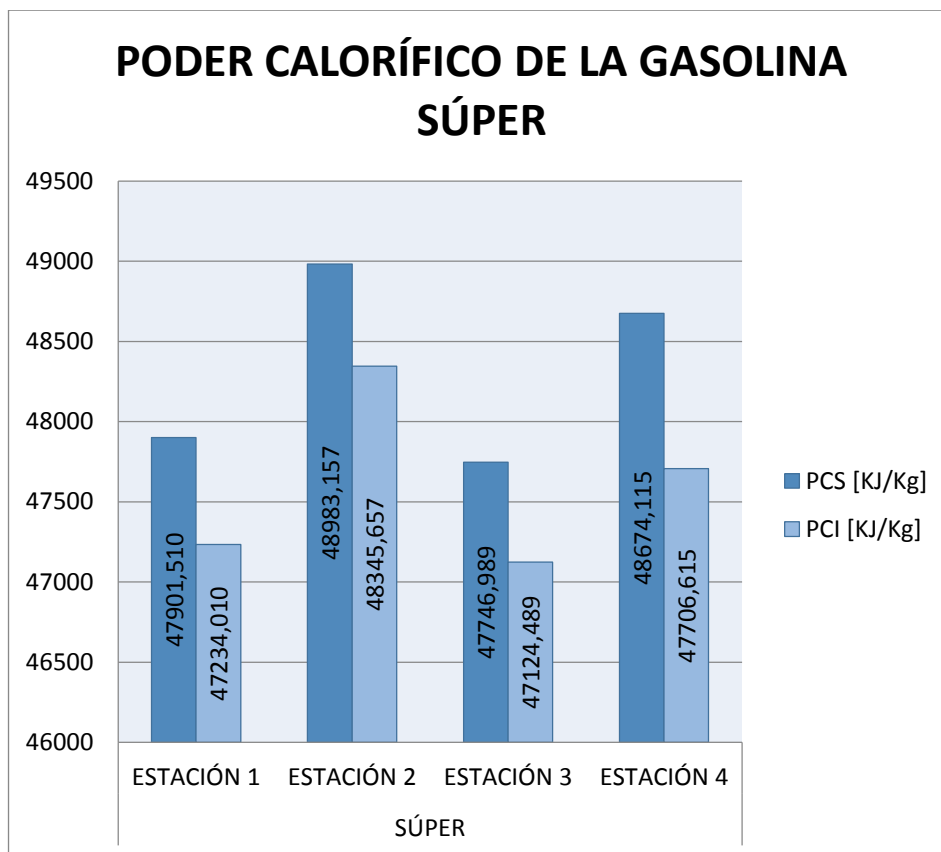


Figura 54. PCS y PCI de la gasolina SÚPER

Las variaciones porcentuales que tiene la gasolina SÚPER de las estaciones de servicio, se muestra en la figura 55, tomando como referencia el valor del PCS y PCI que consta en la tabla 7. Se distingue que en el PCS el que tiene un mayor porcentaje de variación es de la ESTACIÓN 2 con 3,69%, siguiéndole la ESTACIÓN 4 con 2,99%, luego la ESTACIÓN 1 con 1,27% y finalmente la ESTACIÓN 3 con 0,98%.

En el PCI de la ESTACIÓN 2 existe una variación mayor al valor referencial especificado en la tabla 7, con un porcentaje de 9,69%, continuando la ESTACIÓN 4 con 8,20%, luego con 7,35% la ESTACIÓN 1 y el que menor variación de cantidad tiene comparando las 4 estaciones de servicio la ESTACIÓN 3 con 6,98%.

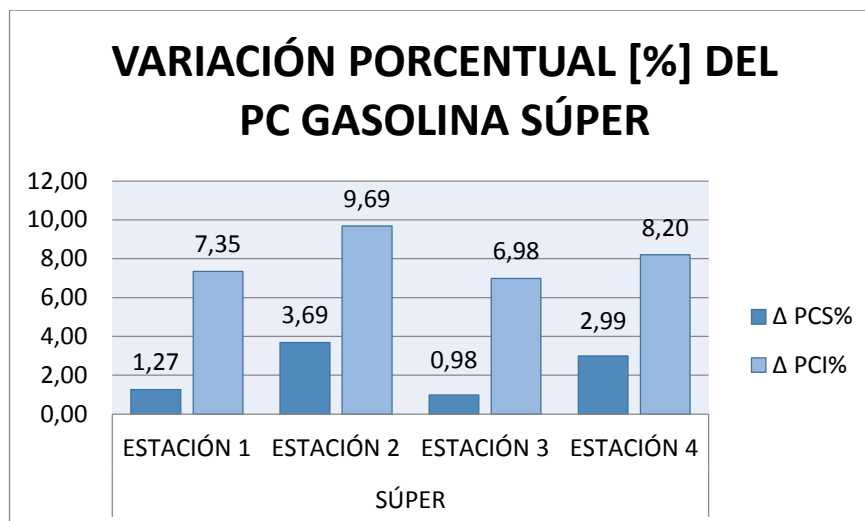


Figura 55. Variación porcentual PC de gasolina SÚPER

Los valores obtenidos de la gasolina EXTRA de las 4 estaciones de servicio; indicados en la figura 56, señala que la gasolina EXTRA de la ESTACIÓN 3, tiene un elevado PCS y PCI con valores de 46819,863 [KJ/Kg] y 45882,362 [KJ/Kg], respectivamente. En cuanto a las ESTACIONES 2 y 1, se evidencia una disminución de PCS y PCI de 46047,258[KJ/Kg] y 44003,979 [KJ/Kg], respectivamente.

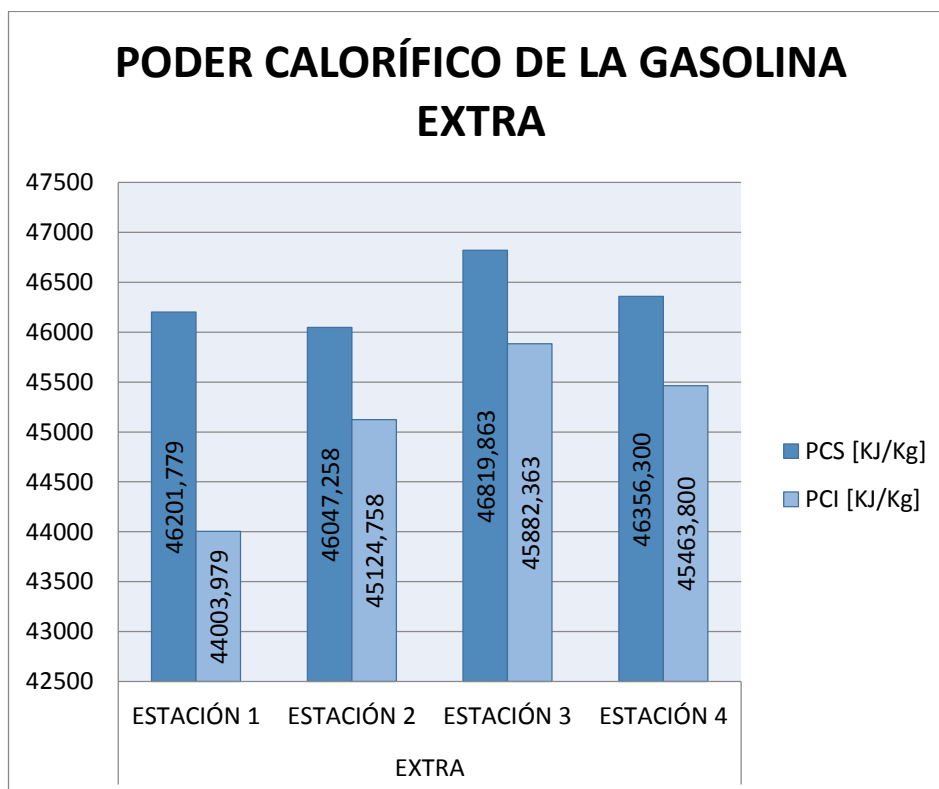


Figura 56. PCS y PCI de la gasolina EXTRA

Las variaciones de porcentaje en cuanto a la gasolina EXTRA, se indican en la figura 57; haciendo referencia el valor del PCS (47300 KJ/Kg) y PCI (44000 KJ/Kg) que se toman en cuenta en la tabla 7. La variación de las 4 estaciones de servicio, se detalla a continuación. Visualizando que todos los valores porcentuales del PCS están por debajo de la cantidad referencial, siendo PRIMAX y TERPEL quienes presentan una disminución del 2,56% y 1,01% de PCS, respectivamente. En el PCI la gasolina de PETROECUADOR tiene una diferencia del 0,01%, PRIMAX 2,33%, MASGAS con 3,07% y finalmente TERPEL con 3,99%.

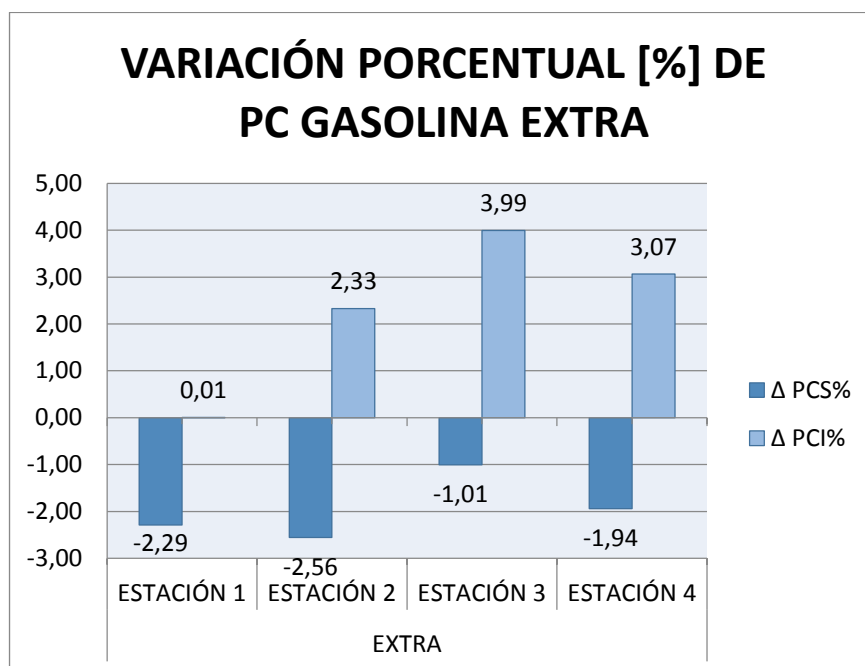


Figura 57. Variación porcentual PC de gasolina EXTRA

La figura 58, indica los valores del PCS y PCI de la gasolina ECOPAÍS de las estaciones de servicio evaluadas, la ESTACIÓN 3, muestra los siguientes valores de 45892,737 [KJ/Kg] y 45217,737 [KJ/Kg], de PCS y PCI, respectivamente. La ESTACIÓN 4, presenta valores mínimos, con un equivalente en PCS de 44811,090 [KJ/Kg] y en PCI con 44128,590 [KJ/Kg].

La comparación individual de cada poder calorífico de todas las gasolinas que se toman en cuenta en este análisis, los valores de la ESTACIÓN 4, no tienen una gran diferencia entre ellos y es porque en el proceso de combustión en la bomba calorimétrica, no existió suficiente cantidad de agua evaporada.

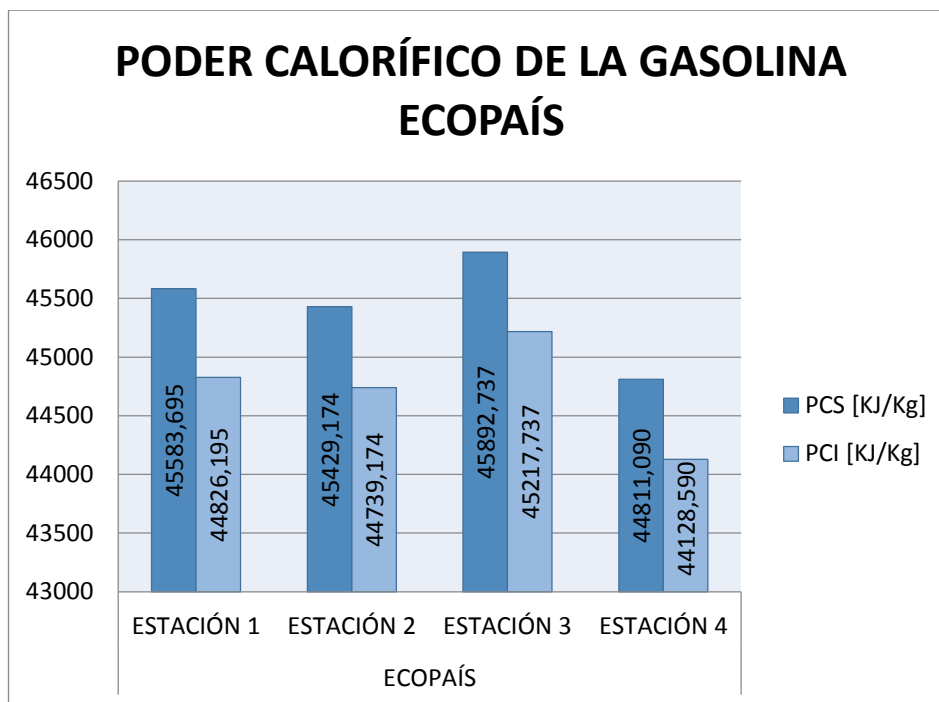


Figura 58. PCS y PCI de la gasolina ECOPAÍS

Las variaciones porcentuales de la gasolina ECOPAÍS de sus poderes caloríficos, se muestra en la figura 59, observándose que en la estación MASGAS existe una pérdida del PCS del 5,37%, al igual que en TERPEL una disminución de 3,01%, en referencia al valor del PCS especificado en la tabla 7.

En el PCI, se observa que las estaciones de servicio MASGS, PRIMAX, PETROECUADOR, y TERPEL, están por encima del valor de referencia; con un porcentaje del 0,28%; 1,64%; 1,88% y 2,65%; respectivamente.

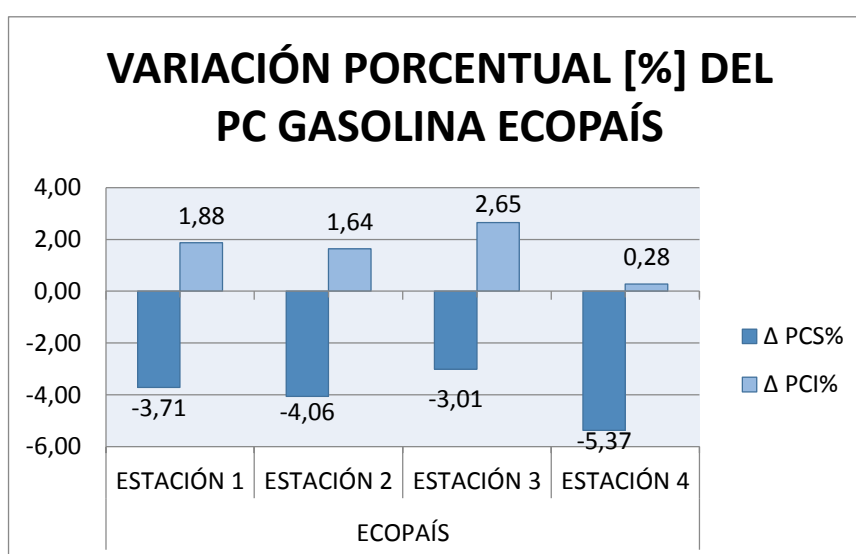


Figura 59. Variación porcentual PC de gasolina ECOPAÍS

En la figura 60, señala los poderes caloríficos de las mezclas de gasolinas al 50%, es decir, SUPER-EXTRA, SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS.

La mezcla SÚPER-ECOPAÍS evidencia los valores mínimos: 46201,779 [KJ/Kg] y 45504,279 [KJ/Kg] en PCS y PCI, respectivamente. Al mezclar gasolina EXTRA-ECOPAÍS, se observa un incremento del PCS (47901,510 [KJ/Kg]) y PCI (47151,510 [KJ/Kg]).

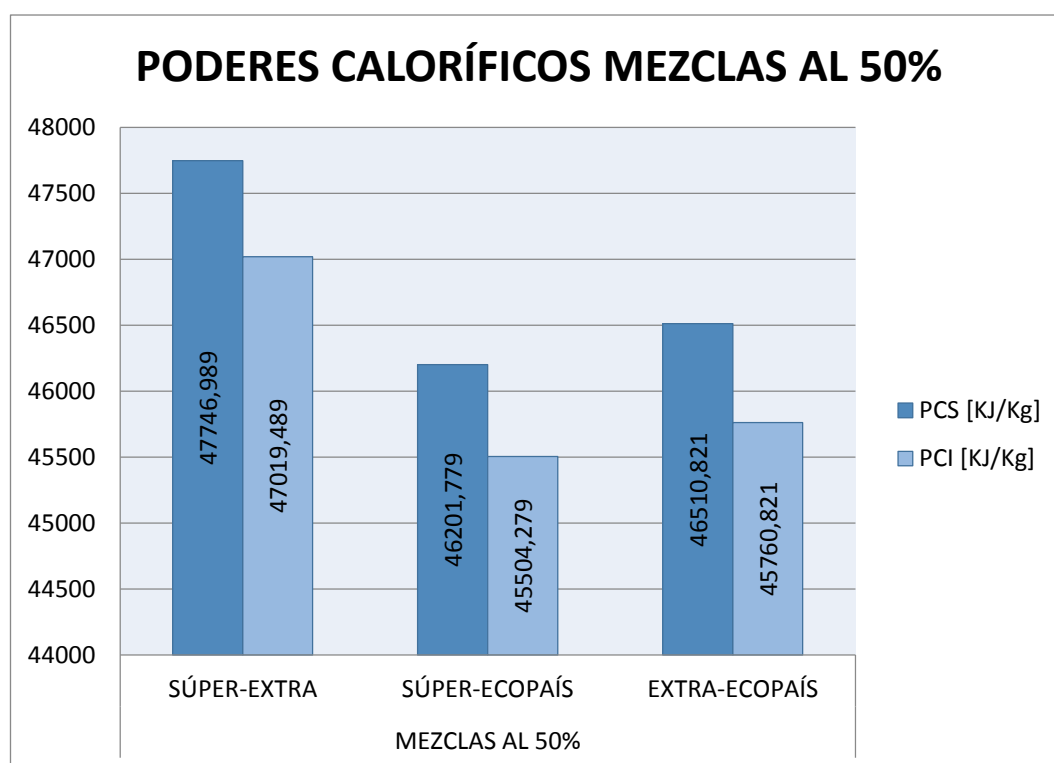


Figura 60. PCS y PCI de las mezclas al 50%

La variación porcentual de las mezclas al 50%, que se realizó para las pruebas respectivas, se muestra en la figura 61, donde se indica que en el PCS hay una mayor variación en la mezcla SÚPER-EXTRA del 1%; mientras que al combinar SÚPER-ECOPAÍS hay una variación porcentual de 2,30% que está por debajo del valor referenciado. En cuanto al PCI se observa que todas las variaciones de las mezclas se encuentran por encima del valor citado en la tabla 7 y la que menor cantidad tiene es SÚPER-ECOPAÍS con 3,20%; y la de mayor variación es SÚPER-EXTRA con un total de 6,84%.

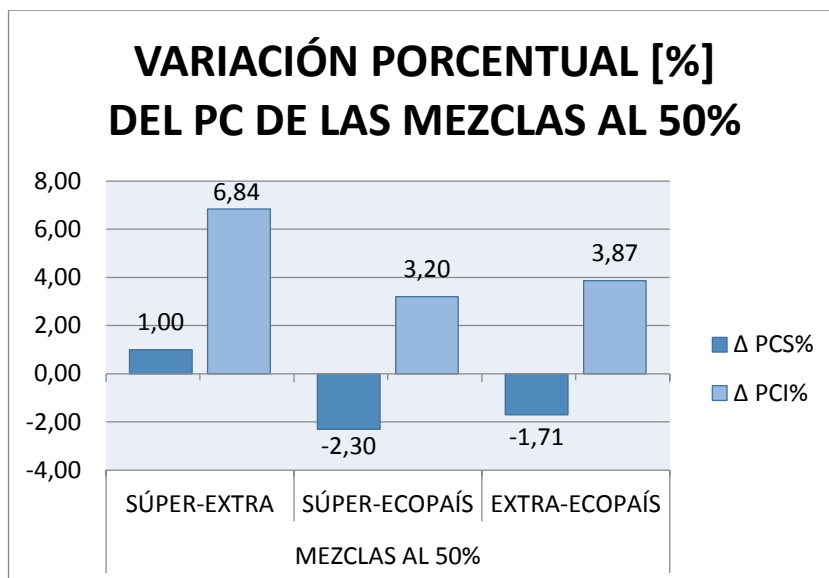


Figura 61. Variación porcentual PC de gasolina MEZCLAS AL 50%

b. Análisis del PCS Y PCI de las gasolineras

En la figura 62, se indica los valores de la ESTACIÓN 1, en la cual se visualiza que la gasolina SÚPER tiene los mayores valores entre las gasolineras, con 47901,510 [KJ/Kg] y 47234,010 [KJ/Kg], de PCS y PCI, respectivamente. Luego la gasolina ECOPAÍS posee 45583,695 [KJ/Kg] en PCS y el PCI con 44003,979 [KJ/Kg] que posee la gasolina EXTRA.

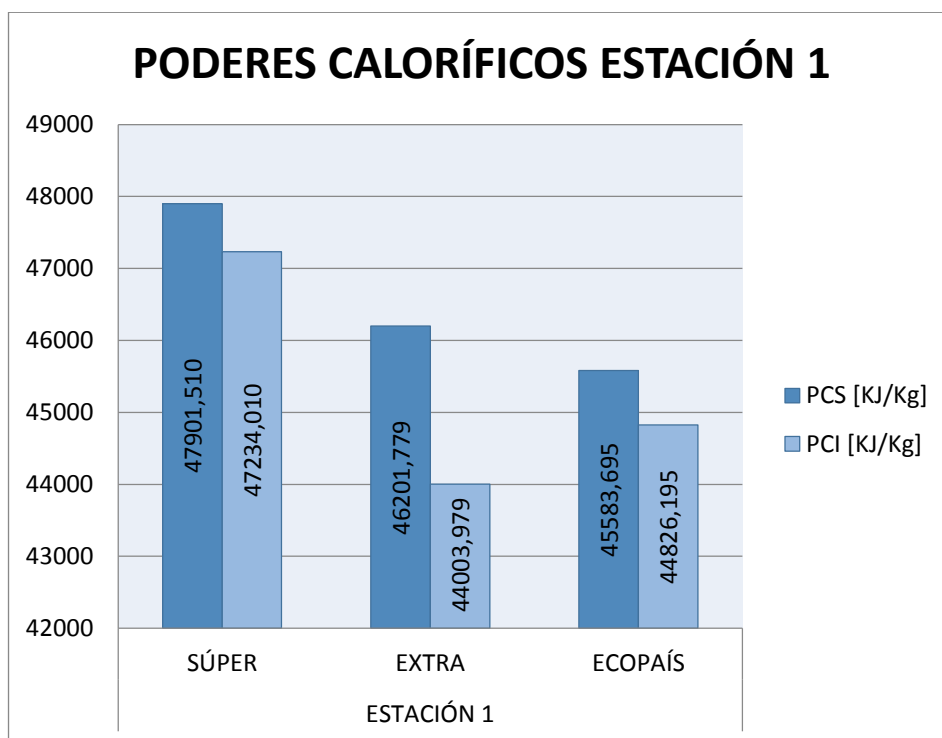


Figura 62. PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 1

También, la gasolina EXTRA de la ESTACIÓN 1, comparando entre los dos poderes caloríficos se puede notar que existe una diferencia entre ellos y se debe a la cantidad de agua que se evaporó al final del proceso de combustión, para que el PCI sea menor al superior.

Además, se observa en la figura 63, la variación porcentual que existe entre gasolinas de la ESTACIÓN 1; donde se visualiza que existe una variación PCS de la SÚPER con 1,27% más, en relación al valor que se toma como referencia de la tabla 7; y el de menor cantidad en cuanto al PCS es EXTRA con -3,71%. Luego, en el PCI se observa que existe una mayor variación de cantidad, con un porcentaje del 7,35% más del valor que se toma y una menor que es 0,01% de las gasolinas, SÚPER y ECOPAÍS, respectivamente.

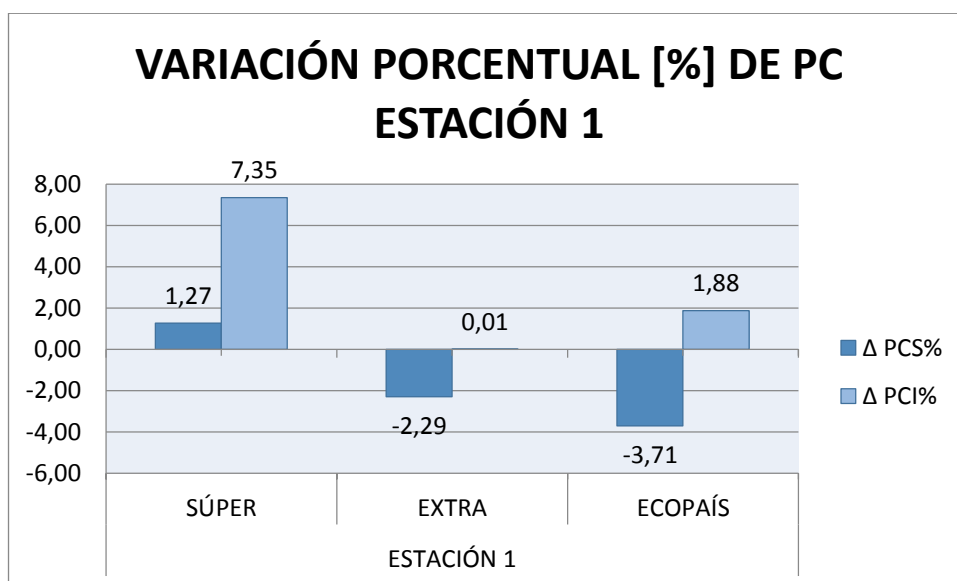


Figura 63. Variación porcentual PC de gasolinera ESTACIÓN 1

De la figura 64, se aprecia el PCS y PCI, de la ESTACIÓN 2, en el cual se puede apreciar que la gasolina con mayor cantidad es la SÚPER; donde PCS tiene 48983,157 [KJ/Kg] y PCI con 48345,657 [KJ/Kg], se distingue que no hay mucha diferencia entre ellas por motivos ya mencionados anteriormente.

La gasolina que menos cantidad de PC es la gasolina ECOPAÍS en cuanto a esta estación de servicio, con un aproximado de 45429,174 [KJ/Kg] en PCS y 44739,174 [KJ/Kg] en PCI.

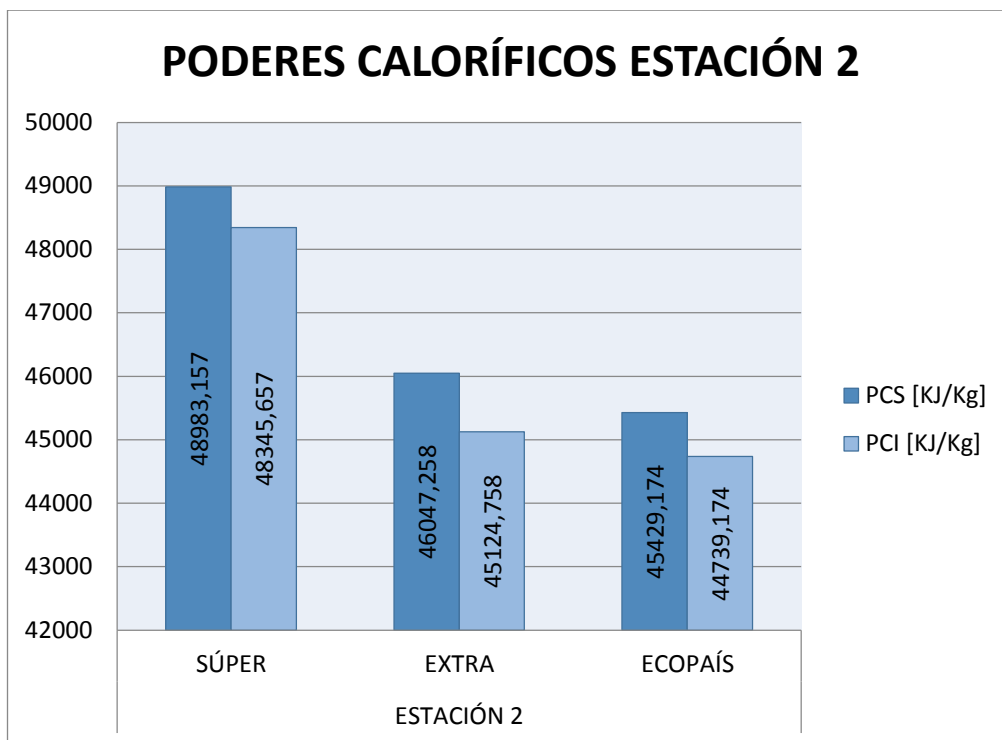


Figura 64. PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 2

Se observa que en la figura 65, existe una mayor variación de porcentaje del PCS y PCI, en la gasolina SÚPER con 3,69% y 9,69%, respectivamente; mientras que la gasolina ECOPAÍS es aquel que tiene la menor cantidad con -4,06% en PCS y 1,64% en PCI. Estos valores que se determinan son de la ESTACIÓN 2. Los valores porcentuales intermedios de la estación de servicio son de la gasolina EXTRA con los siguientes valores, en PCS se encontró una variación de -2,54% mientras que en el PCI existe 2,33%.

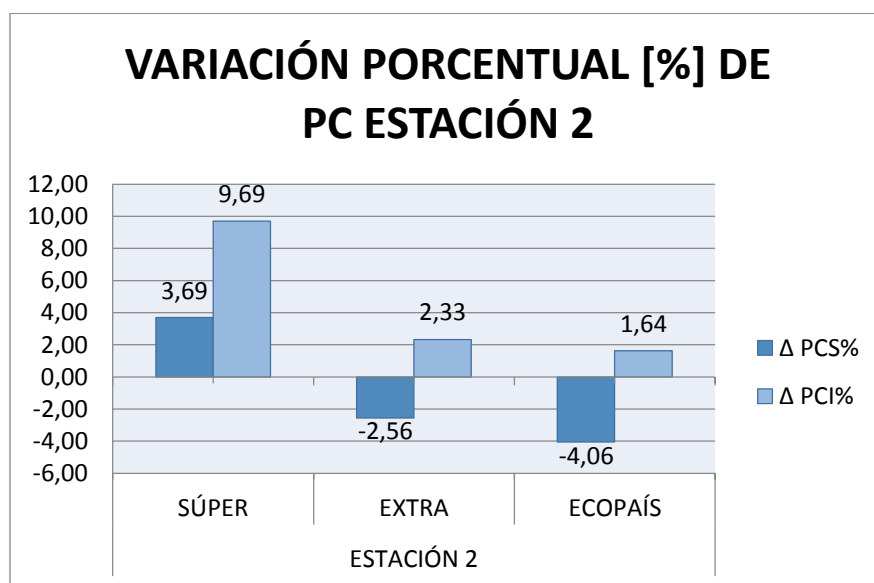


Figura 65. Variación porcentual de PC de gasolinera ESTACIÓN 2

En la figura 66, se indica los PC de la ESTACIÓN 3, donde se da a conocer lo siguiente; el que tiene mayor cantidad, es la gasolina SÚPER y la que menos posee es la gasolina ECOPAÍS. Con valores aproximados de 47746,989 [KJ/Kg] y 47124,489 [KJ/Kg]; 45892,737 [KJ/Kg] y 45217,737 [KJ/Kg], respectivamente.

Las dos gasolinas se aprecia que, existe una variación mínima entre ellos. Pero en la gasolina EXTRA se ve que hay una gran variación entre el poder calorífico superior e inferior.

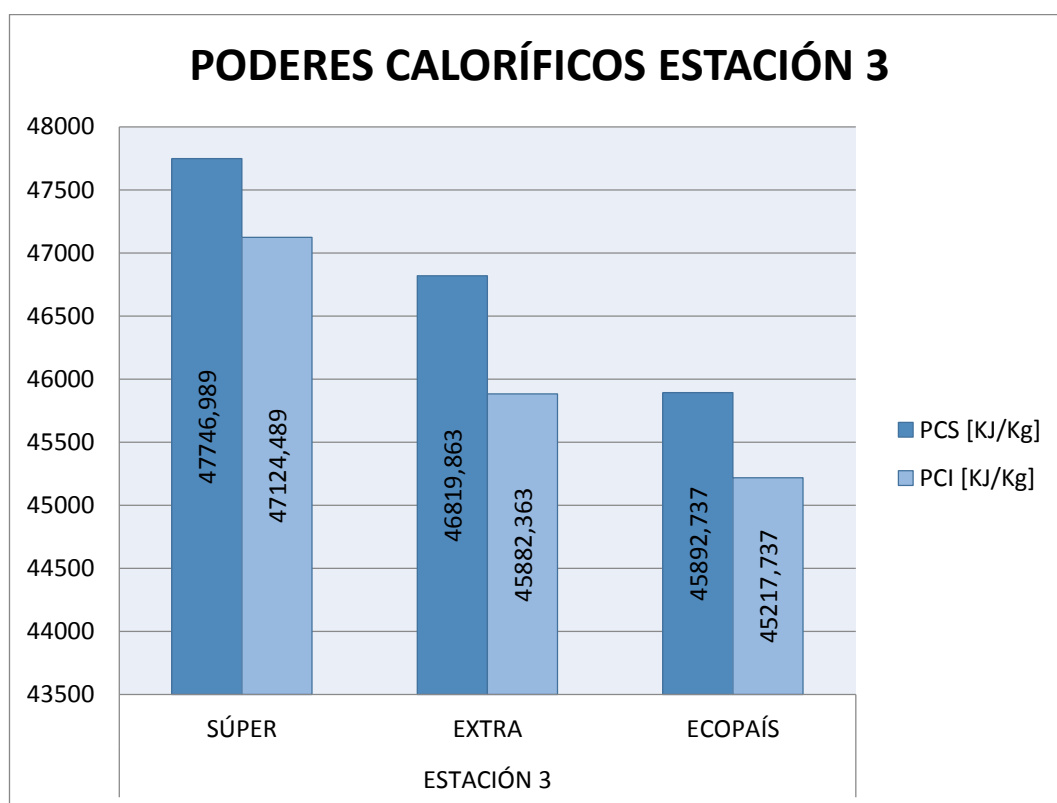


Figura 66. PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 3

Se muestra en la figura 67, la variación que tiene las gasolinas de la ESTACIÓN 3; el que mayor porcentaje posee del PCS es la SÚPER con 0,98% más del valor referencial, mientras que la EXTRA está por debajo del valor de 47300 [KJ/Kg] con un porcentaje del 0,98%; en cambio en el PCI se puede distinguir que la gasolina SÚPER sobresale de la cantidad de 44000 [KJ/Kg] con un porcentaje total de 6,98% mientras que ECOPAÍS aún no está debajo del rango referenciado pero adquiere el menor valor con un porcentaje de 2,65%.

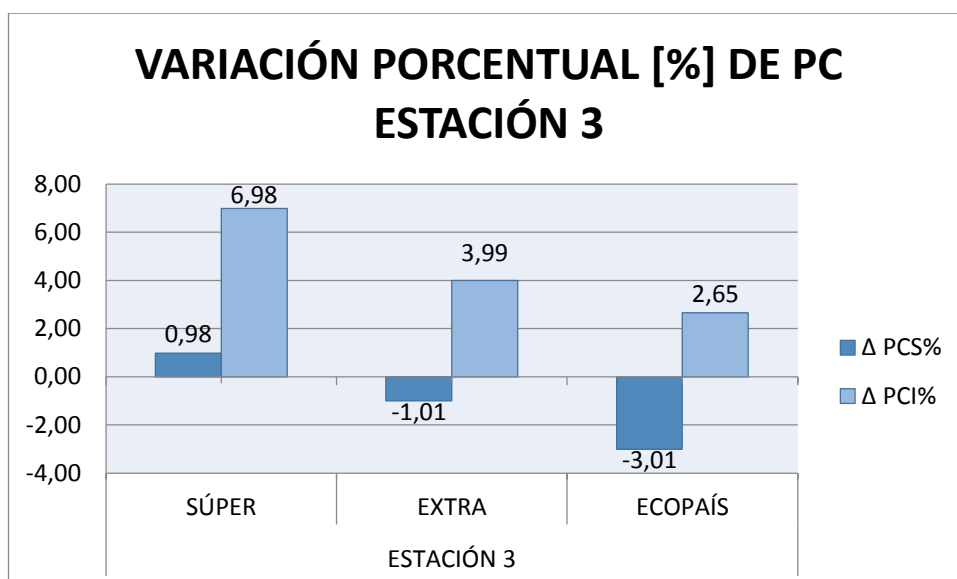


Figura 67. Variación porcentual de PC de gasolinera ESTACIÓN 3

En la figura 68, se observa que la gasolina SÚPER es la que tiene el mayor valor, en cambio, la ECOPAÍS tiene los valores mínimos; comparando las gasolinas de la ESTACIÓN 4.

La gasolina SÚPER tiene 48674,115 [KJ/Kg] y 480059,115 [KJ/Kg] en PCS y PCI, respectivamente, en cambio la gasolina ECOPAÍS, posee en PCS (44811,090 [KJ/Kg]) y en PCI (44128,590 [KJ/Kg]). De igual manera, se puede notar que no hay mucha diferencia entre las variaciones del poder calorífico superior e inferior en las gasolinas mencionadas.

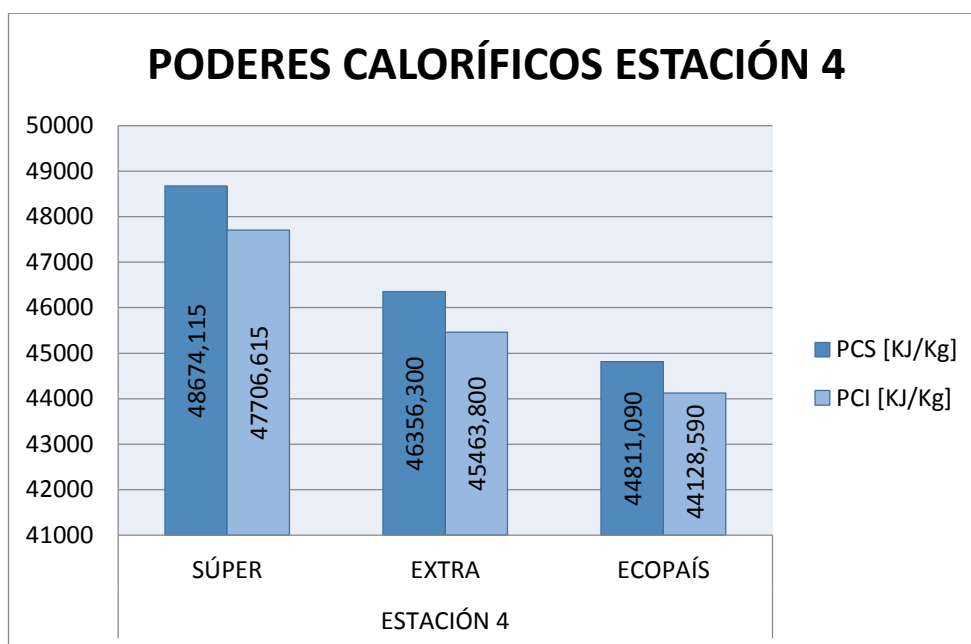


Figura 68. PCS y PCI de gasolinera ESTACIÓN 4

Se indica de la ESTACIÓN 4, los valores de variación que tuvo cada gasolina dando como resultado que la SÚPER tienen los valores más altos que superan el valor referenciado tanto en el PCS como en el PCI, con 2,99% y 8,20%, respectivamente; y que la ECOPAÍS es aquella que tiene los valores mínimos, pero, en el PCS no sobrepasa el valor que se toma como referencia con -5,37% mientras que en el PCI tiene un valor mínimo de 0,28% y se indica en la figura 69.

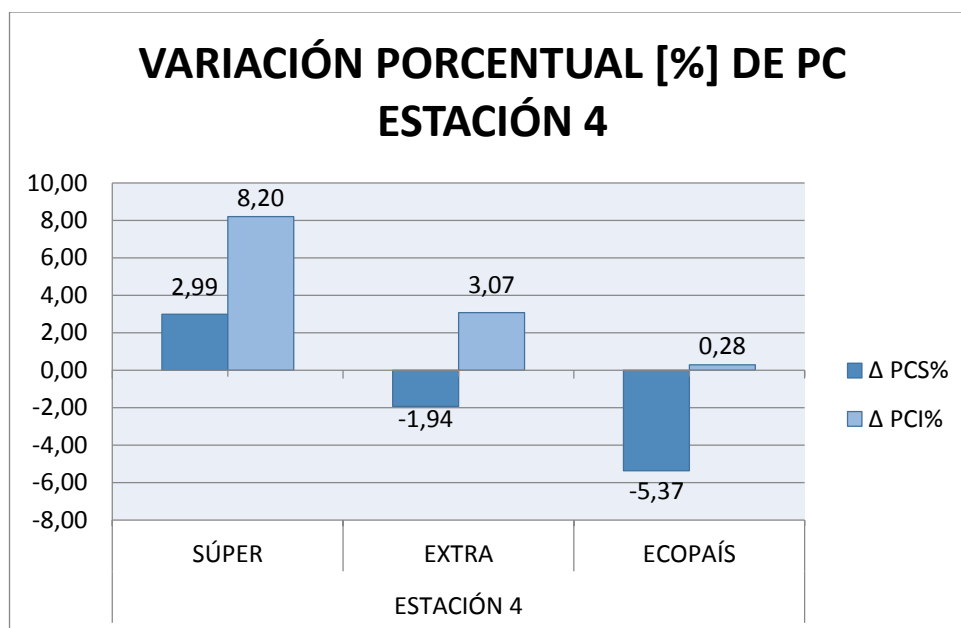


Figura 69. Variación porcentual de PC de gasolinera ESTACIÓN 4

4.1.3. Variación de PCS y PCI entre gasolinas

A continuación, se muestra las variaciones que tiene el PCS y PCI individuales, con respecto a los valores que indica la tabla 7, además se muestra en la tabla 19, las cantidades respectivas de variaciones de cada carburante.

**Tabla 19
Variación de PCS y PCI**

Estación de Servicio	Gasolina	Δ PCS%	Δ PCI%
ESTACIÓN 1	SÚPER	1,27	7,35
	EXTRA	-2,29	0,01
	ECOPAÍS	-3,71	1,88
ESTACIÓN 2	SÚPER	3,69	9,69
	EXTRA	-2,56	2,33
	ECOPAÍS	-4,06	1,64

ESTACIÓN 3	SÚPER	0,98	6,98
	EXTRA	-1,01	3,99
	ECOPAÍS	-3,01	2,65
ESTACIÓN 4	SÚPER	2,99	8,20
	EXTRA	-1,94	3,07
	ECOPAÍS	-5,37	0,28
MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	1,00	6,84
	SÚPER-ECOPAÍS	-2,30	3,20
	EXTRA-ECOPAÍS	-1,71	3,87

En la figura 70, se muestra las variaciones del poder calorífico superior entre las gasolinas comerciales empleadas en el Ecuador de cada estación de servicio tomando como valor base 47300 [KJ/Kg].

Observando que los valores del PCS de la gasolina SÚPER de las ESTACIONES 1, 2, 3, 4 y en la mezcla SUPER-EXTRA sobrepasan los 47300 [KJ/Kg], con una variación de porcentaje de 1,27%; 3,56%; 0,95%; 2,91% y 0,96%; respectivamente. Y las gasolinas EXTRA, ECOPAÍS, mezcla de SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS; están por debajo del valor del PCS citado en la tabla 7.

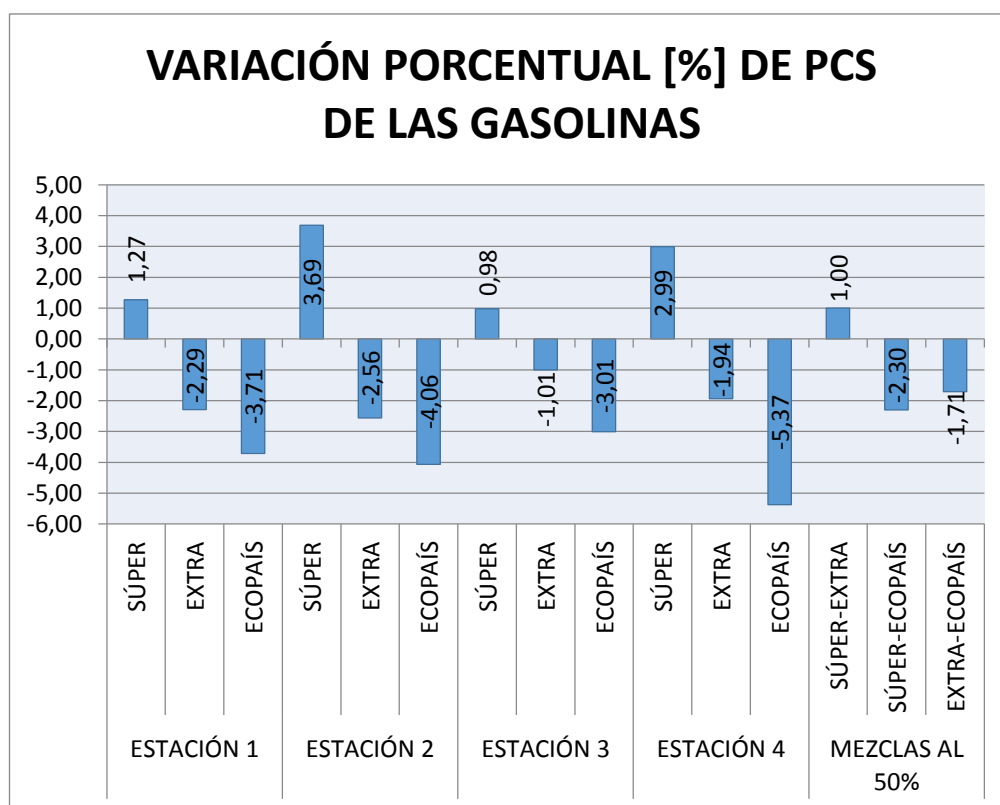


Figura 70. Variación porcentual del PCS en las gasolinas

Las variaciones del PCI tomando como base los 44000 [KJ/Kg] que señala la tabla 7, por tal razón se muestra en la figura 71, que todas las gasolinas de las diferentes estaciones de servicio sobrepasan este valor.

Mostrando un mayor incremento en la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 2 del 9,87%.

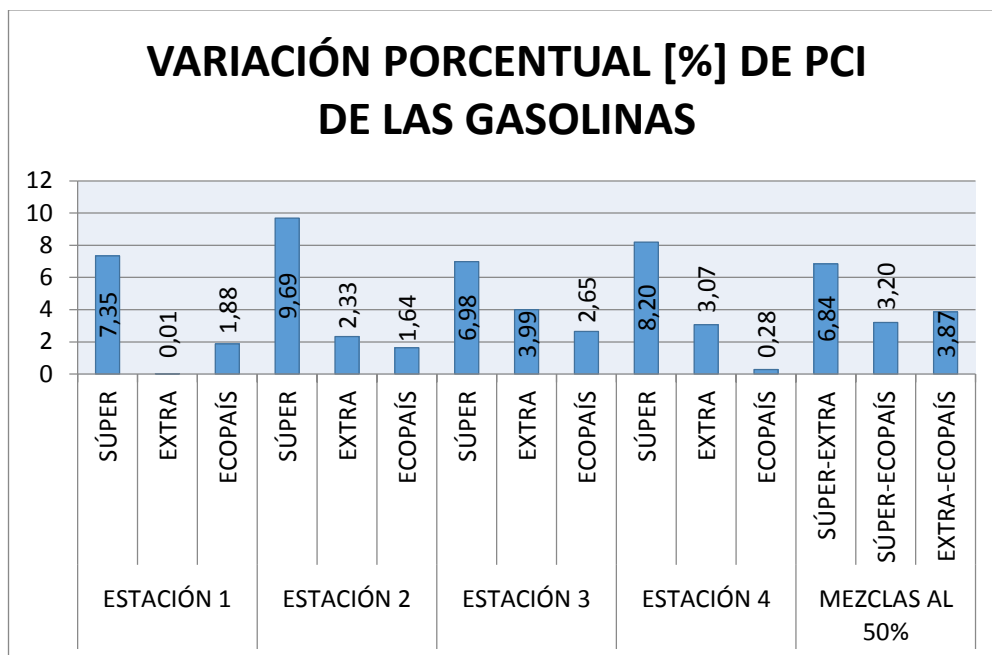


Figura 71. Variación porcentual del PCI en las gasolinas

4.2. Densidad de las gasolinas comerciales

En la tabla 20, se indica los valores experimentales que se obtuvo de cada gasolina y de las mezclas al 50%, para de esta manera realizar los cálculos necesarios con este dato.

Tabla 20
Densidades de las gasolinas

DENSIDAD DE LAS GASOLINAS				
Estación de Servicio	Gasolina	Masa (gr)	Volumen (cm)	Densidad (g/cm)
PETROECUADOR	SÚPER	28,916	40	0,723
	EXTRA	28,797	40	0,720
	ECOPAÍS	29,975	40	0,749
PRIMAX	SÚPER	28,892	40	0,722
	EXTRA	28,905	40	0,723
	ECOPAÍS	29,967	40	0,749

CONTINÚA

TERPEL	SÚPER	28,834	40	0,721
	EXTRA	28,965	40	0,724
	ECOPAÍS	29,767	40	0,744
MASGAS	SÚPER	28,851	40	0,721
	EXTRA	28,838	40	0,721
	ECOPAÍS	29,767	40	0,744
MEZCLAS GASOLINAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	28,971	40	0,724
	SÚPER-ECOPAÍS	29,108	40	0,728
	EXTRA-ECOPAÍS	29,201	40	0,730

4.3. Índice de octano

Los resultados de las pruebas de índice de octanos se muestran en el reporte Nro.: 209-2016 proporcionado en el Centro Nacional de Control de la Calidad de Hidrocarburos CNCCH de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero ARCH, que se encuentra en la tabla 21. Las muestras se encuentran dentro de especificación respecto al ensayo de Número de Octano de Investigación que esta la norma NTE INEN 935:2016.

Tabla 21
Informe de laboratorio ensayo de índice de octano ARCH

TIPOS DE MUESTRA	DATOS MUESTREO (DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE)						DATOS RECEPCIÓN LABORATORIO		
	PROCEDENCIA	FECHA	HORA	REALIZADO POR	CODIGO DE LA MUESTRA		FECHA	HORA	CONDICIÓN LLEGADA DE LA MUESTRA
					LETRAS	NUMEROS			
Gasolina 90 Octanos	PICHINCHA	03/08/2016	11:30	F. BUSTAMANTE	GS-TAD	909	03/08/2016	15:05	OK
	SANTO DOMINGO	27/07/2016	14:30	P. SARANGO	GS-SD	82691	05/08/2016	13:00	OK
	SANTO DOMINGO	03/08/2016	11:20	L. PUPIALES	GS-SD	84231	05/08/2016	13:00	OK
	GUAYAS	01/08/2016	12:00	M. GALLARDO	GS-G	82264	05/08/2016	13:00	OK
	GUAYAS	01/08/2016	13:15	M. GALLARDO	GS-G	82265	05/08/2016	13:02	OK
	GUAYAS	01/08/2016	10:45	C. BATTEN	GS-G	82275	05/08/2016	13:04	OK
	GUAYAS	01/08/2016	13:00	C. BATTEN	GS-G	82292	05/08/2016	13:04	OK
	GUAYAS	01/08/2016	13:50	C. BATTEN	GS-G	82294	05/08/2016	13:06	OK
	GUAYAS	01/08/2016	15:00	C. BATTEN	GS-G	82295	05/08/2016	13:08	OK
	GUAYAS	02/08/2016	10:15	C. BATTEN	GS-G	82297	05/08/2016	13:08	OK
	GUAYAS	02/08/2016	11:30	C. BATTEN	GS-G	82298	05/08/2016	13:10	OK
	GUAYAS	02/08/2016	14:00	C. BATTEN	GS-G	82322	05/08/2016	13:12	OK
	GUAYAS	02/08/2016	15:45	C. BATTEN	GS-G	82324	05/08/2016	13:12	OK
	GUAYAS	03/08/2016	10:15	C. BATTEN	GS-G	82325	05/08/2016	13:12	OK
	GUAYAS	03/08/2016	11:10	C. BATTEN	GS-G	82305	05/08/2016	13:14	OK

CONTINÚA 

	PICHINCHA	03/08/2016	11:15	F. BUSTAMANTE	GE-TAD	909	03/08/2016	15:05	OK
	SANTO DOMINGO	27/07/2016	16:40	P. SARANGO	GE-SD	84219	05/08/2016	13:00	OK
	SANTO DOMINGO	27/07/2016	14:30	P. SARANGO	GE-SD	82691	05/08/2016	13:00	OK
Gasolina 85 Octanos	GUAYAS	01/08/2016	11:00	M. GALLARDO	GE-G	82248	05/08/2016	13:00	OK
	GUAYAS	01/08/2016	12:00	M. GALLARDO	GE-G	82264	05/08/2016	13:00	OK
	GUAYAS	01/08/2016	13:15	M. GALLARDO	GE-G	82265	05/08/2016	13:02	OK
	GUAYAS	01/08/2016	17:00	M. GALLARDO	GE-G	82270	05/08/2016	13:02	OK
	GUAYAS	01/08/2016	10:45	C. BATTEN	GEP-G	82275	05/08/2016	13:04	OK
	GUAYAS	01/08/2016	13:00	C. BATTEN	GEP-G	82292	05/08/2016	13:06	OK
	GUAYAS	02/08/2016	10:15	C. BATTEN	GEP-G	82297	05/08/2016	13:10	OK
	GUAYAS	02/08/2016	11:30	C. BATTEN	GEP-G	82298	05/08/2016	13:10	OK
	GUAYAS	02/08/2016	14:00	C. BATTEN	GEP-G	82322	05/08/2016	13:12	OK
Gasolina Eco País	GUAYAS	02/08/2016	15:45	C. BATTEN	GEP-G	82324	05/08/2016	13:12	OK
	GUAYAS	03/08/2016	10:15	C. BATTEN	GEP-G	82325	05/08/2016	13:14	OK
	GUAYAS	03/08/2016	11:10	C. BATTEN	GEP-G	82305	05/08/2016	13:16	OK

4.3.1. Tabulación de datos

La tabla 22 se detalla los valores obtenidos en los ensayos de índice de octano de las gasolinas comerciales, obtenidos bajo el método Research Octane Number (RON).

Tabla 22
Índice de octano de las gasolinas comerciales

GASOLINA	Número de Octano Research (RON)	
	Resultado Método NTE INEN 2102	Requisito NTE INEN 935:2016
SÚPER	91,34	90,00
EXTRA	86,25	85,00
ECOPAÍS	86,75	85,00

4.3.2. Análisis de resultados

En la figura 72, se observan los valores del índice de octano obtenidos para cada una de las gasolinas comerciales; demostrando que tanto la gasolina SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS cumplen con el mínimo establecido en la norma ecuatoriano NTE INEN 935:2016.

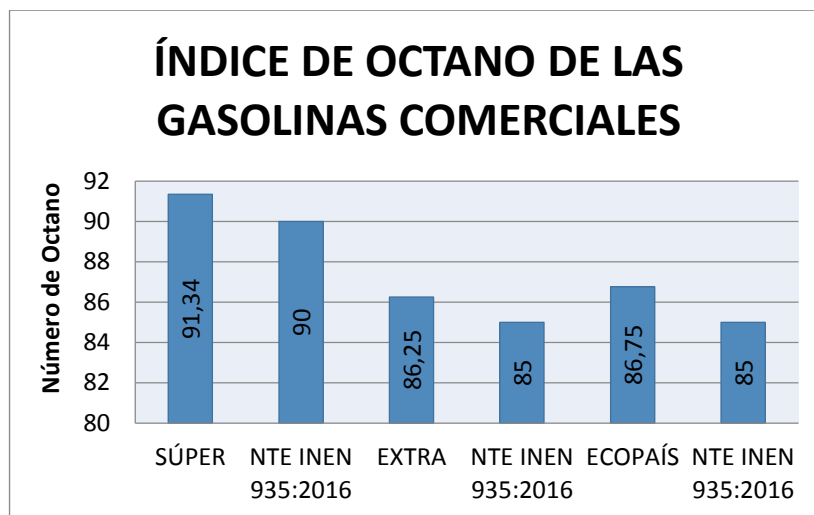


Figura 72. Índice de octano

Existe un ligero incremento en el índice de octano de las gasolina SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS del 1,49%; 1,47%; 2,06% respectivamente en relación a la norma NTE 935:2016. El combustible ECOPAÍS en relación a la EXTRA debido a la presencia de etanol en un 5% presenta una variación del 0,58% en su número de octano.

4.4. Análisis de consumo de combustible

A continuación se presentarán los datos obtenidos tras la realización de pruebas de consumo de combustible con las gasolinas comerciales y las diferentes mezclas entre; SÚPER-EXTRA, SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS al 50%, realizadas en la ruta mencionada en el capítulo III, se toma a consideración ciertos parámetros para el cálculo del consumo de combustible que se muestra en la siguiente tabla 23, los cálculos de todas las gasolinas se encuentran en el ANEXO C3:

Tabla 23

Parámetros para el cálculo del consumo de combustible

Significado	Valor	Descripción
Cantidad de volumen	de 0,775 [l]	Cantidad de volumen que consumió en la ruta.
Tiempo	10,683 [min]	Tiempo que transcurre realizando la ruta.
Densidad del combustible	de 0,721 [Kg/l]	Densidad del combustible, es necesario para encontrar la masa de la misma.
Masa de combustible	de 0,558775 [Kg]	Obteniendo del valor de la densidad multiplicado por la cantidad del volumen utilizado del combustible.
Consumo de combustible	de 3,1382 [Kg/h]	Se adquiere el valor con la división entre la masa de combustible y el tiempo recorrido.

En la tabla 24 se muestra los valores de consumo de combustible calculados para cada gasolina y además estas pruebas se hicieron a diferentes velocidades, donde las primeras pruebas se hicieron a una velocidad promedio máxima de 86,6 [Km/h] y luego se realizaron pruebas a una velocidad promedio máxima de 52,27 [Km/h].

Tabla 24
Consumo de combustible a diferentes velocidades

GASOLINERA	GASOLINA	VELOCIDAD	VELOCIDAD
		PROMEDIO DE 86,6 Km/h	PROMEDIO DE 52,27 Km/h
		Consumo de combustible (Kg/h)	Consumo de combustible (Kg/h)
ESTACIÓN 1	SÚPER	2,7072	2,3945
	EXTRA	3,6818	3,6120
	ECOPAÍS	3,3807	3,2618
ESTACIÓN 2	SÚPER	3,2901	2,7749
	EXTRA	2,9347	3,1756
	ECOPAÍS	3,4792	3,2354
ESTACIÓN 3	SÚPER	3,1382	2,6307
	EXTRA	3,4570	3,3929
	ECOPAÍS	2,7065	2,7381
ESTACIÓN 4	SÚPER	3,0618	2,6476
	EXTRA	3,9729	4,2305
	ECOPAÍS	3,5726	3,2136
MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	4,1688	4,3414
	SÚPER-ECOPAÍS	3,6170	3,7677
	EXTRA-ECOPAÍS	2,9909	3,3596

Los valores del consumo de combustible a velocidad máxima de 86,6 [Km/h] de las gasolinas de las estaciones de servicio evaluadas, se muestra en la figura 73, en donde se hizo un promedio con todas las pruebas de los distintos tipos de gasolina. Por ello, se obtuvieron los siguientes datos, al combinar las gasolinas SÚPER-EXTRA se determinó un consumo de 4,1688 [Kg/h] y 5,304 [Km/l]. La gasolina ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3; consume 2,7065 [Kg/h] y 9,0370 [Km/l].

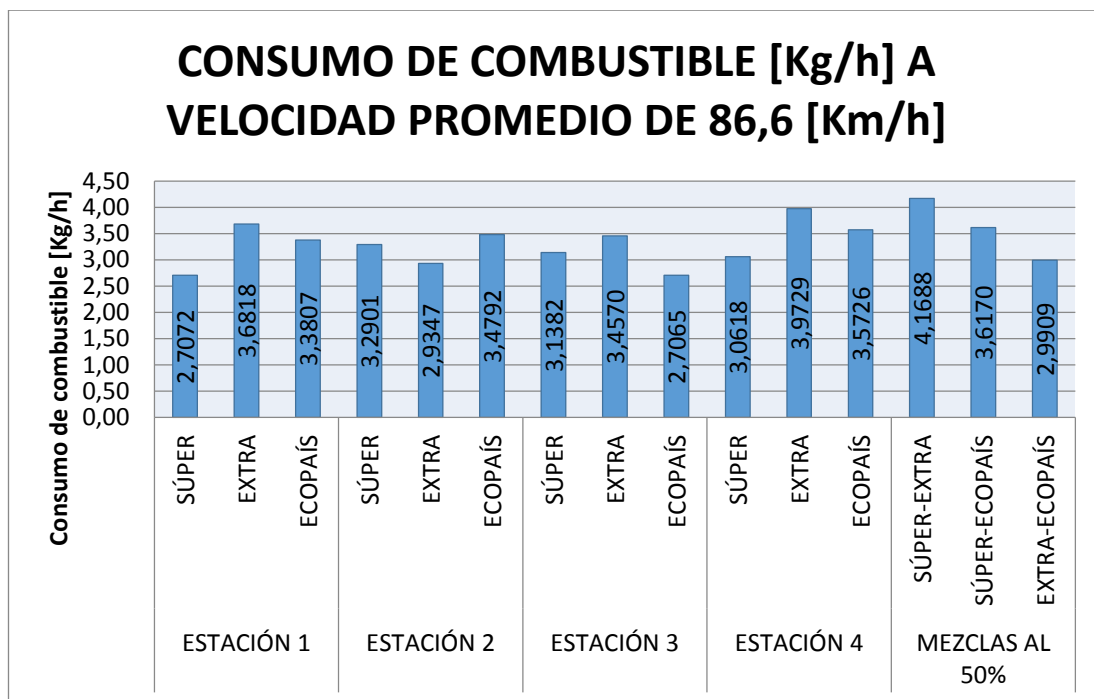


Figura 73. Consumo de combustible a velocidad de 86,6 [Km/h]

Los valores del consumo de combustible a velocidad promedio máxima de 52,27 [Kg/h] de las gasolinas. Se distingue que la mezcla entre la gasolina SÚPER-EXTRA genera un incremento en el consumo de combustible de 4,3414 [Kg/h] y 4,3571 [Km/l], por su parte la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 1, origina un menor consumo de 2,3945 [Kg/h] y 8,0795 [Km/l], se indica en la figura 74.

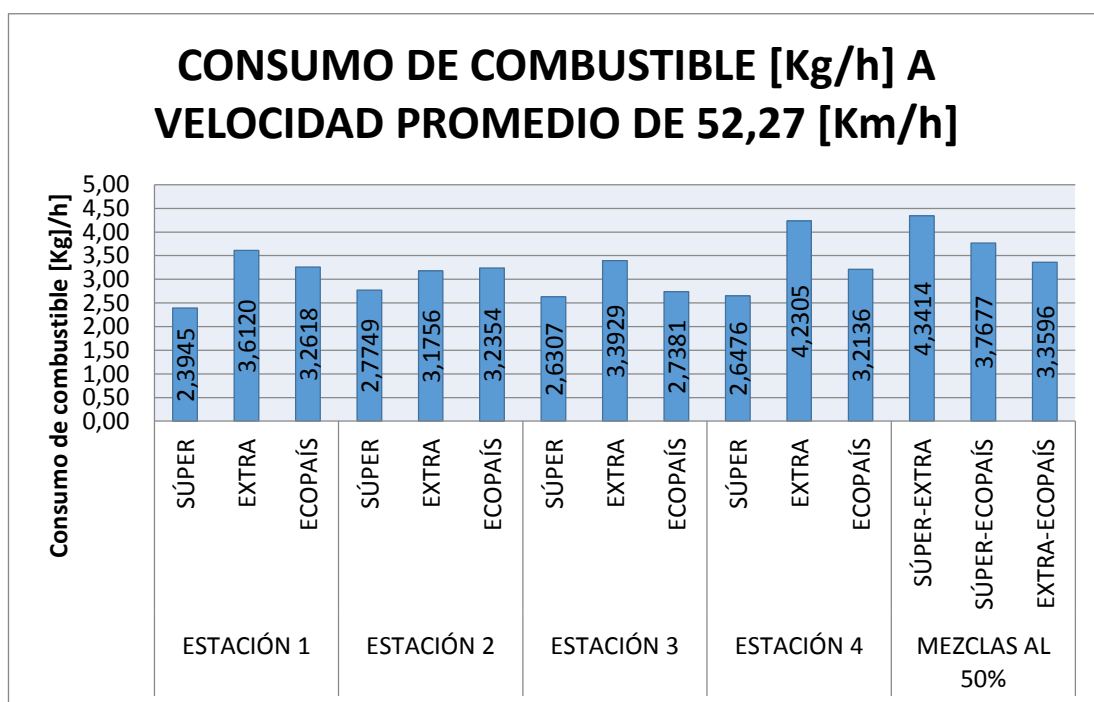


Figura 74. Consumo de combustible a velocidad de [52,27 Km/h]

4.5. Análisis del gasto específico de combustible de las gasolinas

A continuación se realizará un ejemplo del cálculo para el gasto específico de combustible (gce) del combustible. En la tabla 25 se muestra los datos para la obtención:

Tabla 25
Parámetros para cálculo de del gasto específico de combustible

Significado	Valor	Descripción
Consumo de combustible	3,1382 [Kg/h]	Cantidad de combustible que se consume en un determinado tiempo.
Potencia efectiva	68,3833 [KW]	Potencia del motor con cada combustible.
Consumo específico de combustible (gce)	45,8914 [g/KW h]	Se obtiene mediante la división entre el consumo de combustible y la potencia al freno. Además se sabe que, muestra la eficiencia que tiene un motor para transformar combustible en energía mecánica.

En la tabla 26 se muestra los valores de cada gasolina con su respectiva estación de servicio del consumo específico efectivo de combustible a las diferentes velocidades máximas promedios, entre ellos está a 86,6 [Km/h] y [52,27 Km/h]. Además los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO C3.

Tabla 26
Gasto específico de combustible a diferentes velocidades

GASOLINERA	GASOLINA	VELOCIDAD PROMEDIO DE 86,6 Km/h	VELOCIDAD PROMEDIO DE 52,27 Km/h
		GASTO ESPECIFICO COMBUSTIBLE (g/KW h)	GASTO ESPECIFICO COMBUSTIBLE (g/KW h)
ESTACIÓN 1	SÚPER	38,8127	34,3297
	EXTRA	54,7163	53,6781
	ECOPAÍS	48,7468	47,0314
ESTACIÓN 2	SÚPER	47,4402	40,0110
	EXTRA	43,1670	46,7097
	ECOPAÍS	49,9697	46,4681
ESTACIÓN 3	SÚPER	45,8914	38,4695
	EXTRA	51,1491	50,2007
	ECOPAÍS	38,4319	38,8817
ESTACIÓN 4	SÚPER	43,9115	37,9713
	EXTRA	58,6729	62,4784
	ECOPAÍS	51,3653	46,2041

MEZCLAS AL 50%	SÚPER-EXTRA	64,0358	66,6867
	SÚPER-ECOPAÍS	54,7037	56,9821
	EXTRA-ECOPAÍS	45,8199	51,4679

El gasto específico de combustible a una velocidad máxima promedio de [86,6 Km/h], se indica en la figura 75, estos datos fueron cálculos en base al consumo de combustible.

Por lo que se puede observar, en la mezcla de gasolina SÚPER-EXTRA tiene un gasto específico de 64,0358 [g/KW h], mientras que la ECOPAÍS de la ESTACIÓN3, tiene un gasto de 38,4319 [g/ KW h], notándose una disminución en el consumo.

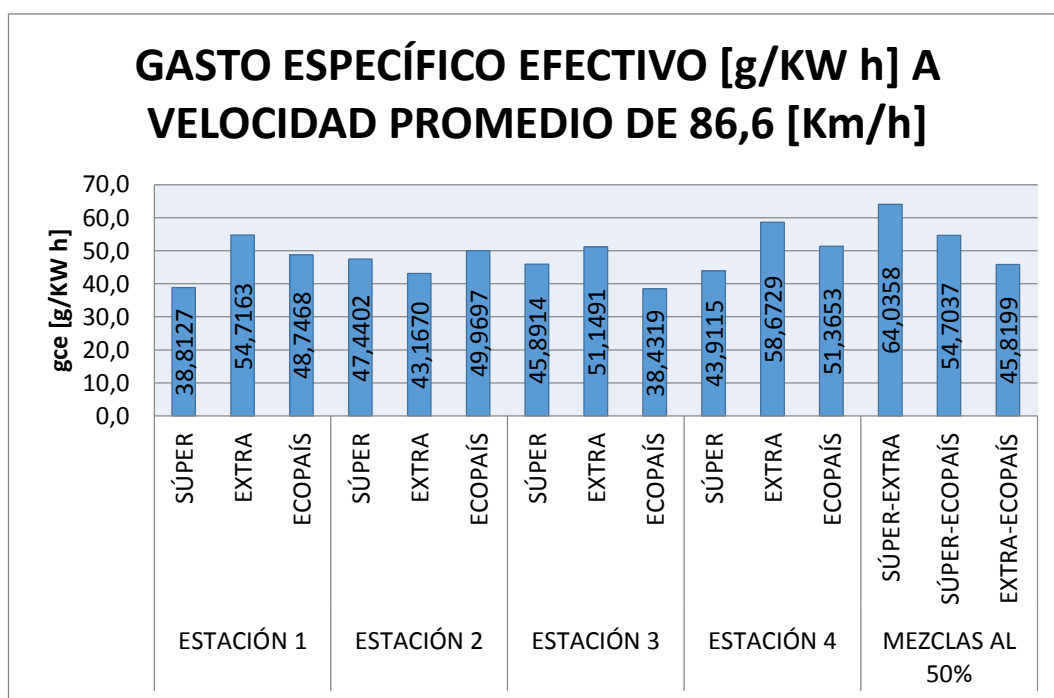


Figura 75. Gasto específico de combustible a velocidad de 86,6 [Km/h]

En la figura 76, se muestra las cantidades del gasto de combustible en las gasolinas a una velocidad máxima promedio de 52,27 [Km/h], en la cual la mezcla de SUPÉR-EXTRA, es la que origina un incremento en el consumo de 66,6867 [g/KW h]; por su parte, SÚPER de la ESTACIÓN 1, genera un consumo del 34,3297 [g/KW h].

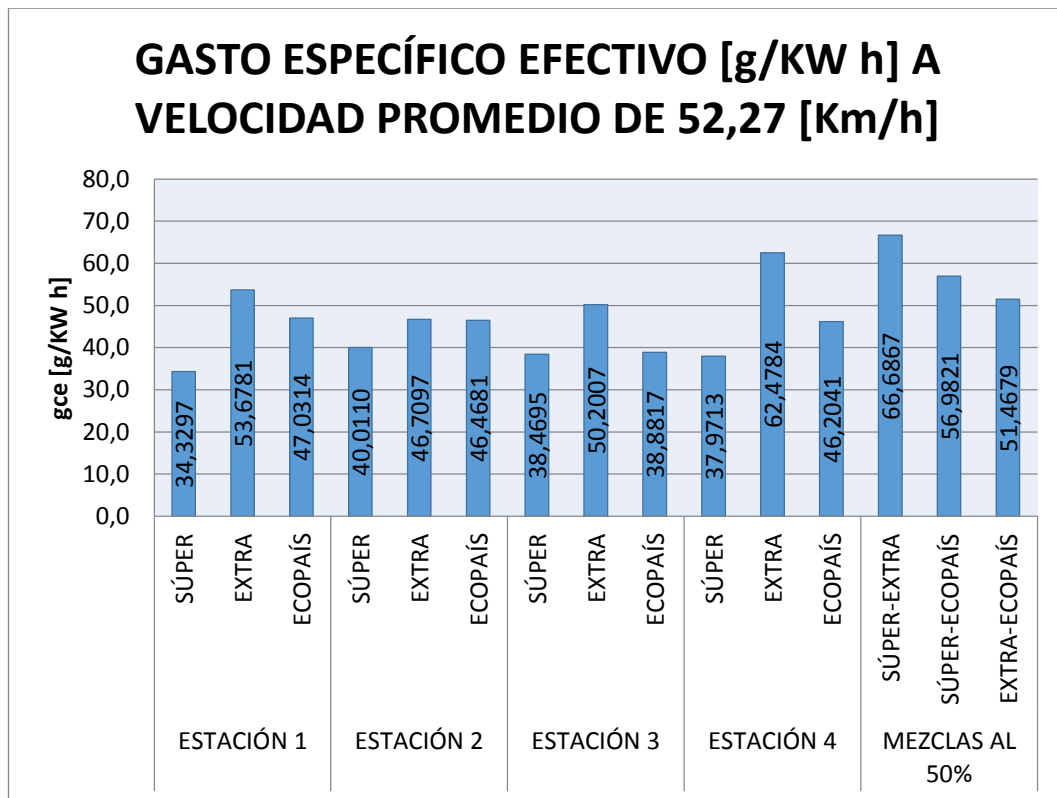


Figura 76. Gasto específico de combustible a velocidad [52,27 Km/h]

4.6. Análisis de curvas de rendimiento

4.6.1. Potencia

Se realizaron 3 pruebas por cada gasolina y se obtuvieron promedios para hacer el análisis de potencia, en la tabla 27 se muestran los datos de las pruebas y sus respectivos promedios de cada combustible. Además se hicieron pruebas estándar para verificar el funcionamiento del dinamómetro, en el ANEXO D2 se indica el cálculo de la potencia indicada y por último se tomó el dato de la potencia máxima que da en la ficha técnica del motor, que son necesarios para el análisis.

Tabla 27
Pruebas y promedio de la potencia en el vehículo

Estación de Servicio	Gasolina	POTENCIA (HP)			
		PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PROMEDIO
ESTACIÓN 1	SÚPER	94,10	93,30	93,10	93,50
	EXTRA	90,70	90,20	89,70	90,20
	ECOPAÍS	93,50	93,20	92,20	92,97

ESTACIÓN 2	SÚPER	93,30	93,00	92,60	92,97
	EXTRA	91,80	90,90	90,70	91,13
	ECOPAÍS	93,80	93,20	93,00	93,33
ESTACIÓN 3	SÚPER	92,10	91,70	91,20	91,67
	EXTRA	90,90	90,60	90,30	90,60
	ECOPAÍS	95,70	94,90	92,60	94,40
ESTACIÓN 4	SÚPER	93,80	93,60	93,00	93,47
	EXTRA	91,30	90,50	90,50	90,77
	ECOPAÍS	93,40	93,20	93,10	93,23
MEZCLAS AL 50%	SUPER-EXTRA	87,40	87,40	87,00	87,27
	SÚPER-ECOPAÍS	88,70	88,70	88,50	88,63
	EXTRA-ECOPAÍS	88,10	87,20	87,20	87,50
	ESTÁNDAR	88,80	88,80	88,40	88,67
	CALCULADA				90,55
	FICHA TÉCNICA				91,00

a. Comparación de datos entre gasolinas

En las siguientes comparaciones, se muestran los valores de la potencia máxima que alcanzó el motor con gasolina SÚPER, EXTRA, ECOPAÍS de las distintas estaciones de servicio; asimismo con las mezclas al 50% que se realizaron.

La figura 79, detalla los valores de obtenidos de potencia máxima de la gasolina SÚPER de las estaciones de servicio, evidenciando que las 4 estaciones superan los valores de la prueba estándar, potencia calculada, y de la ficha técnica del motor.

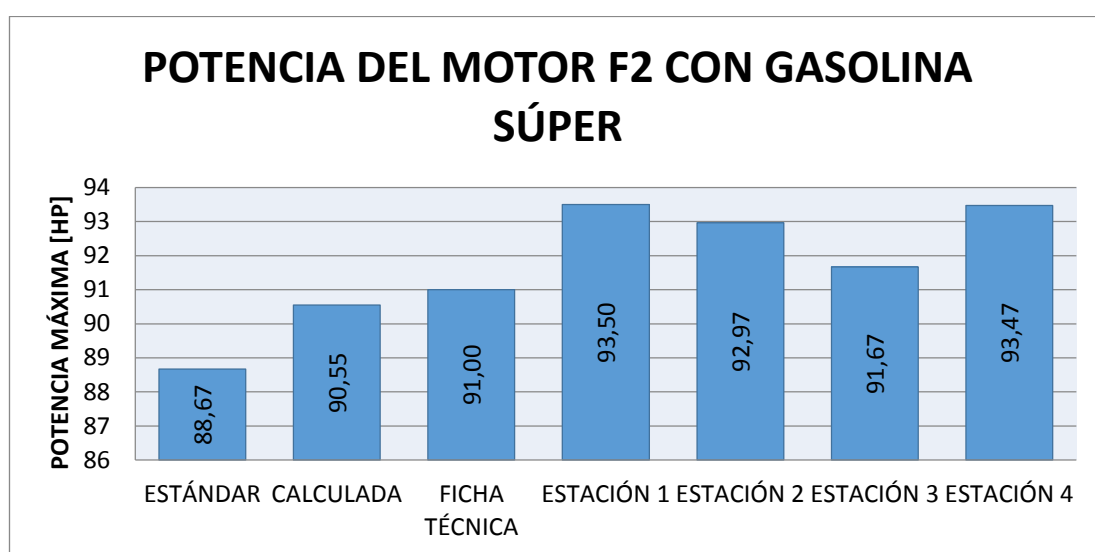


Figura 77. Potencia del motor con gasolina SÚPER

Las variaciones porcentuales de la gasolina SÚPER de la potencia del motor, se indica en la figura 78, tomando en cuenta valores de referencia como estándar, calculada y de la ficha técnica. Donde se observa que las cantidades porcentuales se encuentran por encima de la cantidad referenciada por lo que se da a conocer los siguientes datos: de la gasolina SÚPER el valor porcentual más alto es de la ESTACIÓN 1 con 5,45%, siguiéndole la ESTACIÓN 4 con 5,41%, luego la ESTACIÓN 2 con 4,85% y finalmente la ESTACIÓN 3 con una variación de 3,38%.

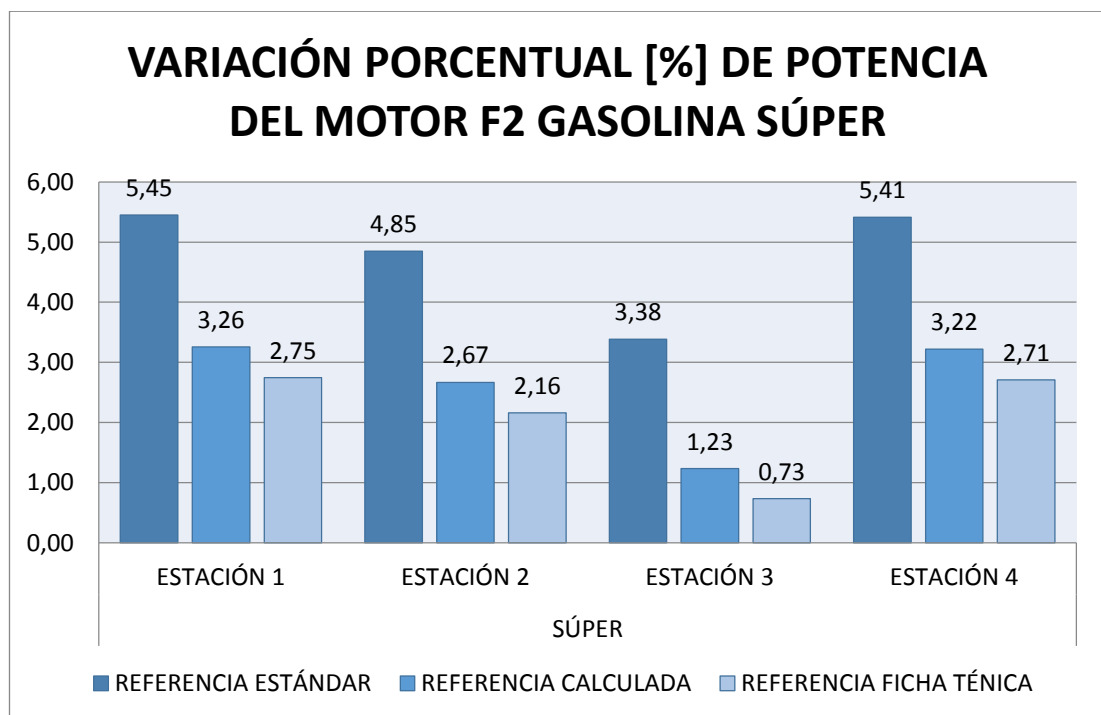


Figura 78. Variación porcentual de potencia gasolina SÚPER

La figura 79, presenta la potencia máxima alcanzada del motor F2 con gasolina EXTRA; se observa que las 4 estaciones superan el valor de la potencia estándar, mientras que la ESTACIÓN 1, se encuentra por debajo del valor de la potencia calculada; las ESTACIONES 3 y 4, sobrepasan por una diferencia mínima la potencia calculada; y la ESTACIÓN 2, se distingue que supera en una mínima cantidad a la potencia de la ficha técnica.

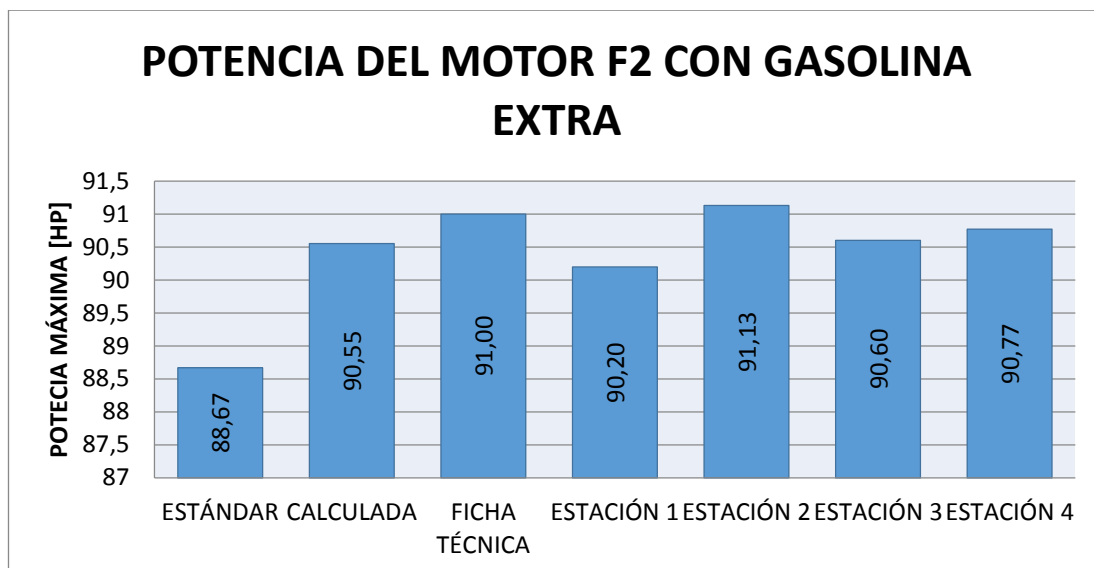


Figura 79. Potencia del motor con gasolina EXTRA

La variación porcentual que tuvo la gasolina EXTRA de cada estación de servicio, se muestra en la figura 80; observando que las estaciones analizadas superan en valor promedio de 2,27% a la potencia estándar, en 0,14% al valor de potencia calculada y una pérdida de potencia promedio del 0,36% en comparación con el valor de la potencia de la ficha técnica.

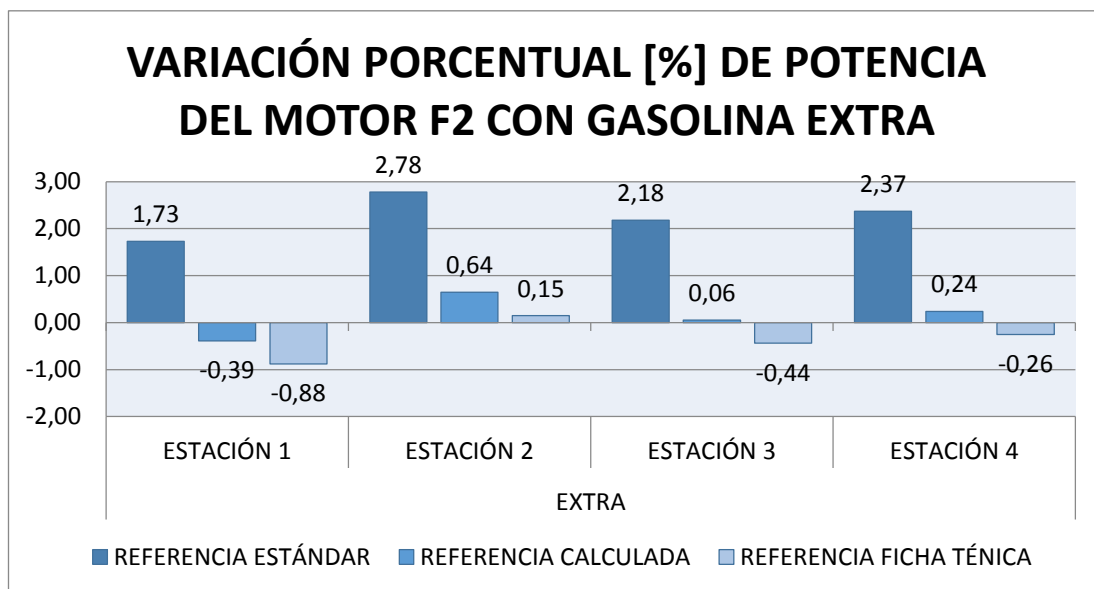


Figura 80. Variación porcentual de potencia gasolina EXTRA

La potencia máxima que genera el motor F2 con gasolina ECOPAÍS; se distingue que excede a los valores de los parámetros iniciales de potencia, como es la estándar, calculada y de la ficha técnica. Dando valores de 92,97

[HP]; 93,33 [HP]; 94,4 [HP] y 93,23 [HP]; de las ESTACIONES 1, 2, 3 y 4, respectivamente, se observa en la figura 81.

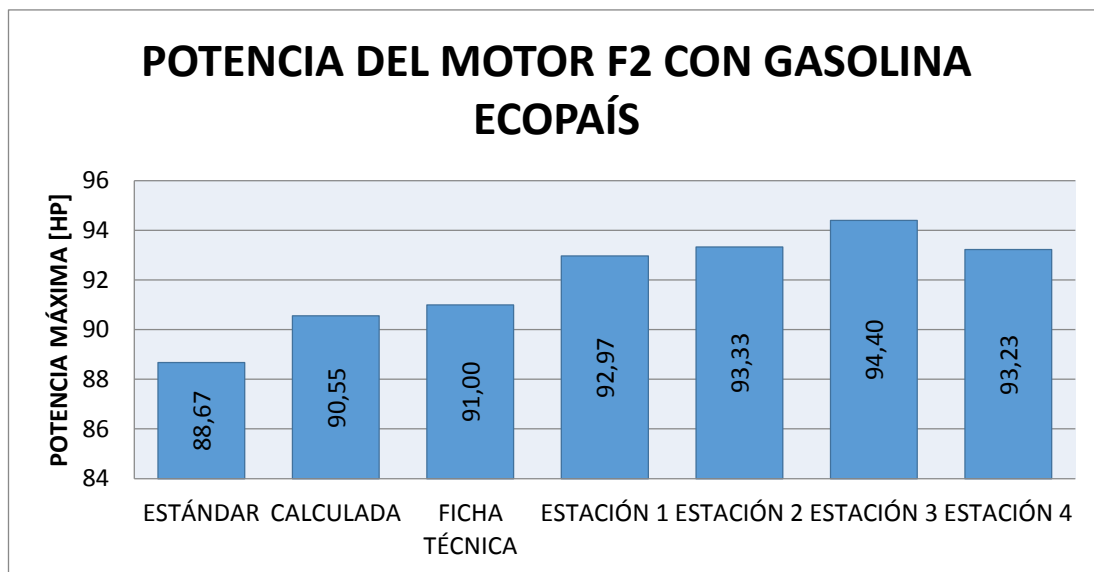


Figura 81. Potencia del motor con gasolina ECOPAÍS

En la figura 82, muestra la diferencia porcentual que tiene la gasolina ECOPAÍS, de las cantidades referenciadas de potencia; como son estándar, calculada y de la ficha técnica, se distingue que todos los valores porcentuales de las estaciones están por encima de los referenciales.

Se observa que las estaciones analizadas superan en valor promedio de 5,43%; 3,24% y 2,73% a la potencia estándar, calculada y de la ficha técnica, respectivamente.

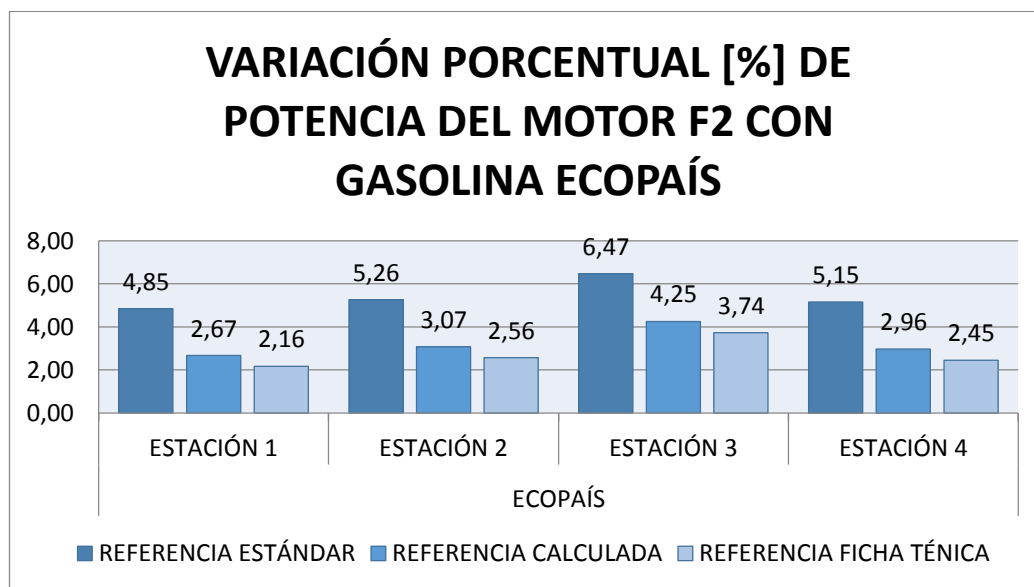


Figura 82. Variación porcentual de potencia gasolina ECOPAÍS

La potencia máxima entre las mezclas al 50% tanto de SÚPER-EXTRA, SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS, se observa en la figura 83. Se distingue que las mezclas están por debajo de los parámetros iniciales, como en la mezcla de SÚPER-EXTRA hay un valor de 87,27 [HP], SÚPER-ECOPAÍS es de 88,63 [HP] y EXTRA-ECOPAÍS es 87,50 [HP].

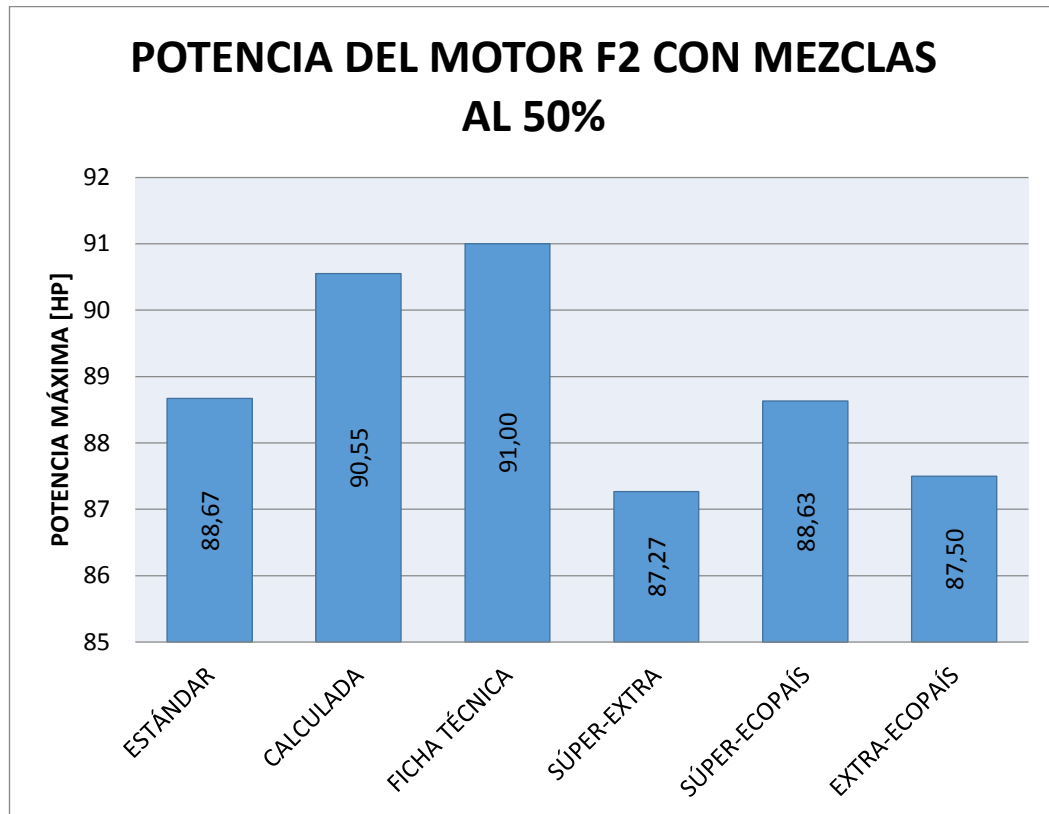


Figura 83. Potencia del motor con mezcla entre gasolinas al 50%

Las variaciones de las mezclas al 50% entre gasolinas, se observa que estas se encuentran por debajo de los valores referenciales, dándose a notar que de la combinación SÚPER-EXTRA genera una pérdida promedio del 3,10%, en comparación con el dato de la potencia estándar, SÚPER-ECOPAÍS en 1,59% con la potencia calculada, y EXTRA-ECOPAÍS en un 2,85% verificando con la potencia de la ficha técnica (ver figura 84).

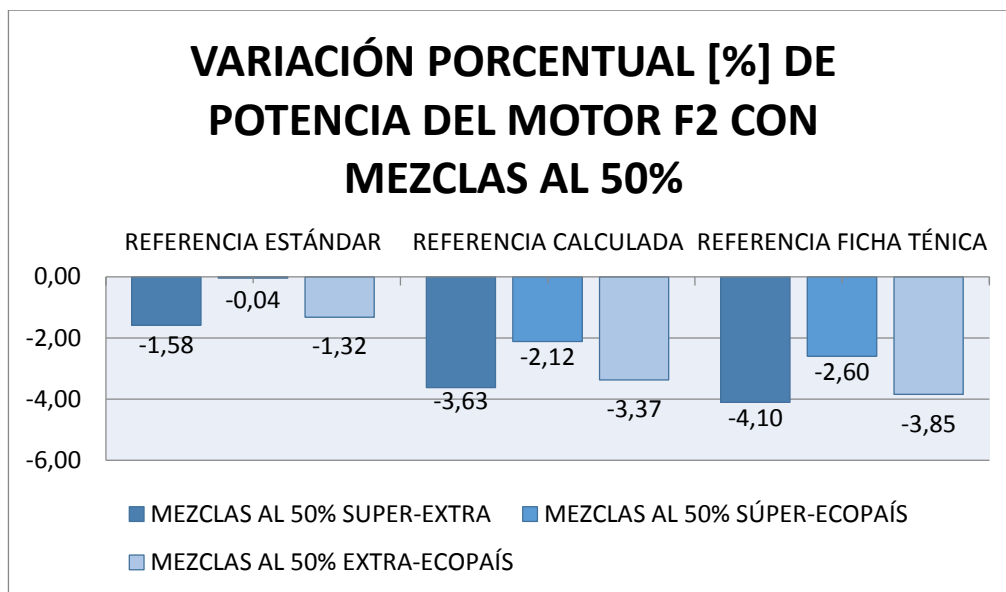


Figura 84. Variación porcentual de potencia de MEZCLAS AL 50%

b. Análisis comparativo de gasolinas entre estaciones de servicio

A continuación, se indica las comparaciones de potencia de las gasolinas entre estaciones de servicio y los parámetros iniciales como el valor de las pruebas a estándar, es decir, con la gasolina que contenía originalmente el depósito de combustible, la potencia calculada que se encuentra en el ANEXO C4, y el valor de la ficha técnica del motor.

De la figura 85, se observa que las gasolinas de la ESTACIÓN 1, superan a los valores de potencia de los parámetros iniciales. Dando como resultado lo siguiente: SÚPER produce una potencia en el motor de 93,50 [HP]; EXTRA, 90,20 [HP] y ECOPAÍS genera 92,97 [HP].

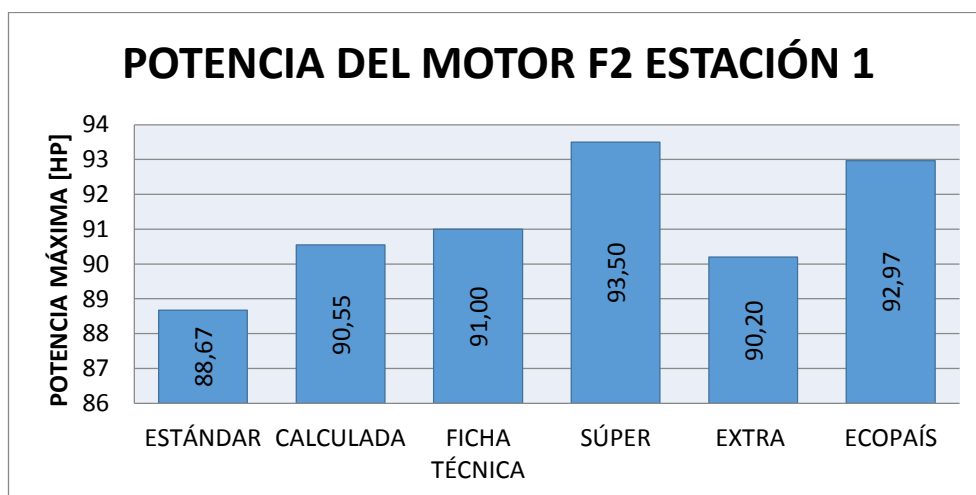


Figura 85. Potencia del motor F2, ESTACIÓN 1

De la ESTACIÓN 1, en la figura 86; se indica los valores porcentuales de potencia que genera el motor con las tres gasolinas, en cuanto a la referencia con el valor de potencia de la estándar, la gasolina SÚPER es la que mayor diferencia tiene con 5,45%, mientras que con la referencia de la potencia de la ficha técnica, tan solo aumenta 2,75%.

De la gasolina EXTRA se indica que comparando con el valor estándar sobrepasa 1,73% mientras que con la calculada disminuye 0,39%; la gasolina ECOPAÍS aumenta con el valor referencial estándar en 4,85%, mientras que con el valor de la ficha técnica tan solo aumenta 2,16%.

Se puede observar que los porcentajes de la gasolina EXTRA comparados con los valores de potencia calculada y de la ficha técnica disminuyen en 0,39% y 0,88%, respectivamente.

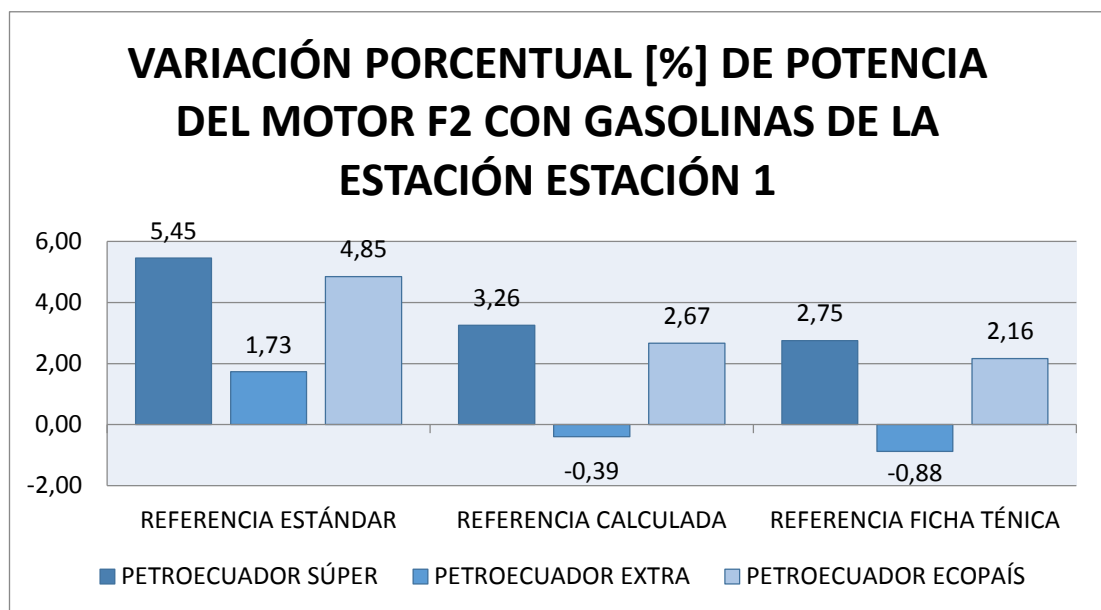


Figura 86. Variación porcentual potencia, ESTACIÓN 1

En la figura 87, se muestra los valores de potencia del motor que generó las gasolinas de la estación de servicio PRIMAX, donde la gasolina ECOPAÍS es aquella que tiene 93,33 [HP] que hace que sea la cantidad mayor en cuanto a esta estación, por el contrario la gasolina EXTRA es la que menor potencia produce en el motor con un total de 91,13 [HP]; se observa que los datos superan a los parámetros iniciales.

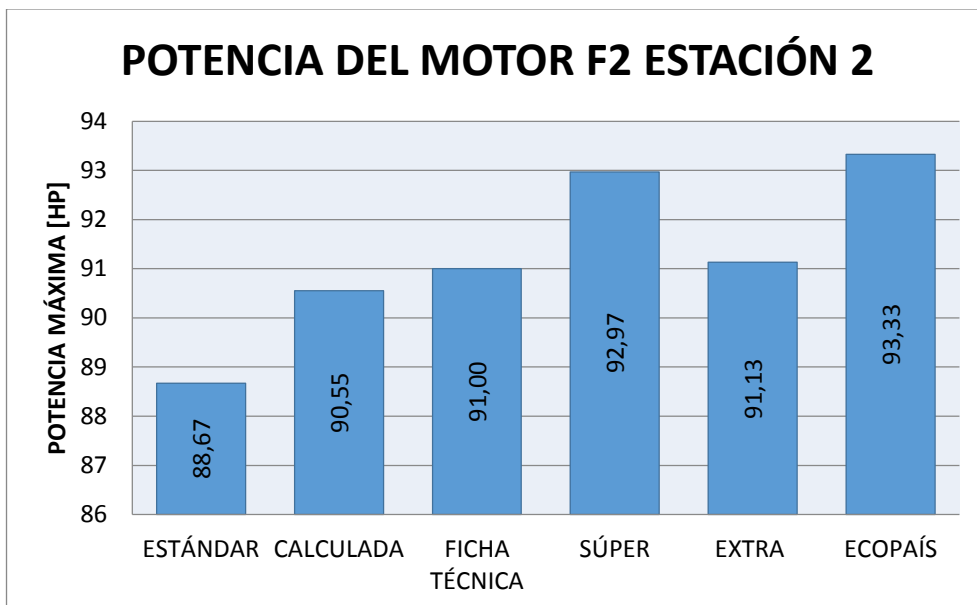


Figura 87. Potencia del motor F2, ESTACIÓN 2

El porcentaje de variación de la potencia con las gasolinas de la ESTACIÓN 2, se observa en la figura 88, donde claramente todas ellas están por encima de los valores referenciales, la que mayor incremento tiene en porcentaje es la gasolina ECOPAÍS comparado con el valor inicial de la estándar con 5,26%. Y la que menor diferencia existe es la de la ficha técnica con la gasolina EXTRA con tan solo 0,15%.

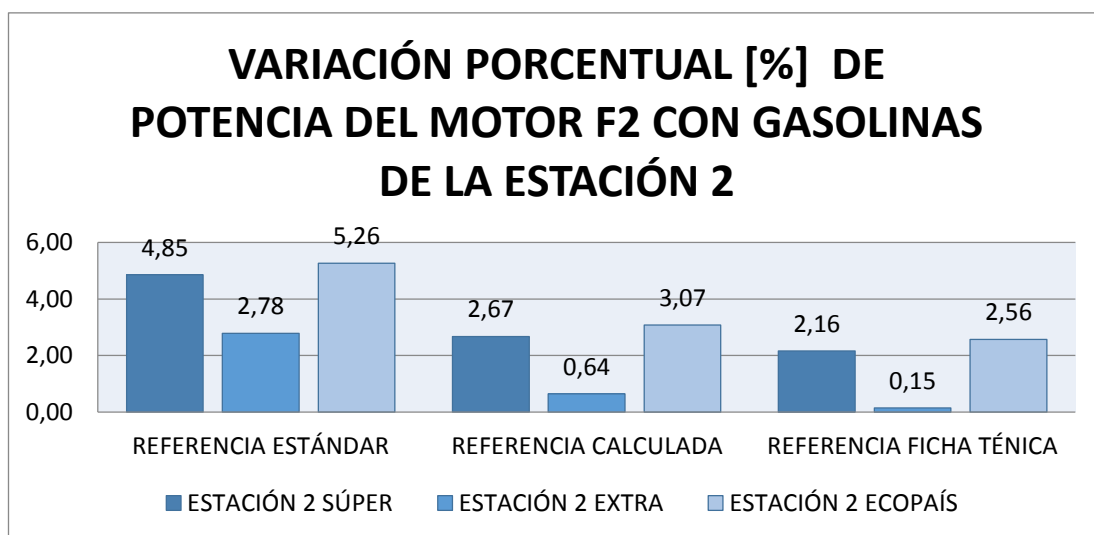


Figura 88. Variación porcentual de potencia, ESTACIÓN 2

Los valores de potencia que da el motor MAZDA F2 con las gasolinas de la ESTACIÓN 3, se muestra en la figura 89; se visualiza que los valores de las gasolinas de esta estación sobrepasan las cantidades iniciales de la

estándar, calculada y de la ficha técnica; dándose a conocer que ECOPAÍS genera una mayor potencia de 94,40 [HP]; por el contrario la EXTRA es la que tiene el menor valor con 90,60 [HP].

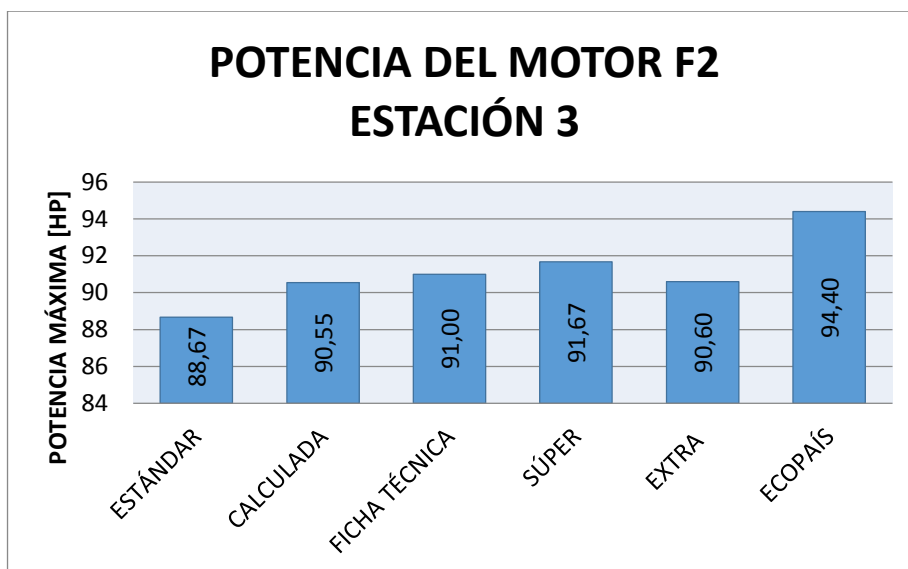


Figura 89. Potencia del motor F2, ESTACIÓN 3

La variación porcentual que tiene las gasolinas de la ESTACIÓN 3, con los valores de potencia estándar, calculada y de la ficha técnica, se muestra en la figura 90; donde la gasolina ECOPAÍS es la que tiene un gran porcentaje de diferencia con un total de 6,47%, comparando con el valor de la potencia estándar, y la gasolina EXTRA disminuye 0,44% con la cantidad de potencia de la ficha técnica.

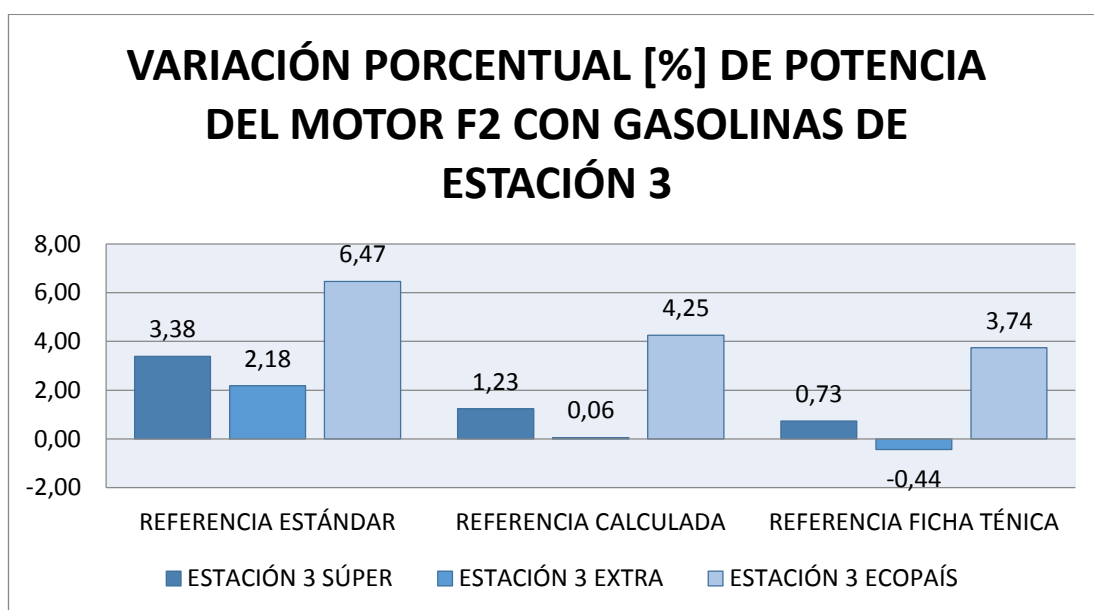


Figura 90. Variación porcentual de potencia, ESTACIÓN 3

Los valores de potencia de las gasolinas que generó el motor F2 de la ESTACIÓN 4, se muestran en la figura 91, dando así a conocer que la gasolina SÚPER tiene una cantidad mayor que de la EXTRA, con 93,47 [HP] y 90,77 [HP], respectivamente; se observa que todos los valores de las gasolinas superan los datos iniciales.

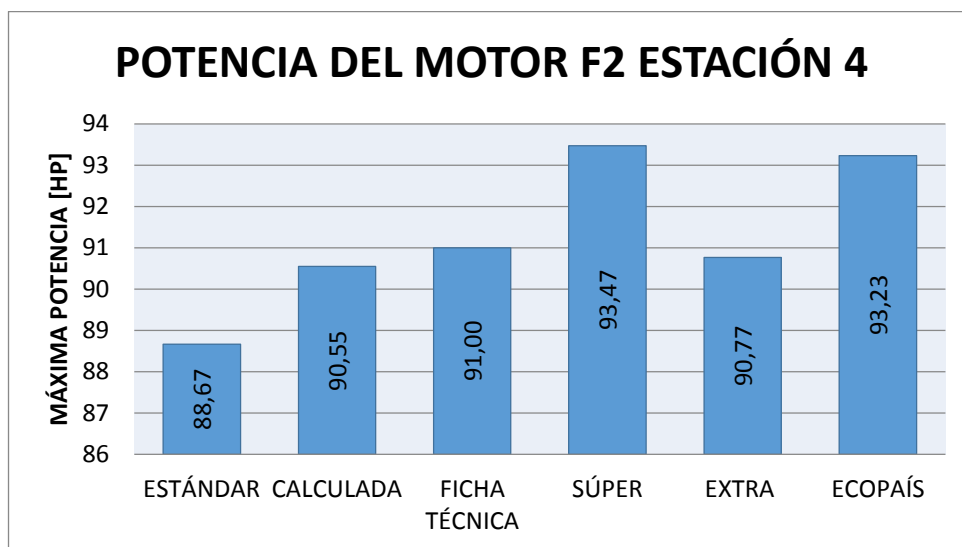


Figura 91 Potencia del motor F2, ESTACIÓN 4

En la figura 92, se muestra las diferencias en porcentajes que tuvo cada gasolina de la estación de servicio MASGAS, donde se distingue que la gasolina SÚPER comparada con el valor inicial estándar tiene un porcentaje del 5,41%, mientras que la gasolina EXTRA tomando como referencia el valor de la ficha técnica disminuye 0,26%.

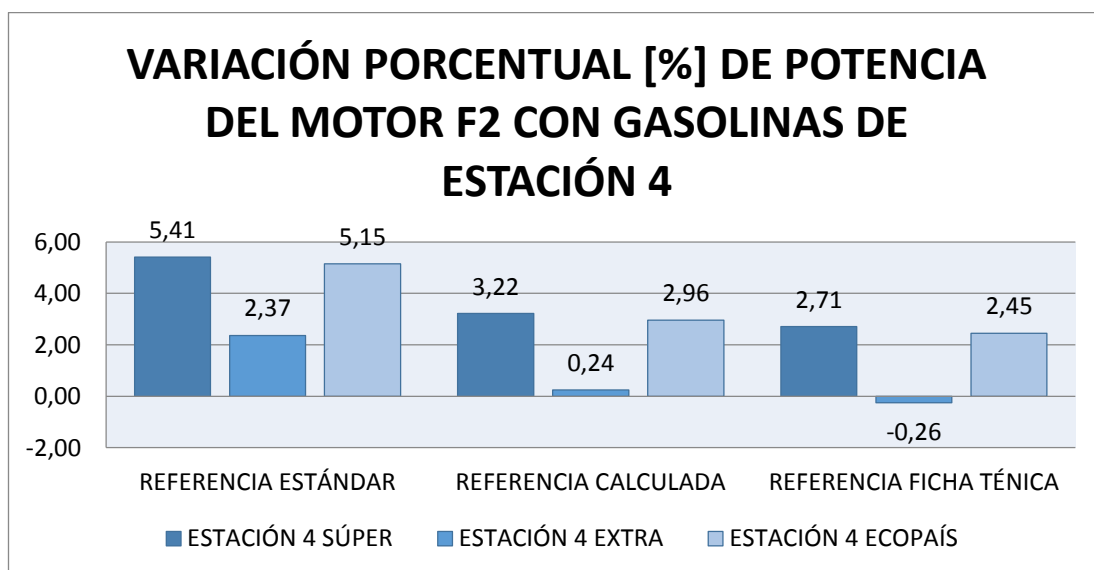


Figura 92. Variación porcentual de potencia, ESTACIÓN 4

4.6.2. Variación porcentual de potencia entre gasolinas

Se presenta en la tabla 28, la variación porcentual al comprar las gasolinas de una misma estación de servicio.

Tabla 28
Variación porcentual de potencia del motor F2

VARIACIÓN PORCENTUAL DEL MOTOR F2 ENTRE GASOLINAS			
	Δ % SÚPER-EXTRA	Δ % SÚPER-ECOPAÍS	Δ % EXTRA-ECOPAÍS
ESTACIÓN 1	3,529%	0,570%	-2,959%
ESTACIÓN 2	1,964%	-0,393%	-2,357%
ESTACIÓN 3	1,130%	-2,895%	-4,025%
ESTACIÓN 4	2,889%	0,250%	-2,639%

En la figura 93, se muestra la variación porcentual obtenidas en la comparación entre gasolinas de la misma estación de servicio, el valor que se toma como dato inicial es el de mayor potencia y de la misma estación; por lo tanto, se indica que la gasolina SÚPER excede en un 3,53% la potencia, generada por la gasolina EXTRA; y se observa que la gasolina EXTRA disminuye 4,03% en comparación con la gasolina ECOPAÍS.

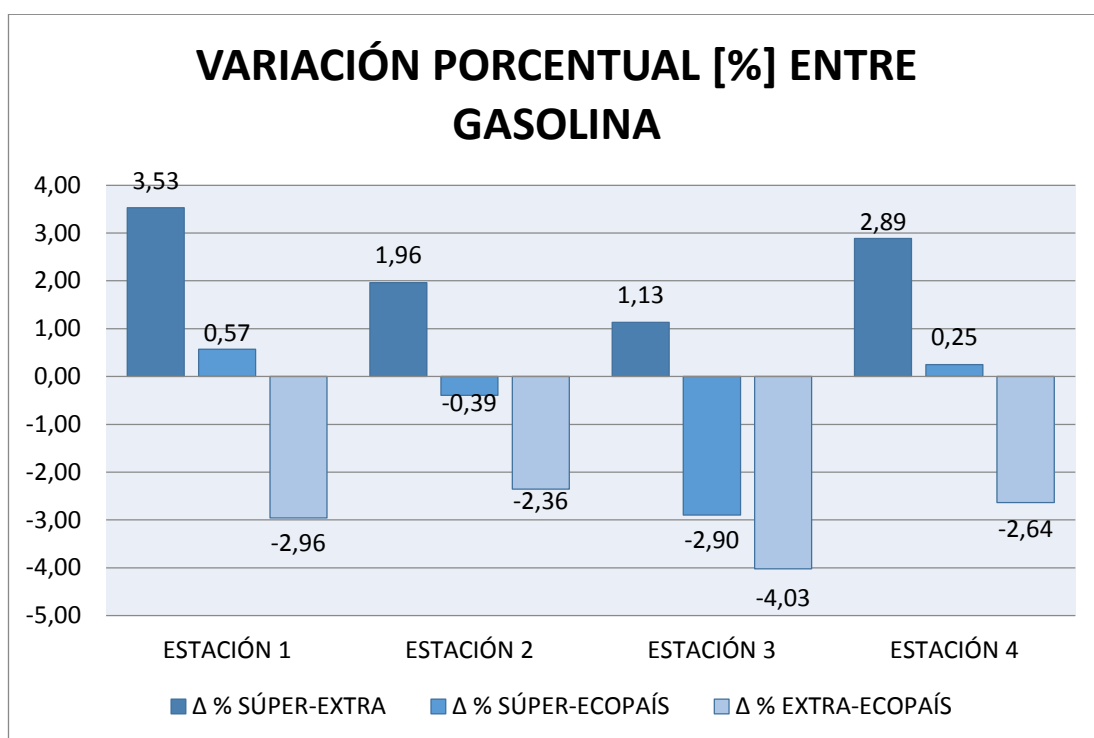


Figura 93 Variación porcentual de potencia entre gasolinas

4.6.3. Torque

En el ANEXO D2 (Tabulación de Potencia) y en el ANEXO E (Gráficas - Tablas de Potencia y Torque del motor MAZDA F2), se presentan los valores del torque máximo que da el motor F2, con las gasolinas y las gráficas de las pruebas en el dinamómetro. Además, se indica en la tabla 29, que de cada gasolina se realizaron tres pruebas y de ellas se consiguió un promedio del torque; para lo cual se trabajó con este para los previos análisis.

Tabla 29
Datos de las pruebas y promedio del torque en el vehículo

Estación de Servicio	Gasolinera	TORQUE (Kg m)			PROMEDIO
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
ESTACIÓN 1	SÚPER	13,04	12,85	12,68	12,86
	EXTRA	12,74	12,68	12,60	12,67
	ECOPAÍS	12,87	12,82	12,66	12,78
ESTACIÓN 2	SÚPER	12,95	12,93	12,89	12,92
	EXTRA	12,79	12,48	12,47	12,58
	ECOPAÍS	12,92	12,85	12,72	12,83
ESTACIÓN 3	SÚPER	13,27	12,86	12,82	12,98
	EXTRA	12,90	12,85	12,47	12,74
	ECOPAÍS	13,32	13,29	12,91	13,17
ESTACIÓN 4	SÚPER	13,03	12,92	12,79	12,91
	EXTRA	12,58	12,55	12,52	12,55
	ECOPAÍS	13,16	13,10	13,05	13,10
MEZCLAS AL 50%	SUPER-EXTRA	12,14	12,14	11,88	12,05
	SÚPER-ECOPAÍS	12,27	12,20	12,00	12,16
	EXTRA-ECOPAÍS	12,24	11,86	11,85	11,98
	ESTÁNDAR	12,64	12,44	12,33	12,47
	CALCULADA				13,98
	FICHA TÉCNICA		118,00	ft lb	16,32

a. Comparación del torque entre gasolinas

A continuación, se indica el torque máximo que da el motor con las diferentes gasolinas de distintas estaciones de servicio que expenden en el Ecuador. La figura 94, representa los valores del torque máximo que proporciona el motor al suministrar gasolina SÚPER, de las 4 estaciones de servicio, donde se observa que existe variaciones mínimas entre los valores,

a la vez son menores a la calculada y de la ficha técnica. De la ESTACIÓN 3, existe un valor de 12,98 [Kg m], y de la ESTACIÓN 1 con 12,86 [Kg m], con respecto a esta gasolina.

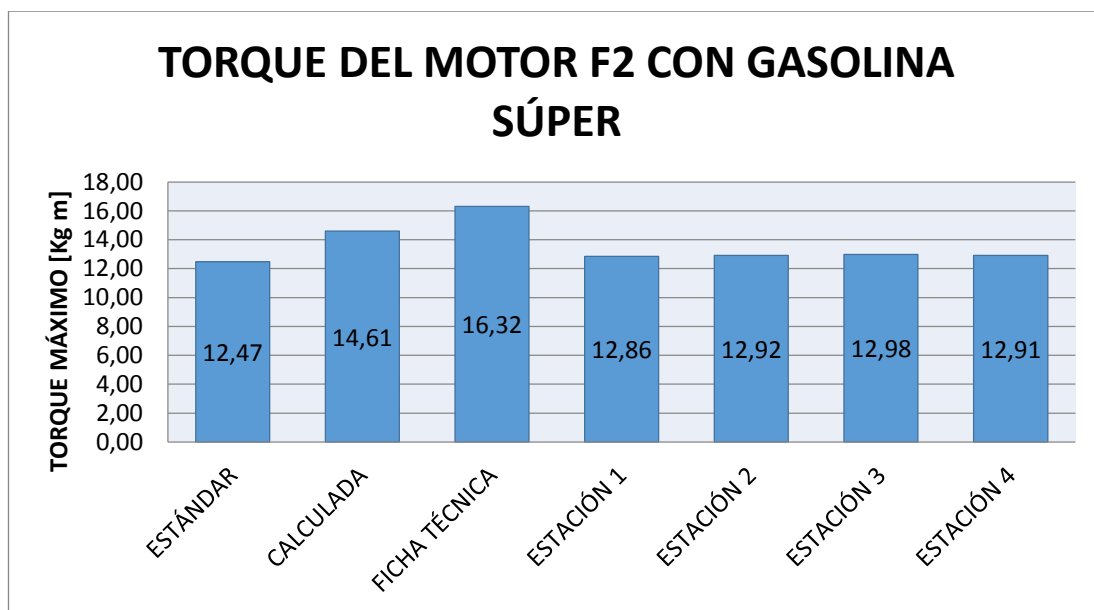


Figura 94. Torque del motor con gasolina SÚPER

En la figura 95, se hace la comparación de las variaciones porcentuales de la gasolina SÚPER de cada estación de servicio, donde se distingue que los valores de torque con respecto al estándar están por encima, con un promedio del 3,61%; por el contrario, los valores con respecto al torque calculado y de la ficha técnica están por debajo; dando un promedio del 11,57% y 20,82%, respectivamente.

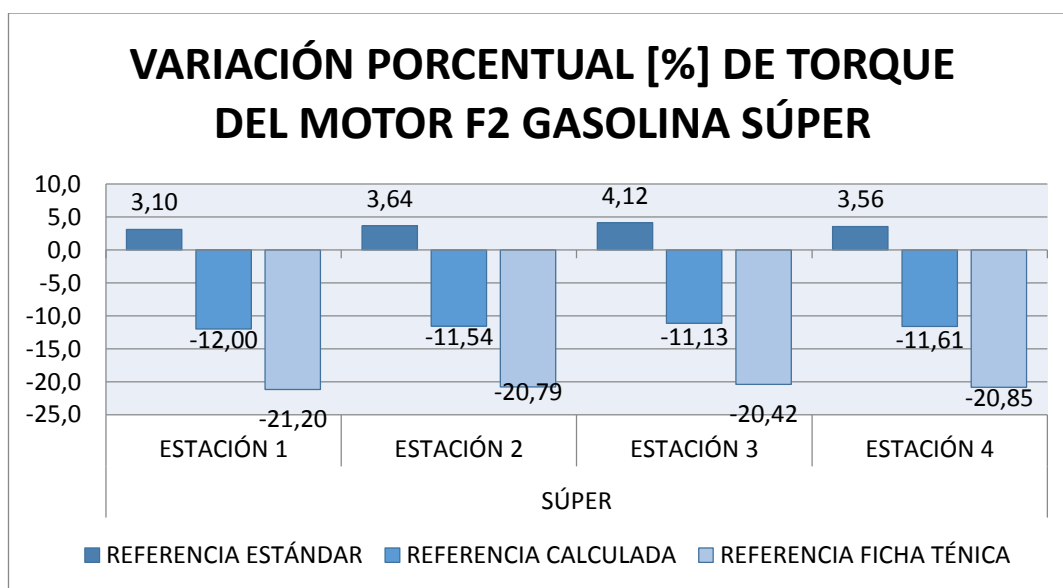


Figura 95. Variación porcentual de torque gasolina SÚPER

Los valores de torque que proporciona el motor F2, con la gasolina EXTRA se indica en la figura 97; dando así lo siguiente, de las ESTACIONES 1, 2, 3 y 4, generó un torque de 12,67 [Kg m], 12,58 [Kg m], 12,58 [Kg m] y 12,55 [Kg m], respectivamente.

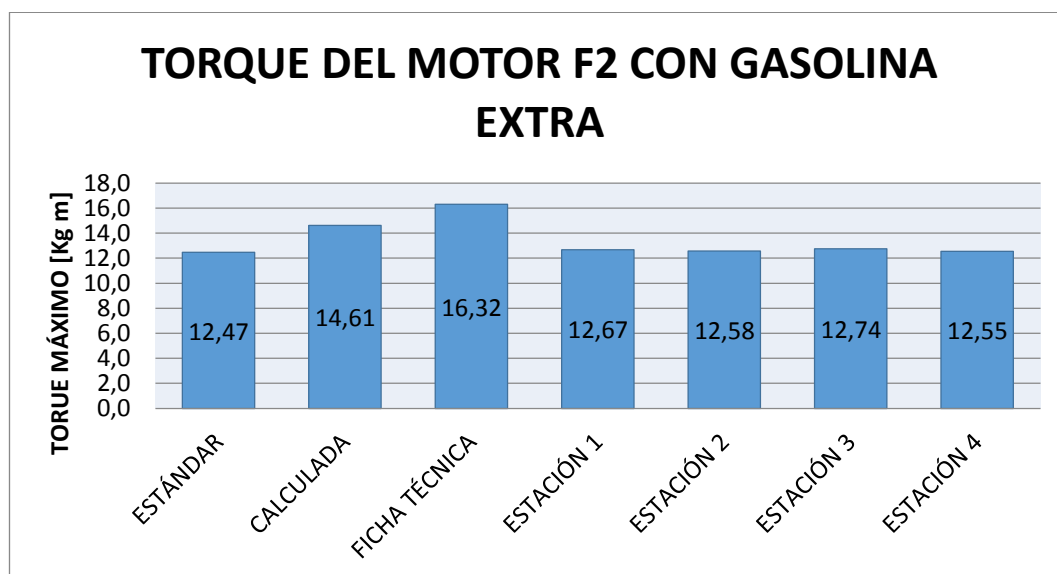


Figura 96. Torque del motor con gasolina EXTRA

La figura 97, muestra los valores de variación porcentual de torque del motor F2 al cargar con gasolina EXTRA; se observa que el torque de todas las estaciones está por encima del estándar, dando así un promedio porcentual de 1,33%; en cambio, los valores de torque con respecto al de la calculada y de la ficha técnica están por debajo, con un promedio de 13,51% y 22,55%, respectivamente.

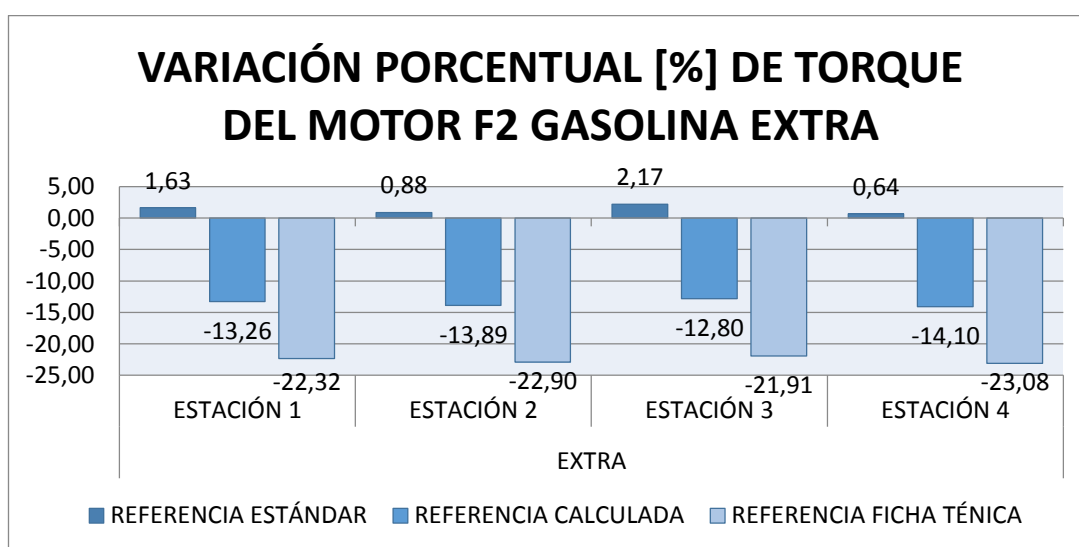


Figura 97. Variación porcentual de torque gasolina

De la gasolina ECOPAÍS, se muestra en la figura 98 las cantidades del torque; donde se puede observar que igual a las demás gasolinas están por debajo del valor de la ficha técnica, calculada y ficha técnica; entonces la ESTACIÓN 1, tiene su cifra menor a la de la ESTACIÓN 3 con 12,78 [Kg m] y 13,17 [Kg m], respectivamente. Mientras que la ESTACIÓN 2 y 4, valores del torque de 12,83 [Kg m] y 13,10 [Kg m], respectivamente.

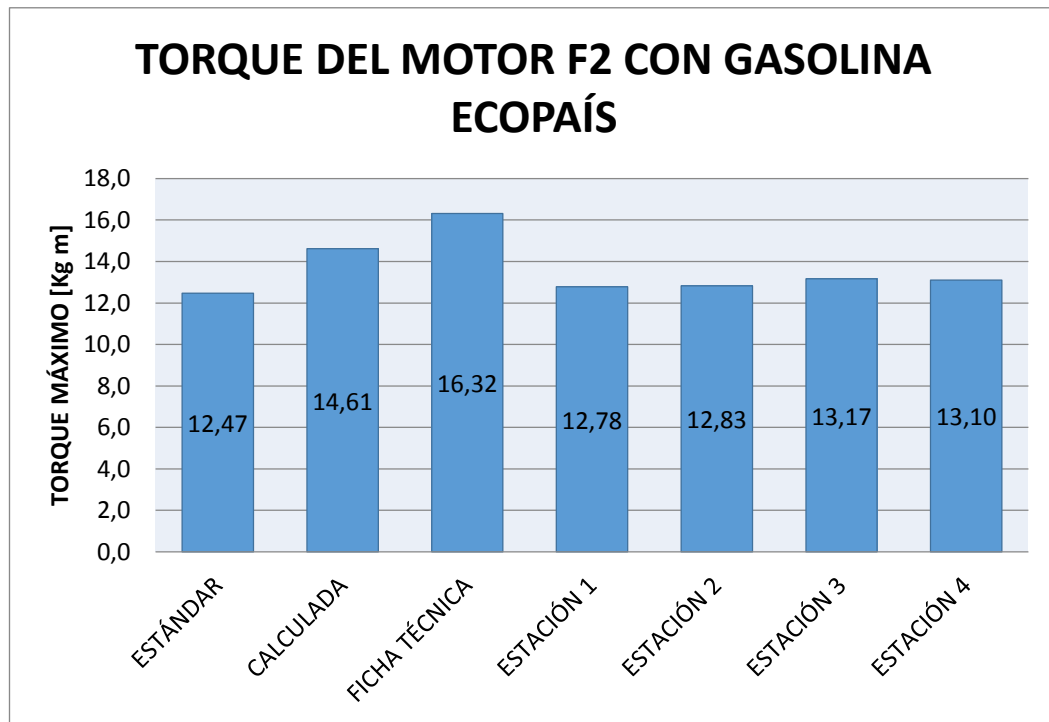


Figura 98. Torque del motor con gasolina ECOPAÍS

Ahora en la figura 99, se muestra de la gasolina ECOPAÍS, las variaciones porcentuales que generó el motor F2, de las diferentes estaciones de servicio, tomando como referencia el valor estándar, calculado y del torque de la ficha técnica. En la cual se observa que las cantidades de torque que generó el motor F2 con respecto a la estándar superan al valor de 12,47 [Kg m] con un promedio de todas las estaciones de 4,03%; a la vez se visualiza que el torque con respecto a la calculada y de la ficha técnica están por debajo con un promedio de 11,21% y 20,49%, respectivamente.

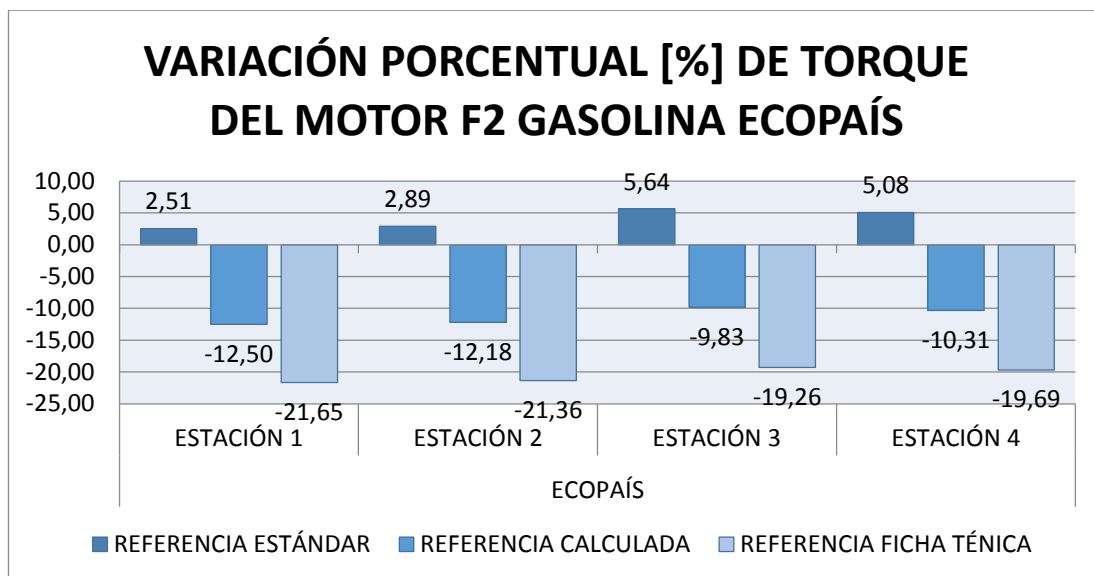


Figura 99. Variación porcentual de torque gasolina ECOPAÍS

Para finalizar este análisis en cuanto a las comparaciones de torque entre gasolinas; en la figura 100, se muestra el torque del motor con las mezclas al 50 % entre: SÚPER-EXTRA, SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS. Donde se da el siguiente análisis comparativo; se visualiza que son menores al total de la ficha técnica; y que además su mayor valor es entre la combinación con SÚPER-ECOPAÍS (12,16 [Kg m]) y el menor es EXTRA-ECOPAÍS (11,98 [Kg m]); dando así a conocer que al mezclarse las gasolinas bajan su rendimiento tanto en torque como en potencia; y el consumo de combustible es mayor.

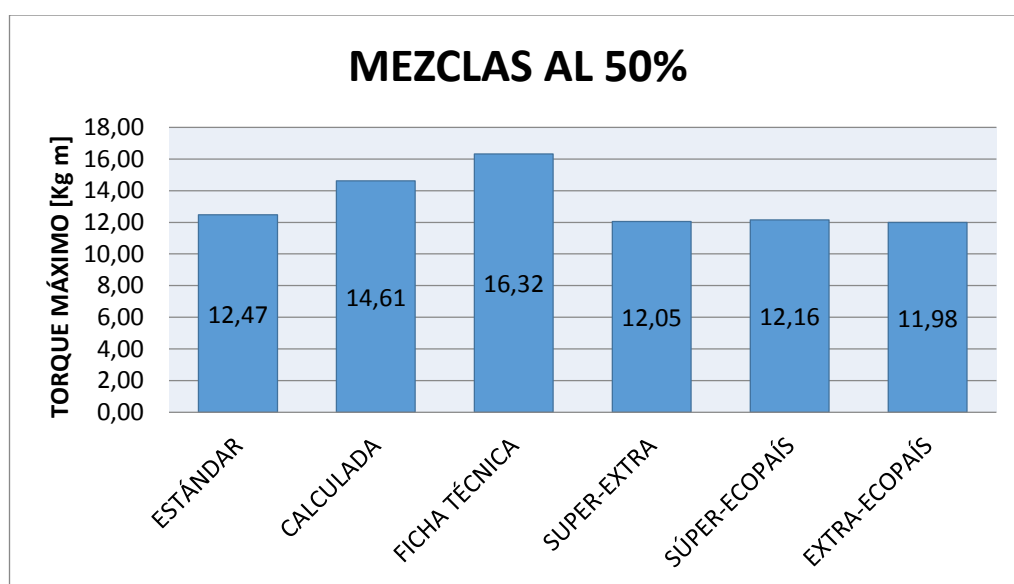


Figura 100. Torque del motor con mezcla entre gasolinas al 50%

Al mezclar las gasolinas al 50%, existe una variación en cuánto al torque que ejerce el motor, por lo tanto, en la figura 101, se muestra los valores porcentuales de las mezclas, referenciando las cantidades que se obtuvo de la estándar, calculada y de la ficha técnica, para lo cual se observa que todas las mezclas están por debajo de estos valores. Dando así como resultado, un promedio porcentual de cada mezcla con los valores referenciales entre la estándar, calculada y de la ficha técnica, con 15,65%, 44,79% y 16,14%, respectivamente.

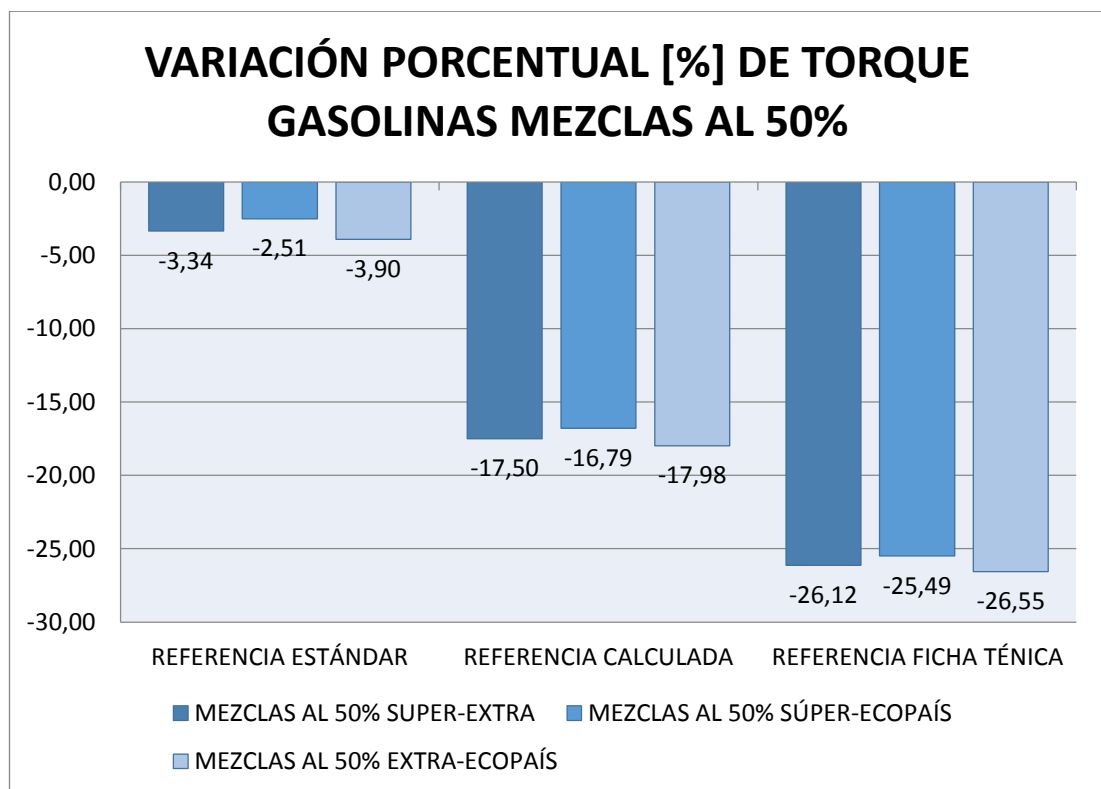


Figura 101. Variación porcentual de torque MEZCLAS AL 50%

b. Comparación del torque entre estaciones de servicio

Luego, se hace un análisis del torque máximo que se dio a partir de las gasolinas, entre estaciones de servicio, esto se muestra a continuación. Se hizo cálculos de torque que se encuentra en el ANEXO C4 (Cálculos de potencia y torque).

En la figura 102, se muestra el torque máximo de las gasolinas de la ESTACIÓN 1; donde SÚPER es la de que tiene una cantidad mayor; pero, la gasolina EXTRA es la que menor cantidad, con 12,86 [Kg m] y 12,67 [Kg m],

respectivamente. Se observa además que entre las 3 no existe mucha diferencia de torque, pero al igual sus valores son menores a la de la ficha técnica y se aproxima a la calculada.

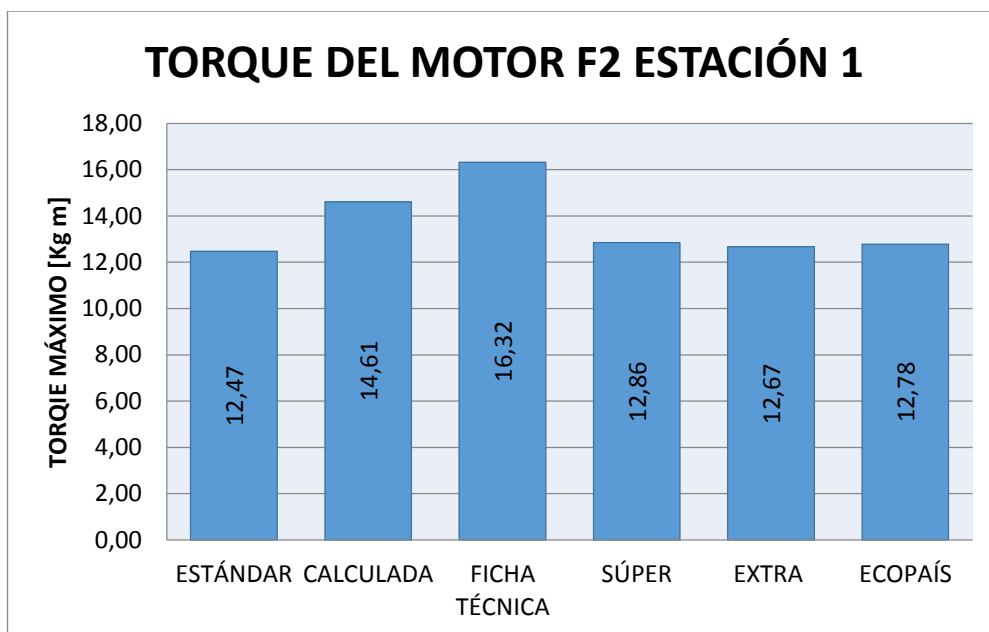


Figura 102. Torque del motor de ESTACIÓN 1

En la figura 103, se muestra los valores porcentuales de torque del motor de cada una de las gasolinas de la ESTACIÓN 1, comparando con los valores estándar, calculado y de la ficha técnica, se puede distinguir que todas las diferencias de las gasolinas con la ficha técnica están por debajo del valor inicial; mientras que con los datos de la estándar están por encima dando así lo siguiente; las gasolinas de esta estación de servicio, como la SÚPER tiene un total de 3,10% en la estándar, -12% en la calcula y -21,20% de diferencia con la ficha técnica. La gasolina EXTRA tiene 1,63% en la estándar, -13,26% en calculada y -22,32% en ficha técnica y finalmente en la ECOPAÍS con 2,51%; -12,50% y -21,65%, de estándar, calculada y ficha técnica, respectivamente.

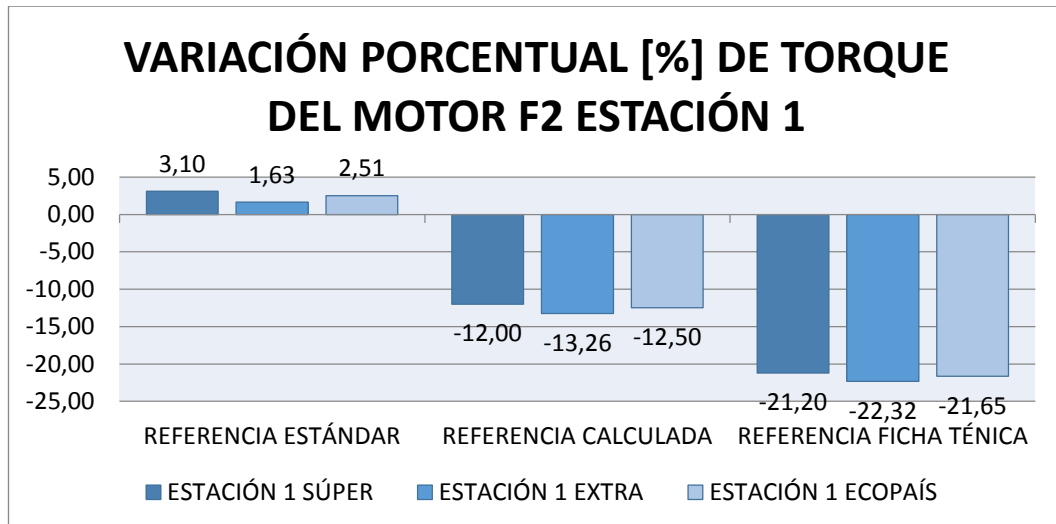


Figura 103. Variación porcentual de torque ESTACIÓN 1

La ESTACIÓN 2, muestra los valores de torque que se realizó en las pruebas en la figura 104; donde se observa que la que mejor torque suministra es la gasolina SÚPER; la EXTRA es la menor en cuánto a esta gasolinera; añadiendo además las cantidades de cada una de ellas; en SÚPER con 12,98 [Kg m], EXTRA con 12,58 [Kg m] y ECOPAÍS con 12,83 [Kg m].

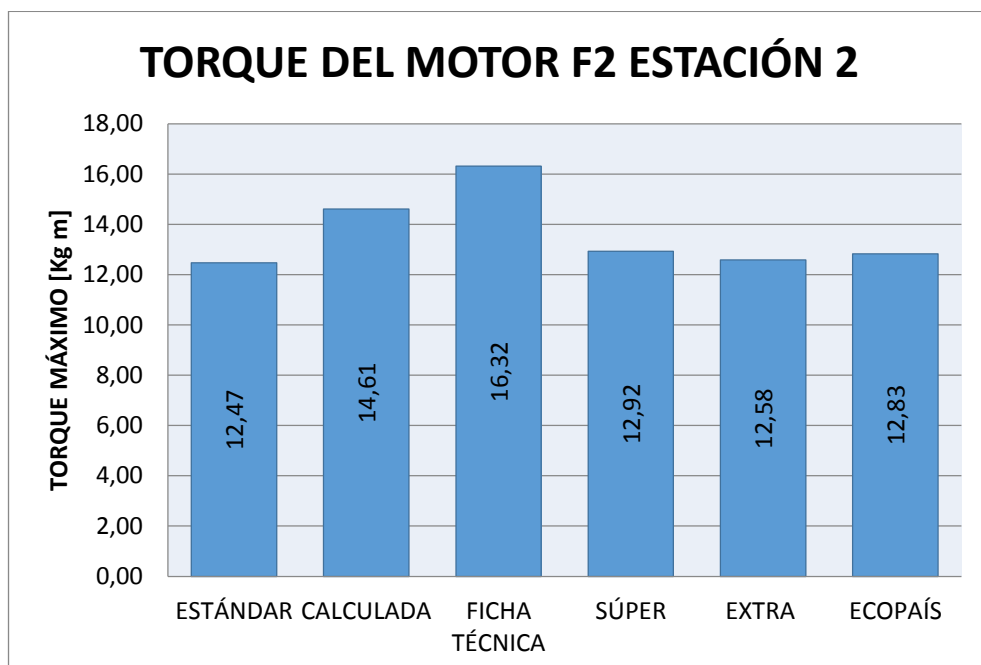


Figura 104. Torque del motor de gasolinera ESTACIÓN 2

En la figura 105, se muestra las variaciones de porcentaje de las gasolinas de la ESTACIÓN 2, tomando en cuenta que estos porcentajes son hechos con valores dados por el fabricante, como calculados y cantidades iniciales como base para las pruebas de las diferentes gasolinas; por lo tanto, se observa que los porcentajes calculados en base a datos calculados y de la ficha técnica están debajo del valor; mientras que las cantidades de torque tomando como base la estándar están por encima, de esta manera, se da a conocer que la gasolina SÚPER sobrepasa el valor con un 3,64% y a la vez la EXTRA con 0,88% y ECOPAÍS con 2,89% del valor estándar. Mientras que la diferencia con la ficha técnica están en -20,79%; -22,90%; -21,36% en SÚPER, EXTRA, ECOPAÍS, respectivamente.

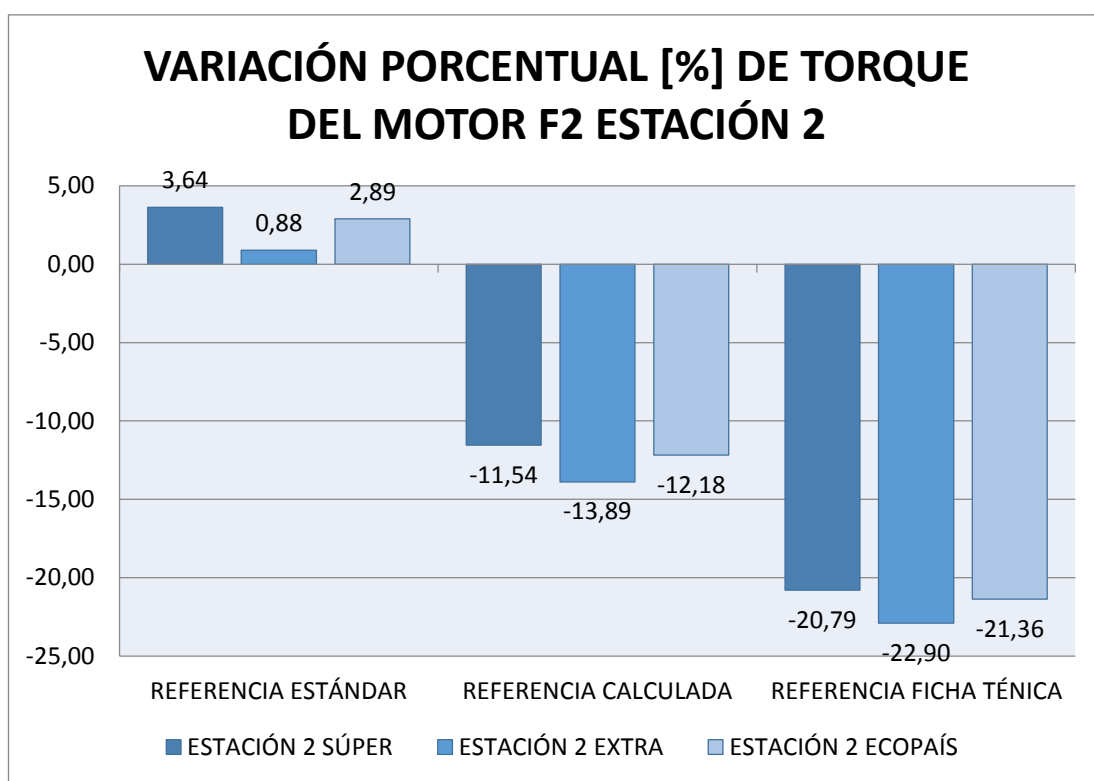


Figura 105. Variación porcentual de torque ESTACIÓN 2

El par motor de la ESTACIÓN 3, se muestra en la figura 106; dando así a conocer que la gasolina ECOPAÍS (13,17 [Kg m]) es la mayor, mientras que la EXTRA (12,74 [Kg m]) es el menor. Se observa que entre SÚPER y EXTRA, no existe demasiada diferencia.

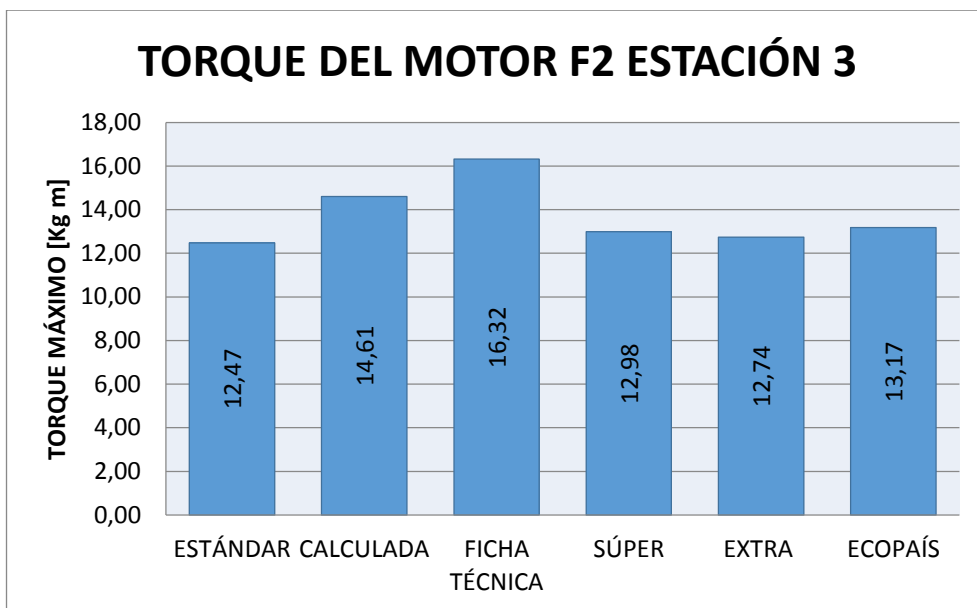


Figura 106. Torque del motor de gasolinera ESTACIÓN 3

La variación porcentual del par motor que dan las gasolinas de la ESTACIÓN 3, se muestran en la figura 107, detallando que en porcentaje, la gasolina ECOPAÍS está por encima, con un total de 5,64%, tomando en cuenta que como valor referencial es la estándar; la gasolina EXTRA tiene -21,92% de diferencia, con el valor de torque de la ficha técnica.

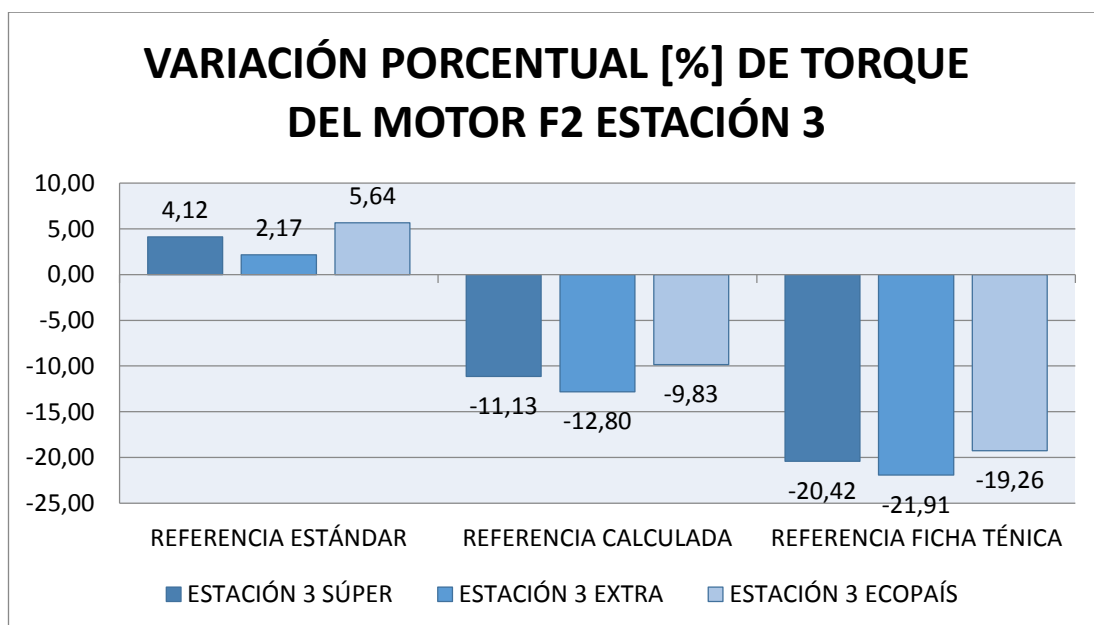


Figura 107. Variación porcentual de torque ESTACIÓN 3

Para terminar con el análisis comparativo del torque entre las estaciones de servicio, en la figura 108, se indica los valores de la ESTACIÓN 4, dando

así los siguientes valores en SÚPER tiene un total de 12,91 [Kg m], EXTRA con 12,55 [Kg m] y ECOPAÍS con 13,10 [Kg m]. Así se observa que ECOPAÍS es la mayor en cuanto a esta estación de servicio y la menor es EXTRA.

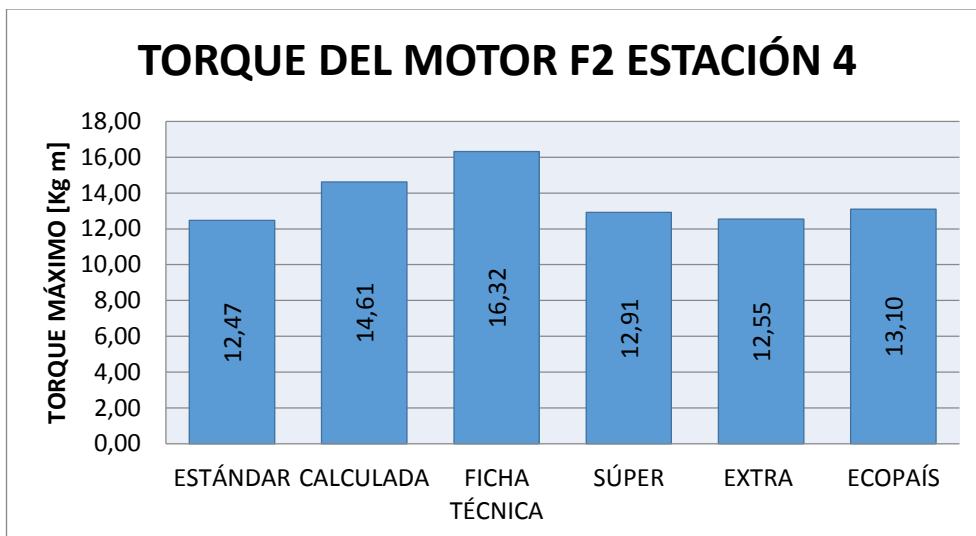


Figura 108. Torque del motor de gasolinera ESTACIÓN 4

Pero, también se hace una diferencia porcentual de cada gasolina que distribuye la ESTACIÓN 4, que la que mayor valor tiene es la gasolina ECOPAÍS con 5,08% supera al valor referenciado que es a estándar, y el valor mínimo es de la gasolina EXTRA con 23,08% que proporciona este valor cuando se hace una diferencia con el torque que proporciona la ficha técnica del motor Mazda F2.

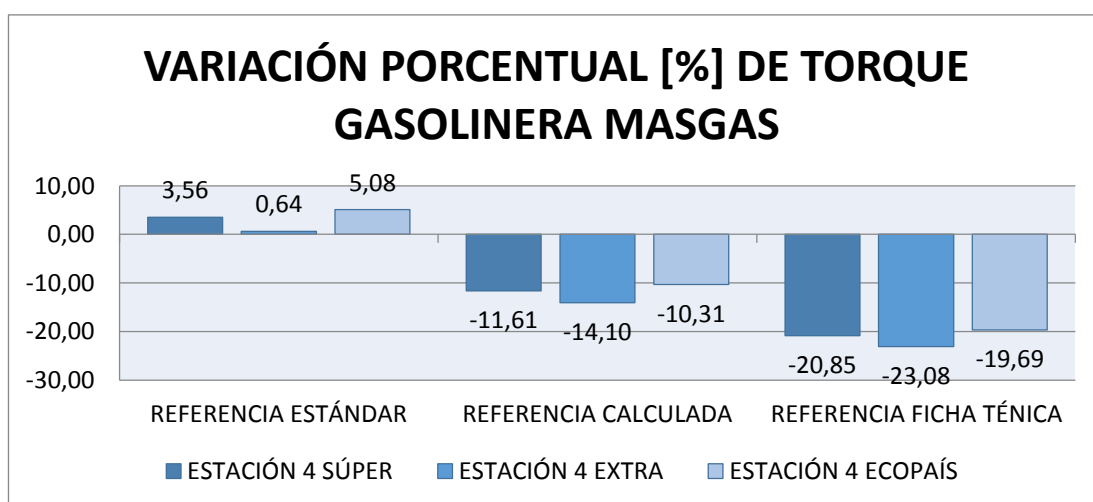


Figura 109. Variación porcentual de torque de ESTACIÓN 4

4.6.4. Comparación del torque y potencia de las gasolinas

Se indica las figuras entre torque y potencia de las estaciones de servicio, para de esta manera analizar de manera general las gasolinas que se venden en el Ecuador.

Se muestra en la figura 110, la potencia y el par motor de las gasolinas en cuanto a la ESTACIÓN 1. Haciendo una breve consideración; la que se presta para un mejor rendimiento es la SÚPER; porque es la que más beneficios tiene, ya que posee una buena potencia y a pesar de una cantidad menor en el par motor a la de ECOPAÍS no es mucha diferencia.

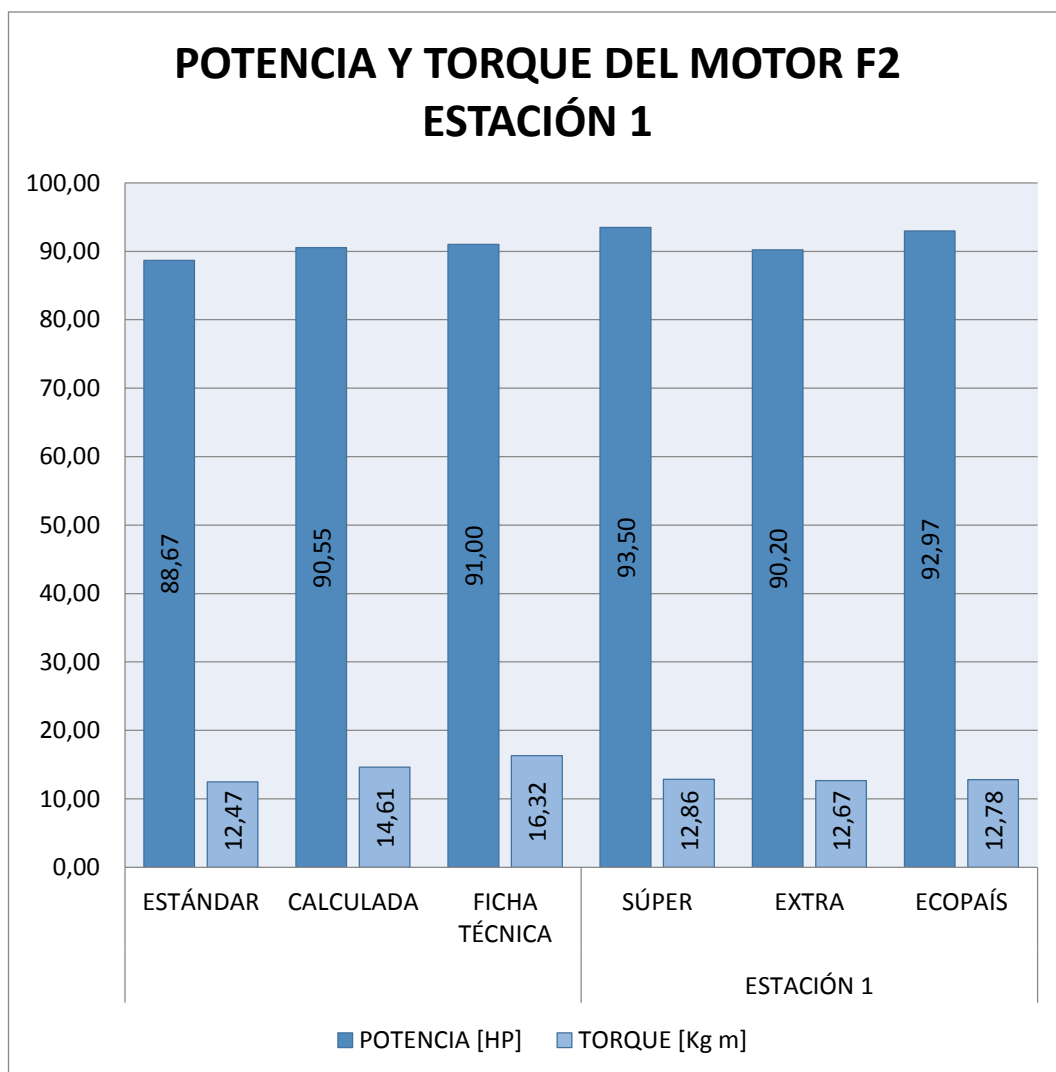


Figura 110. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 1

En la figura 111, se observa de la ESTACIÓN 1, los valores máximos de las curvas de rendimiento en el motor; donde se puede distinguir que la gasolina ECOPAÍS es aquella que tiene los valores mayores tanto en potencia como en par motor, pero que no supera los valores de la ficha técnica.

Las cantidades de la prueba estándar son menores a todas las cifras de las gasolinas, de la calculada y de la ficha técnica. La EXTRA por su parte es de las que menores comparando tan solo las tres gasolinas que despacha esta estación de servicio.

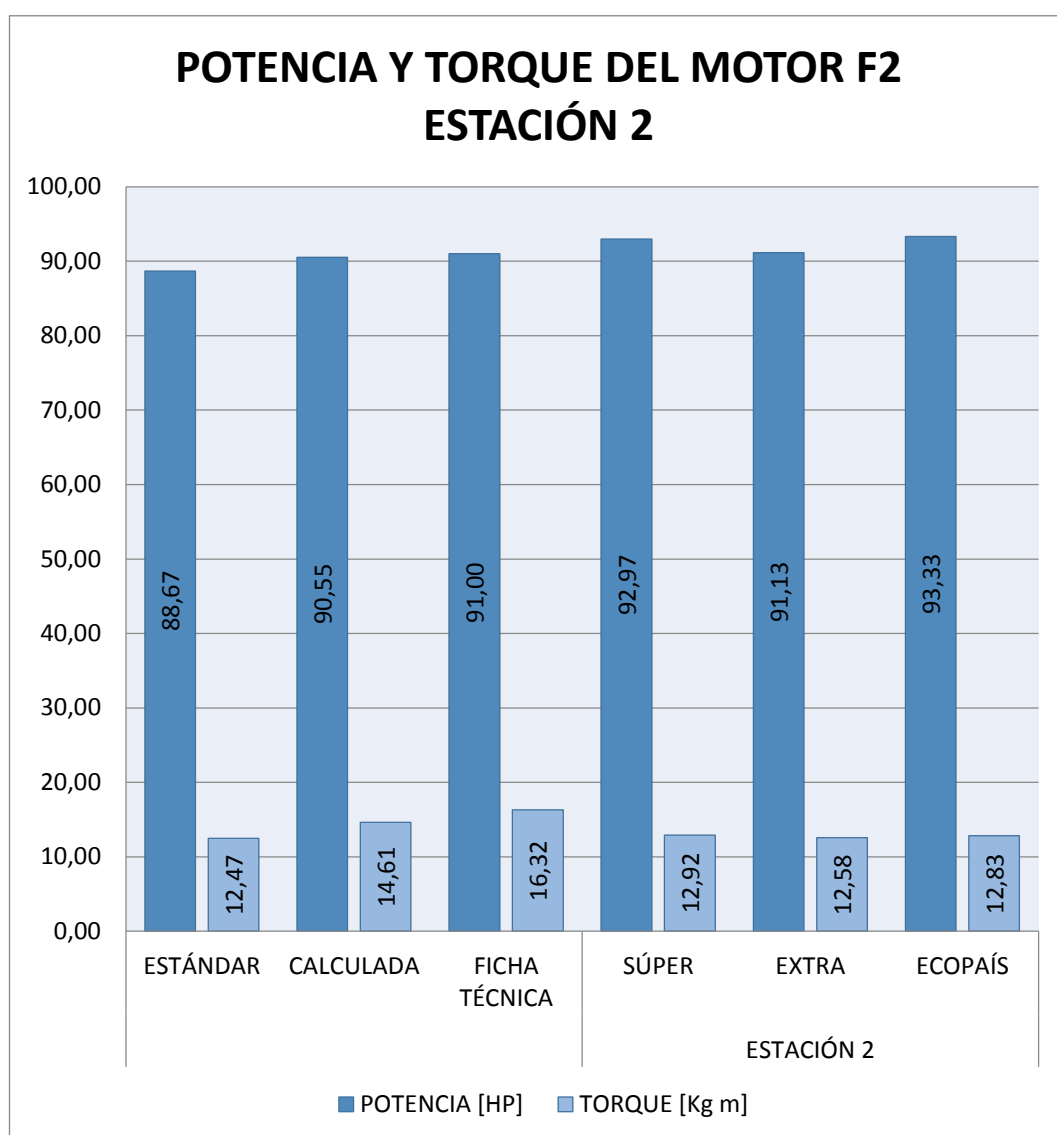


Figura 111. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 2

Para el par motor y la potencia de la ESTACIÓN 3, se muestra en la figura 112; se considera que la gasolina que mejor rendimiento tiene es la ECOPAÍS ya que los dos parámetros son mayores a la SÚPER y EXTRA. También, se nota que la EXTRA es la menor, pero supera a los valores estándar (potencia y torque) y a la potencia calculada, además, es menor al torque calculado.

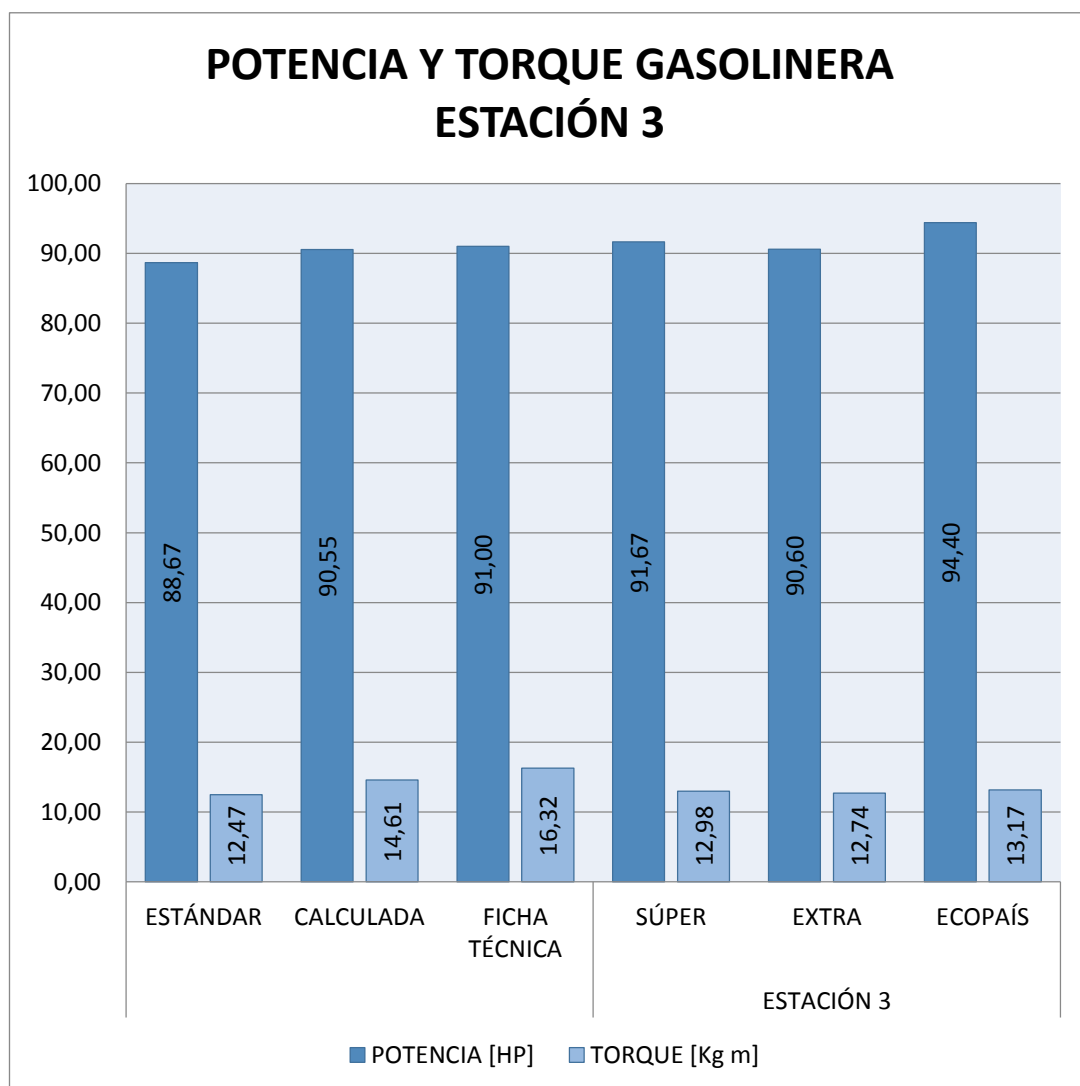


Figura 112. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 3

En la figura 113, se menciona los valores de potencia y torque de la ESTACIÓN 4 de sus respectivas gasolinas que se venden.

En esta estación de servicio se puede distinguir que la SÚPER tiene mayor potencia, en cambio, la ECOPAÍS tiene mejor par motor. Como se dijo anteriormente las potencias de las 3 gasolinas son superiores a los

parámetros iniciales. Asimismo, las gasolinas SÚPER Y ECOPAÍS no tienen mayor diferencia, entre los valores del rendimiento (potencia y torque).

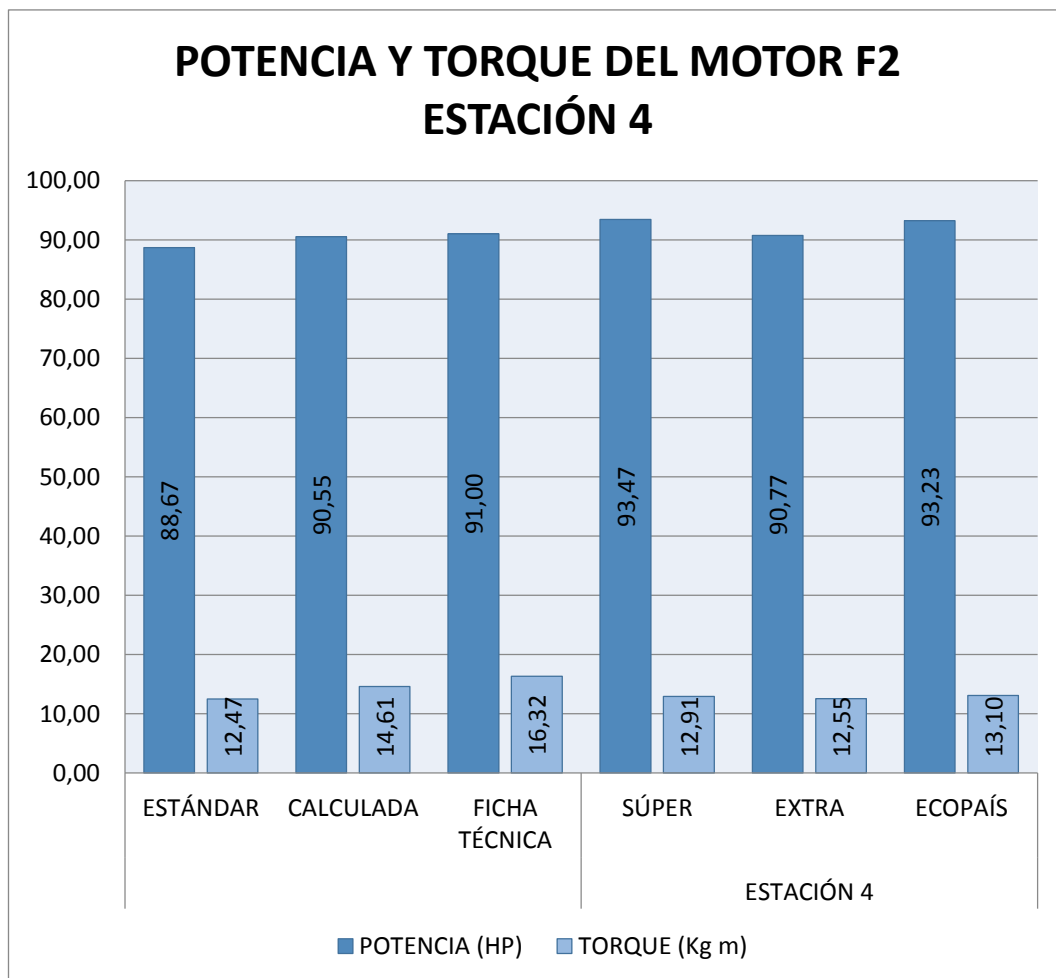


Figura 113. Potencia y Torque con gasolinas de ESTACIÓN 4

Por último, en la figura 114, se muestran los valores máximos de las curvas de rendimiento entre las mezclas: SÚPER-EXTRA, SÚPER-ECOPAÍS, EXTRA-ECOPAÍS. Lo cual da a notar que todas las cantidades son muy inferiores comparando con las gasolinas. Y nuevamente se recalca que mezclar las gasolinas pierde potencia, torque y existe un mayor consumo de combustible.

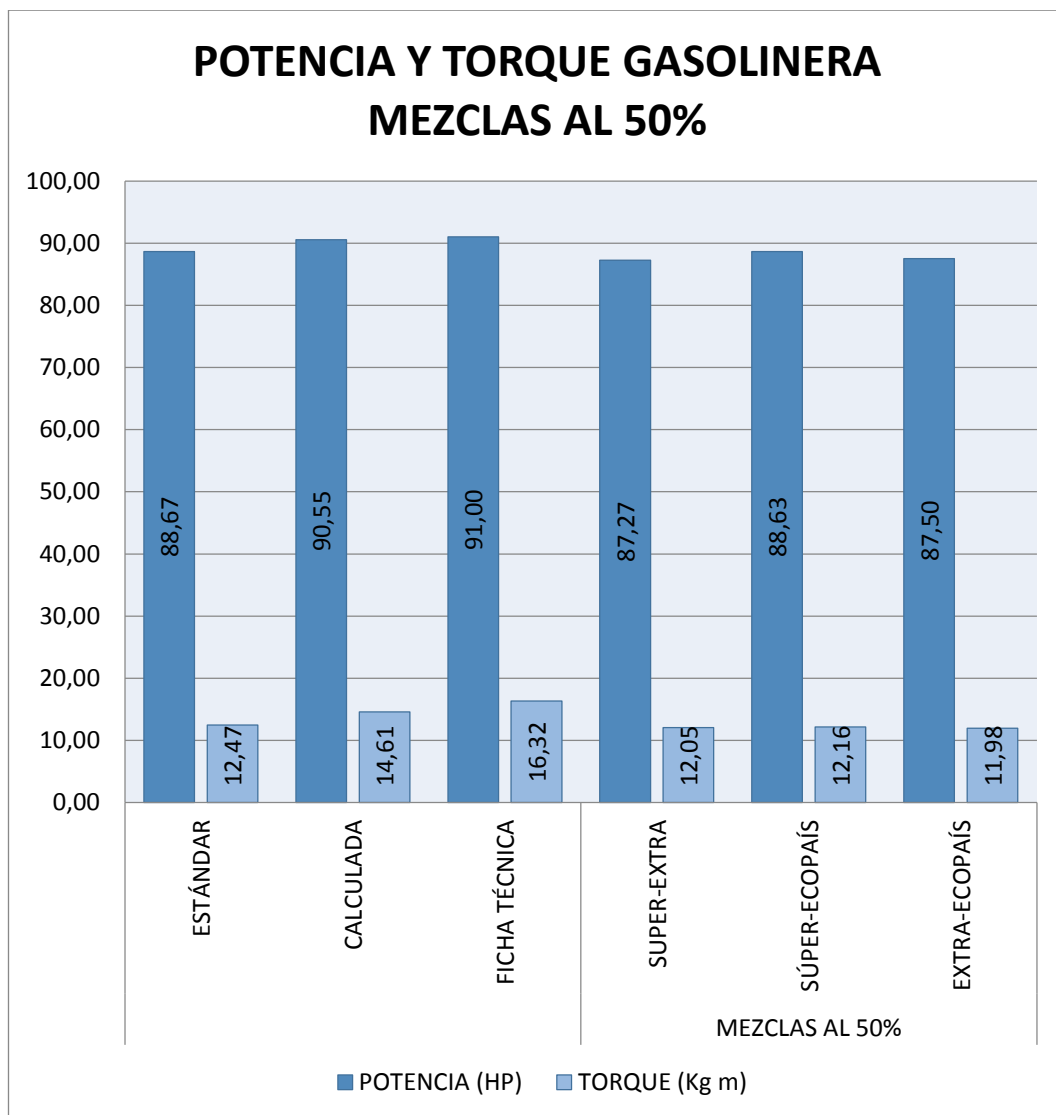


Figura 114. Potencia y Torque con mezclas entre gasolinas al 50%

4.6.5. Comparación de las variaciones de potencia y torque

Se hizo una diferencia de potencia y par motor, entre el valor de la ficha técnica y los datos obtenidos en cada prueba en el dinamómetro de las gasolinas; para así de esta manera verificar cuanto varía. Y dar a conocer cuál de ellas resulta y rinde mejor para el uso en el vehículo

En la tabla 30, se muestra los valores de las variaciones tanto de la potencia como del torque. Además en la figura 115 y 116 se visualiza en figuras las cantidades de estas para así dar un análisis, de cada uno de los valores del par motor y potencia.

Tabla 30

Variaciones de potencia y torque de las gasolinas

		Δ POTENCIA	Δ TORQUE
	ESTÁNDAR	-2,33	-3,85
	CALCULADA	-0,45	-1,71
ESTACIÓN 1	SÚPER	2,50	-3,46
	EXTRA	-0,80	-3,64
	ECOPAÍS	1,97	-3,53
ESTACIÓN 2	SÚPER	1,97	-3,39
	EXTRA	0,13	-3,74
	ECOPAÍS	2,33	-3,49
ESTACIÓN 3	SÚPER	0,67	-3,33
	EXTRA	-0,40	-3,58
	ECOPAÍS	3,40	-3,14
ESTACIÓN 4	SÚPER	2,47	-3,40
	EXTRA	-0,23	-3,77
	ECOPAÍS	2,23	-3,21
MEZCLAS AL 50%	SUPER-EXTRA	-3,73	-4,26
	SÚPER-ECOPAÍS	-2,37	-4,16
	EXTRA-ECOPAÍS	-3,50	-4,33

En la figura 115, se aprecia las variaciones de potencia de todas las gasolinas de las diferentes estaciones de servicio.

Tomando como referencia el valor que nos proporciona la ficha técnica que es de 91 [HP], se visualiza las diferencias; la ESTACIÓN 1, 3 y 4, la gasolina EXTRA tiene una deficiencia de -0,80 [HP], -0,40 [HP], -0,23 [HP], respectivamente; mientras que de la ESTACIÓN 2, supera con tan solo una mínima diferencia de 0,13 [HP].

La gasolina que sobrepasa el límite de la ficha técnica es la gasolina ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3, con un total de 3,40 [HP] en su variación. Cabe mencionar que las mezclas entre gasolinas son las que más deficiencia tienen en potencia como la mezcla entre SÚPER-EXTRA que tiene una gran variación de -3,73 [HP], en SÚPER-ECOPAÍS con -2,37 [HP] y EXTRA-ECOPAÍS con -3,50 [HP].

Los valores de las pruebas estándar se deben a que el tanque tiene mezclas de las gasolinas de diferentes estaciones de servicio, y por esto es que disminuye la potencia, ya que se está mezclando gasolinas.

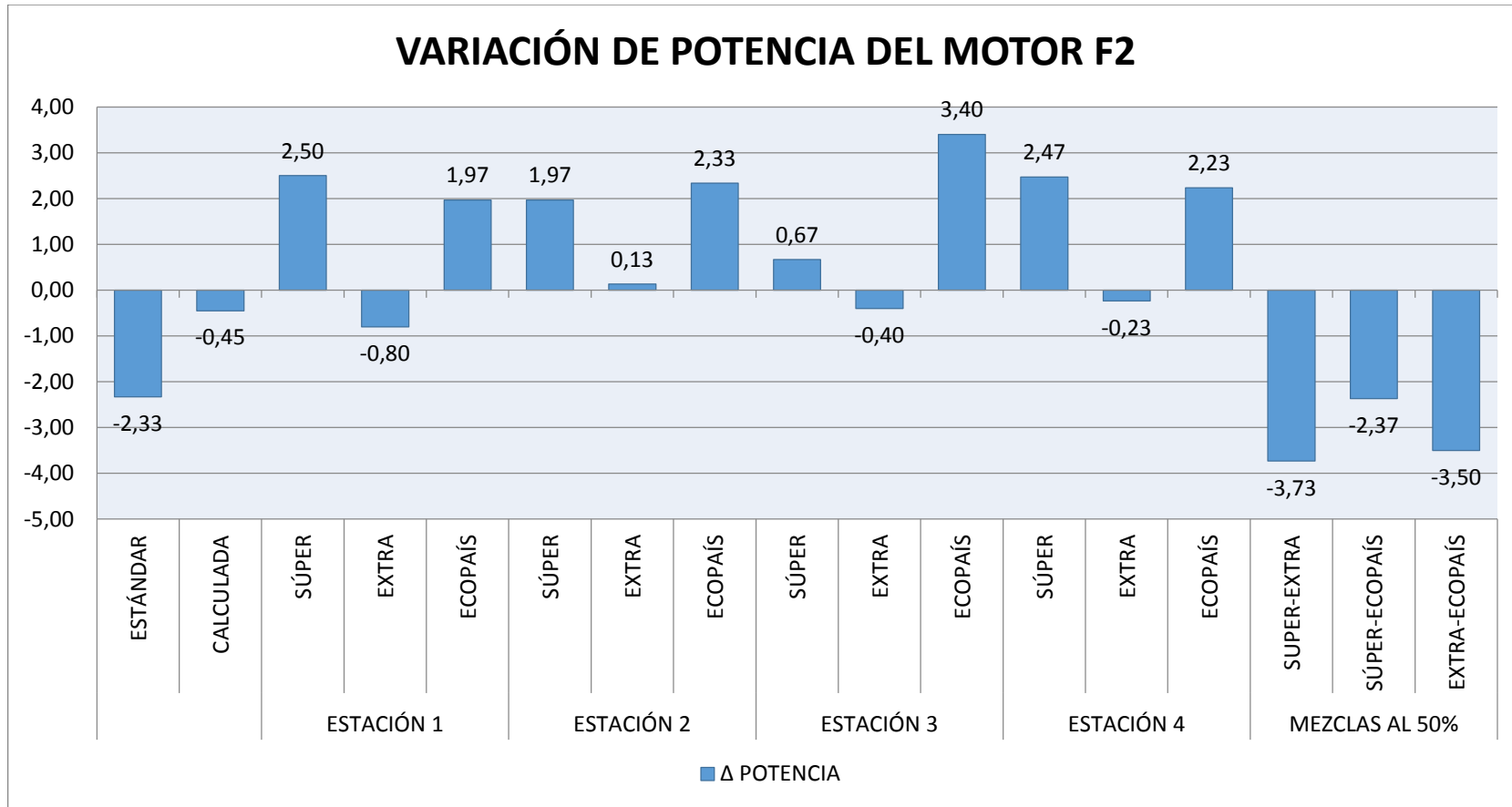


Figura 115. Variación de los valores de Potencia de las gasolinas

En la figura 116, se indica las variaciones del par motor de todas las gasolinas con sus respectivas estaciones de servicio, donde se aprecia que todas las cantidades no superan el valor del torque de la ficha técnica.

Pero la que mayor deficiencia en par motor es la de la mezcla EXTRA-ECOPAÍS con un total de -4,33 [Kg m] y la de menor diferencia es ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3 con -3,14 [HP], sin contar el valor de la diferencia del par motor calculado.

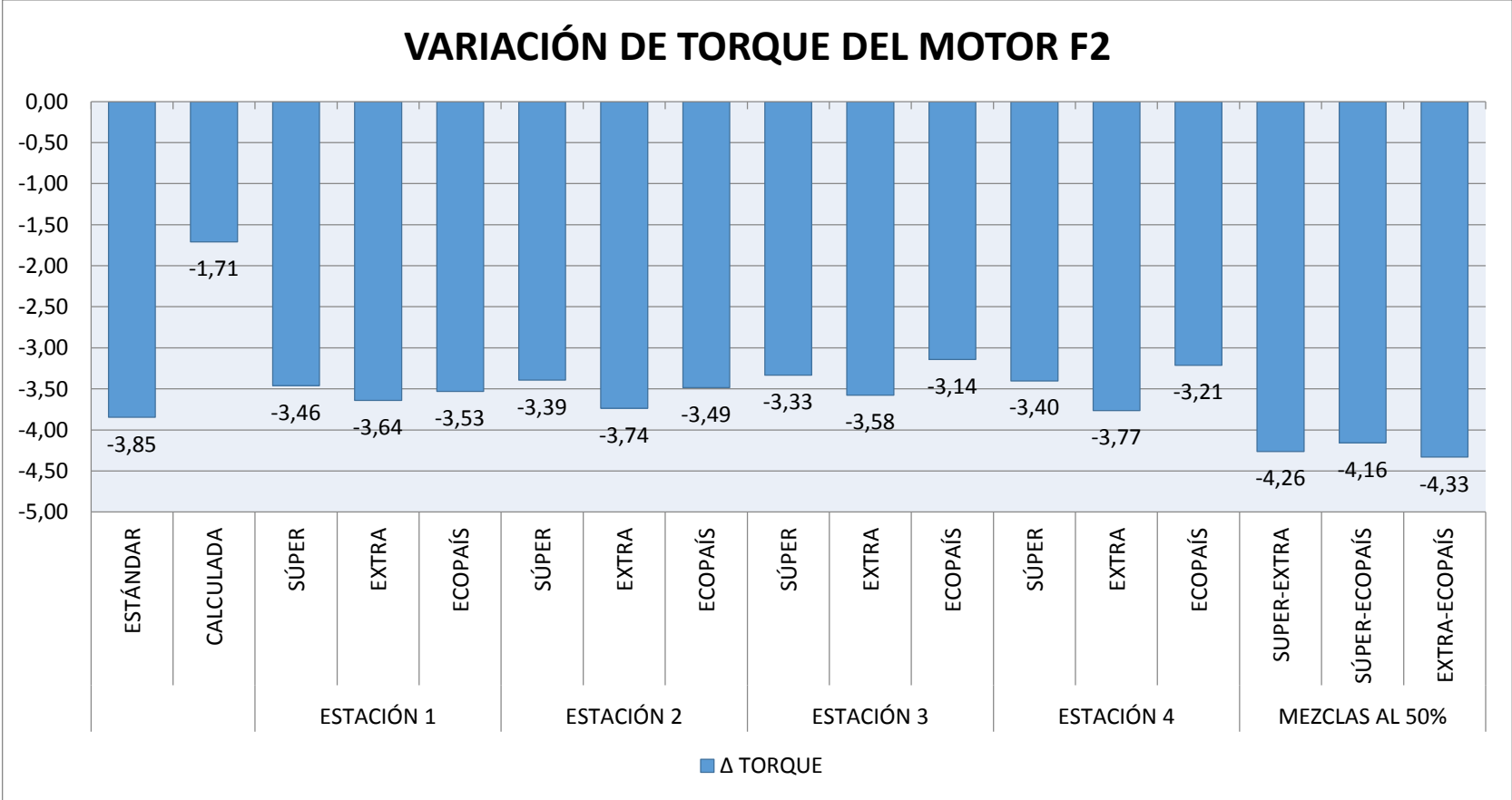


Figura 116. Variación de los valores de Torque en las gasolinas

4.7. Emisiones de gases de escape

Para establecer el nivel de emisiones de gases contaminantes producto de la combustión del motor Mazda F2 al utilizar las gasolinas comerciales en el Ecuador, se realizaron pruebas estáticas en las que se puede evidenciar el contenido de HC, CO, CO₂ y O₂.

4.7.1. Tabulación de datos

En las siguientes tablas que se detallan a continuación, se muestra los resultados de los siguientes gases producto de la combustión: HC (ppm), CO (%), CO₂ (%) y O₂ (%) obtenidas cuando la prueba se la realiza con el motor a ralentí (815 rpm) y a velocidad crucero (2000 – 2700 rpm) cuando se utiliza las gasolinas comerciales en el Ecuador. Estas mediciones se las llevó a cabo con el analizador de gases CARTEK teniendo en cuenta los valores establecidos en la norma ecuatoriana referente a emisiones de gases.

Tabla 31
Emisiones gasolina Súper

PRUEBA A RALENTÍ (815 rpm)				
GASES	ESTACIONES DE SERVICIO			
	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
HC(ppm)	109,00	39,00	47,00	103,00
CO (%)	0,47	0,11	0,11	0,39
CO₂ (%)	13,63	14,12	14,07	13,77
O₂ (%)	0,87	0,35	0,36	0,77
PRUEBA CRUCERO (2000-2700 rpm)				
GASES	ESTACIONES DE SERVICIO			
	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
HC(ppm)	49,00	27,00	34,00	57,00
CO (%)	0,53	0,21	0,26	0,54
CO₂ (%)	13,67	14,12	14,09	13,69
O₂ (%)	0,69	0,23	0,24	0,64

Tabla 32
Emisiones gasolina Extra

PRUEBA A RALENTÍ (810 rpm)				
GASES	ESTACIONES DE SERVICIO			
	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
HC(ppm)	27,00	38,00	39,00	130,00
CO (%)	0,03	0,11	0,10	0,46
CO2 (%)	14,14	14,04	14,06	13,52
O2 (%)	0,25	0,55	0,35	0,85
PRUEBA CRUCERO (2000-2700 rpm)				
GASES	ESTACIONES DE SERVICIO			
	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
HC(ppm)	23,00	26,00	35,00	63,00
CO (%)	0,12	0,18	0,25	0,53
CO2 (%)	14,11	14,04	13,92	13,56
O2 (%)	0,14	0,31	0,32	0,63

Tabla 33
Emisiones gasolina ECOPAÍS

PRUEBA A RALENTÍ (810 rpm)				
GASES	ESTACIONES DE SERVICIO			
	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
HC(ppm)	38,00	10,00	66,00	38,00
CO (%)	0,08	0,01	0,17	0,08
CO2 (%)	13,99	14,12	13,85	13,99
O2 (%)	0,31	0,20	0,43	0,31
PRUEBA CRUCERO (2000-2700 rpm)				
GASES	ESTACIONES DE SERVICIO			
	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
HC(ppm)	36,00	15,00	39,00	36,00
CO (%)	0,25	0,09	0,3	0,25
CO2 (%)	13,84	14,09	13,82	13,84
O2 (%)	0,30	0,14	0,31	0,30

Tabla 34
Emisiones mezclas de gasolinas al 50%

PRUEBA A RALENTÍ (810 rpm)			
GASES	GASOLINAS		
	SÚPER-EXTRA	SÚPER-ECOPAÍS	EXTRA-ECOPAÍS
HC(ppm)	42,00	7,00	13,00
CO (%)	0,13	0,00	0,01
CO₂ (%)	14,08	14,31	14,21
O₂ (%)	0,59	0,35	0,34
PRUEBA CRUCERO (2000-2700 rpm)			
GASES	GASOLINAS		
	SÚPER-EXTRA	SÚPER-ECOPAÍS	EXTRA-ECOPAÍS
HC(ppm)	35,00	14,00	15,00
CO (%)	0,27	0,08	0,08
CO₂ (%)	13,96	14,25	14,14
O₂ (%)	0,42	0,15	0,16

4.7.2. Análisis de las figuras comparativas de emisiones de gases con respecto a la norma NTE INEN 2204:2002

4.8. Pruebas a Ralentí

La figura 117, representa los valores de hidrocarburos sin quemar producidos por el motor, que salen por el tubo de escape al ambiente. Esta medición se la realizó en condiciones de prueba estática con las diferentes gasolinas comerciales empleadas en la investigación, para luego ser comparadas con el límite máximo señalado en la norma NTE INEN 2204:2002 a ralentí.

Los valores obtenidos de HC después de haber realizado la prueba de emisión de gases, con el motor suministrado con gasolina SÚPER de 4 estaciones de servicio, evidenciaron que estas cumplen con la norma ecuatoriana ya que se encuentran por debajo de las 200ppm.

La ESTACIÓN 3 y ESTACIÓN 2 presentan menor emisión de HC con 39 ppm y 47 ppm respectivamente mientras que ESTACIÓN 1 y ESTACIÓN 4 emiten mayor cantidad de HC (109 ppm y 103 ppm).

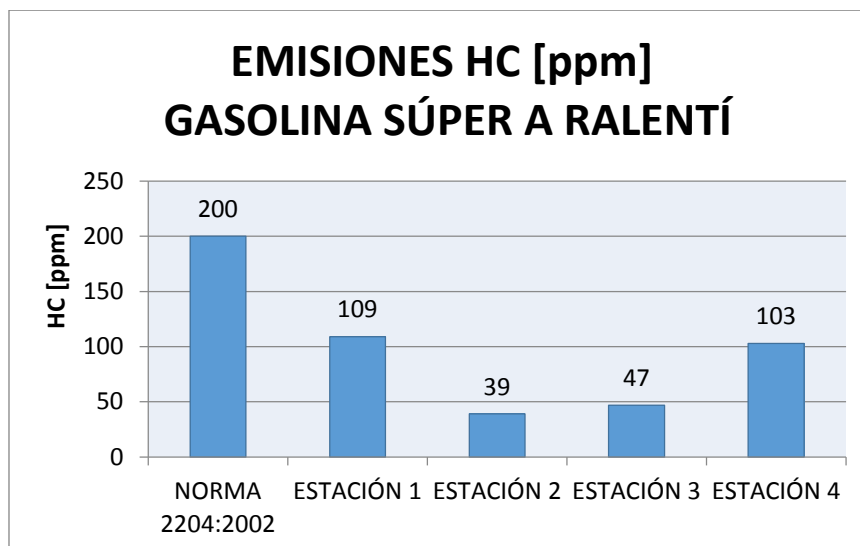


Figura 117. Resultados de HC de la gasolina SÚPER a ralentí

Las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO%) producidos por el motor con gasolina SÚPER se muestran en la figura 118.

El porcentaje de CO producto de la combustión del motor indican que no existen emisiones por encima del 1%, siendo el valor máximo afirmado, en la ESTACIÓN 1 con 0,47% y un mínimo de 0,11% en la ESTACIÓN 2 y ESTACIÓN 3.

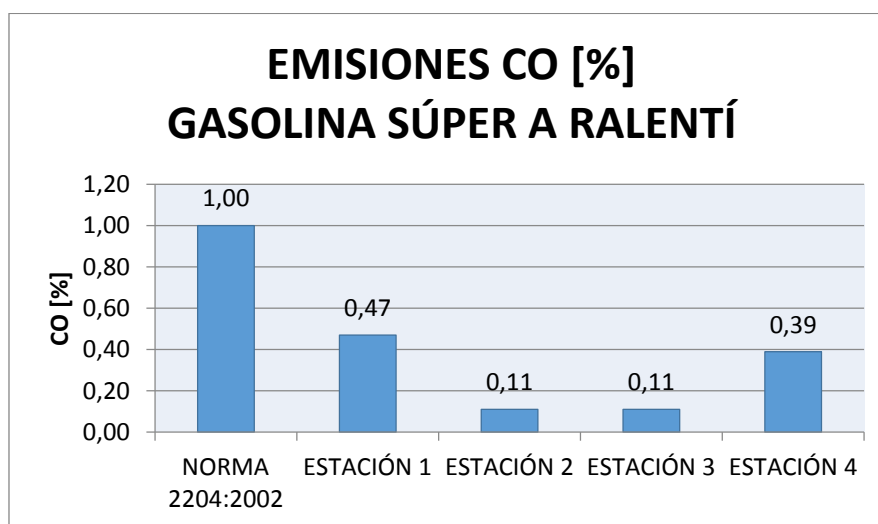


Figura 118. Resultados de CO [%] con la gasolina SÚPER

Dentro de un margen correcto de funcionamiento del motor al ser suministrado por un combustible (gasolina), el porcentaje de CO₂ debe encontrarse por encima del 13% y menor al 15%. En la figura 119, se observa que existe una ligera variación de concentración de CO₂ entre la

ESTACIÓN 2 y la ESTACIÓN 3 teniendo un valor promedio de las 2 de un 14,09% a diferencia de la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 con un valor promedio de 13.71% en emisiones.

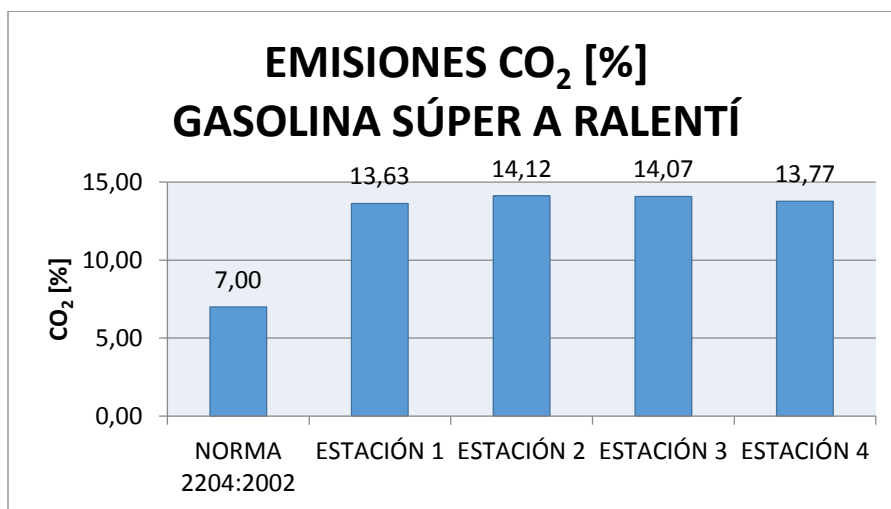


Figura 119. Resultados de CO₂ de la gasolina SÚPER

Los valores porcentuales obtenidos de O₂ tras la prueba de emisiones de gases se muestran en la figura 120.

Los valores obtenidos de O₂ no sobre pasan el 1%, teniendo en cuenta que la ESTACIÓN 2 y la ESTACIÓN 3 muestran la menor cantidad de emisión de O₂ con un 0,35 % y 0,36% respectivamente; las gasolineras que emiten mayor emisiones de oxígeno en la gasolina SÚPER son la ESTACIÓN 1 con 0,87% y la ESTACIÓN 4 con un porcentaje del 0,77% en la prueba a ralentí.

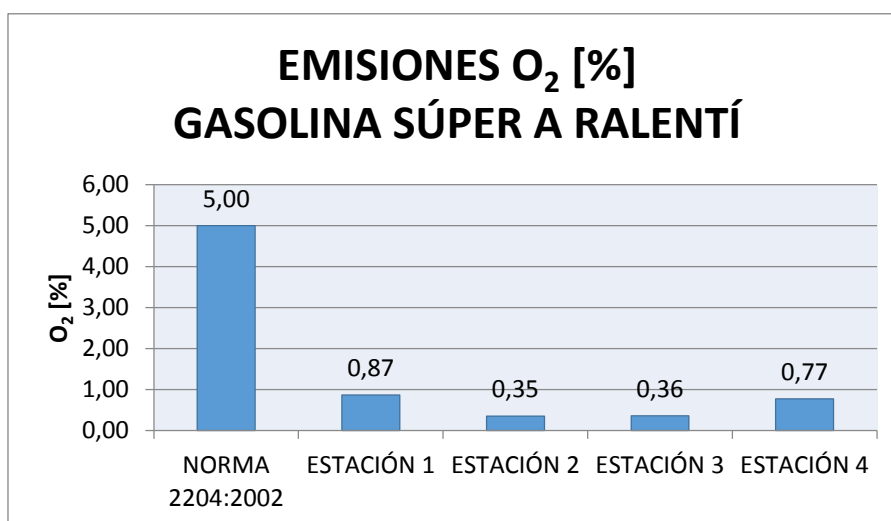


Figura 120. Resultados de O₂ de la gasolina SÚPER

Los valores de hidrocarburos no combustionados formados por el motor de combustión al suministrarlo con gasolina EXTRA se encuentran en la figura 121. Las emisiones de HC comparadas entre las estaciones de servicio de gasolina EXTRA, son menores al límite máximo (200 ppm) sin embargo la mayor concentración de hidrocarburos emanados al ambiente se la puede observar en la ESTACIÓN 4 con un valor de 130 ppm. Entre la ESTACIÓN 2 y la ESTACIÓN 3 existe una mínima variación de (± 1 ppm), por otra parte la estación que presenta menor emanación de HC, con un valor de 27 ppm es la ESTACIÓN 1.

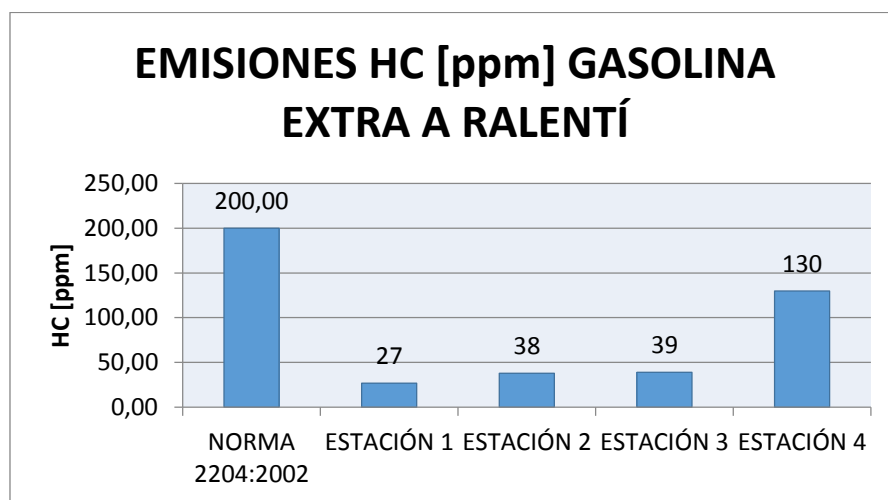


Figura 121. Resultados de HC con la gasolina EXTRA

El porcentaje de emisiones de CO productos de la combustión, obtenidas con la gasolina EXTRA se las detalla en la figura 122.

Las emisiones de CO apreciadas por el equipo de medición son menores al 0,5% en todas las estaciones de servicio siendo la menor concentración en la ESTACIÓN 1 con un 0,03%; además se puede afirmar que existe un incremento en concentraciones de CO en la ESTACIÓN 2 y la ESTACIÓN 3 del 0,08% en comparación a la ESTACIÓN 1, mientras que la ESTACIÓN 4 presenta la mayor concentración de CO con un 0,46%.

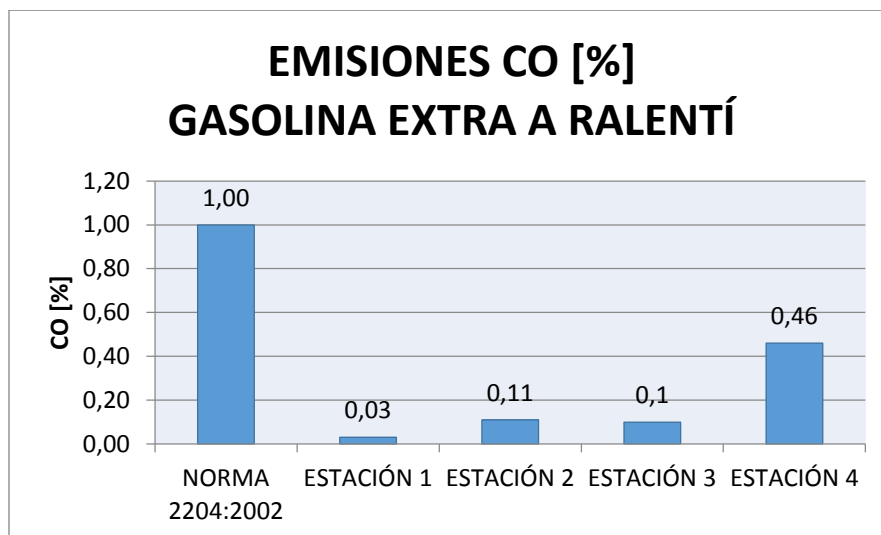


Figura 122. Resultados de CO con la gasolina EXTRA

La figura 123, evidencia el contenido de CO₂ en la prueba estática de emisión de gases. Las 4 estaciones analizadas poseen una concentración de CO₂ mayor al 7% con un incremento del 7,14%, 7,04%, 7,06% y 6,52% respectivamente en cuanto a lo establecido en la NTE INEN 2204:2002, mientras que en la ESTACIÓN 4 existe una disminución del 0,48% y un aumento del 0,14%, 0,04%, 0,06% en la ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 2 y ESTACIÓN 3; en referencia al 14% que se menciona es un margen correcto de funcionamiento del motor.

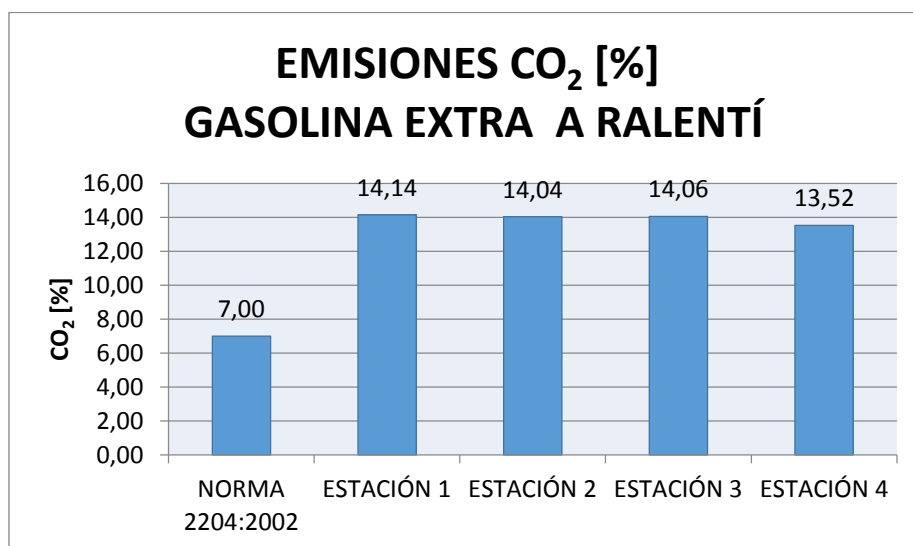


Figura 123. Resultados de CO₂ de la gasolina EXTRA

Las emisiones de O₂ cuando el motor es abastecido con gasolina EXTRA de diferentes estaciones de servicio se observan en la figura 124.

Las pruebas a ralentí realizadas al motor muestran los siguientes valores de O_2 con un porcentaje mínimo en emisiones del mismo en la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 3 con (0,25 y 0,35%) respectivamente, seguidamente la ESTACIÓN 2 tiene un incremento del 0,20% en referencia de la ESTACIÓN 3; mientras que la ESTACIÓN 4 emite una mayor cantidad de O_2 al medio ambiente con un porcentaje del 0,85%.

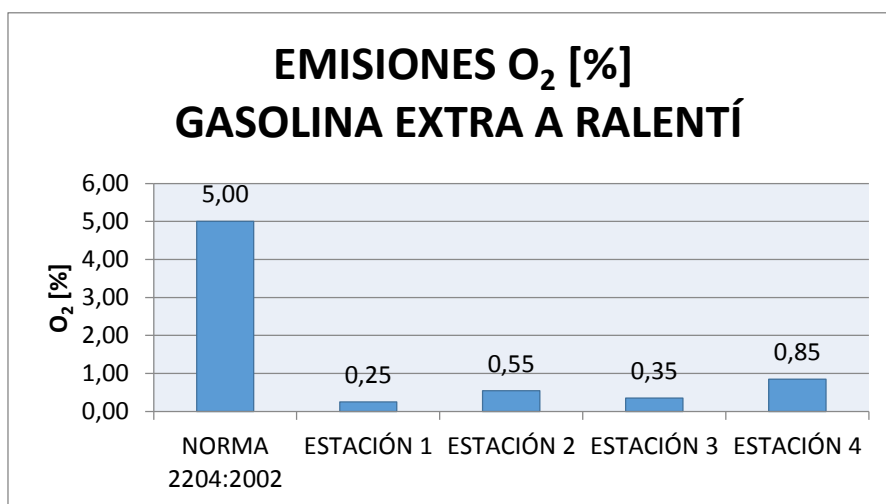


Figura 124. Resultados de O_2 de la gasolina EXTRA

La siguiente figura 125, detalla las emisiones de Hidruros de carbono de la gasolina ECOPAÍS. El valor mínimo que se observa en la figura es la correspondiente a la ESTACIÓN 2 con un valor de 10 ppm en emisiones de HC, seguido por la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 con un valor similar de 38 ppm; mientras que la ESTACIÓN 3 es quien más emisiones de HC emite al suministrar el motor con gasolina ECOPAÍS con un valor del 66 ppm, cabe recalcar que cada una de ellas está por debajo de las 200ppm.

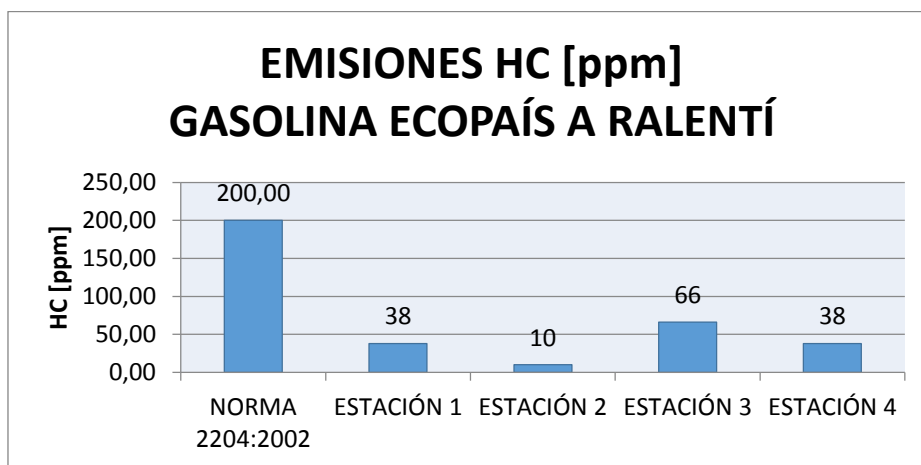


Figura 125. Resultado de HC de la gasolina ECOPAÍS

.La figura 126, muestra el porcentaje de CO emitidas por el motor en pruebas de emisiones de gases a condiciones estáticas. Los valores de emisiones de CO no sobre pasan el 0,2% en cada estación de servicio de gasolina ECOPAÍS siendo la de menor porcentaje la ESTACIÓN 2 con un 0,01%, entre la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 poseen un valor similar al 0,08% en emanaciones de CO, por otro lado en la ESTACIÓN 3 se evidencia mayor porcentaje del mismo con un valor estimado del 0,17%.

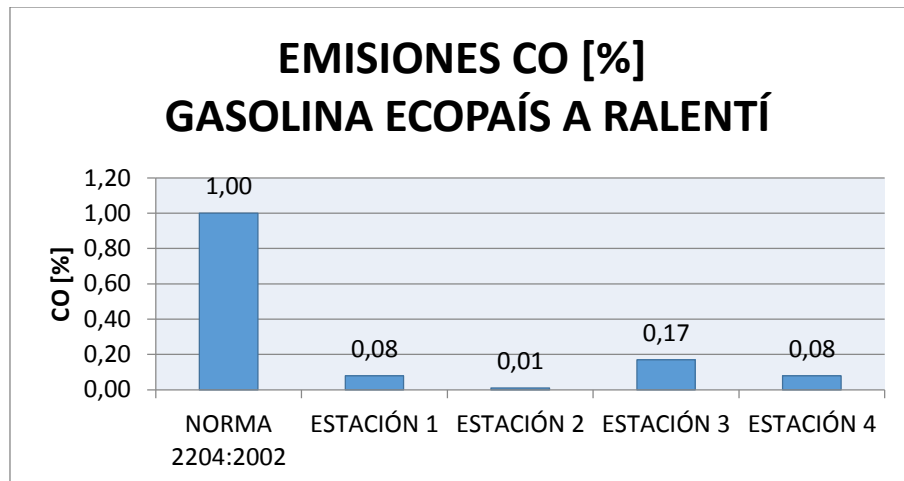


Figura 126. Resultado de emisiones de CO con gasolina ECOPAÍS

El porcentaje de CO₂ medido en el analizador de gases se ilustra en la figura 127. Los valores de CO₂ emanados por las estaciones de servicio presentan una variación del ($\pm 0,27\%$) entre ellas. La ESTACIÓN 2 presenta el máximo valor de CO₂ con 14,12%, la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 producen un 13,99%; la ESTACIÓN 3 con un 13,85% es quien emite menor concentraciones de CO₂ en los gases de escape.

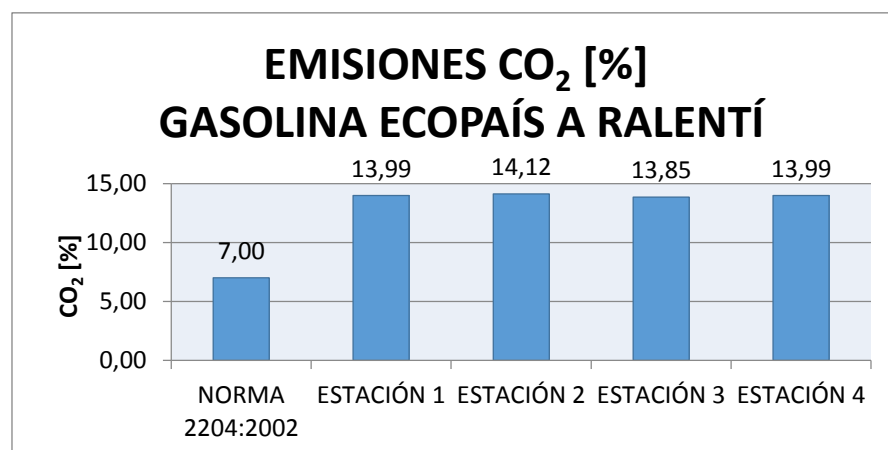


Figura 127. Resultados de CO₂ de la gasolina ECOPAÍS

Los valores de O_2 emitidos por las gasolineras que expenden gasolina ECOPAÍS se muestran en la siguiente figura 128. Los valores que se producen al realizar las pruebas con gasolina ECOPAÍS de diferentes estaciones de servicio presentan un valor máximo de 0,43% en la ESTACIÓN 3, la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 con un 0,31% cada una, así mismo el mínimo valor de concentración de oxígeno es de 0,2% con la ESTACIÓN 2.

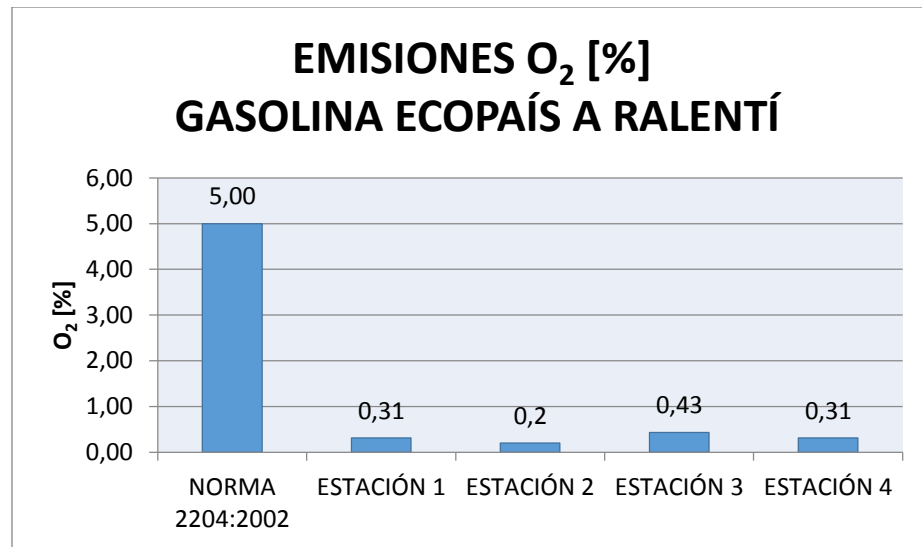


Figura 128. Resultados de O_2 de la gasolina ECOPAÍS

Se realizó mezclas al 50% con las gasolinas SÚPER, EXTRA Y ECOPAÍS tomando con referencia a la ESTACIÓN 1.

Los detalles de los valores de HC obtenidos en las pruebas se muestran en la figura 129. Al suministrar al motor con gasolinas al 50%, los valores de emisiones de HC son los siguientes; la mezcla SÚPER-ECOPAÍS evidencia valor mínimo de 7ppm, seguido por la mezcla EXTRA-ECOPAÍS con 13 ppm. El valor máximo en cuanto a emisiones de HC se la observa en la mezcla SÚPER-EXTRA con 42 ppm, además se puede afirmar que al mezclar las tres gasolinas al 50% no sobre pasan el valor límite de HC de 200 ppm.

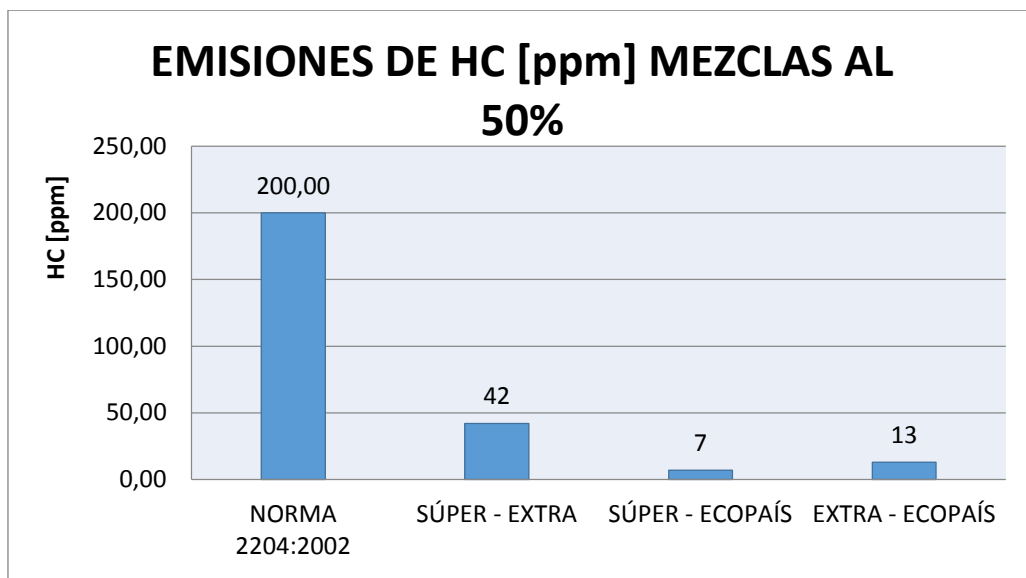


Figura 129. Resultados de HC de la mezcla de gasolinas al 50%

Los valores registrados de CO, tras abastecer al motor con mezclas al 50% de las 3 gasolinas comerciales en el Ecuador se detallan en la figura 130. Se puede observar en la figura que las emisiones de CO disminuyen considerablemente al mezclar las gasolinas SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS con 0,00% y 0,01 % respectivamente, existiendo aún un porcentaje aunque mínimo de CO con 0,13% al mezclar gasolina SÚPER-EXTRA.

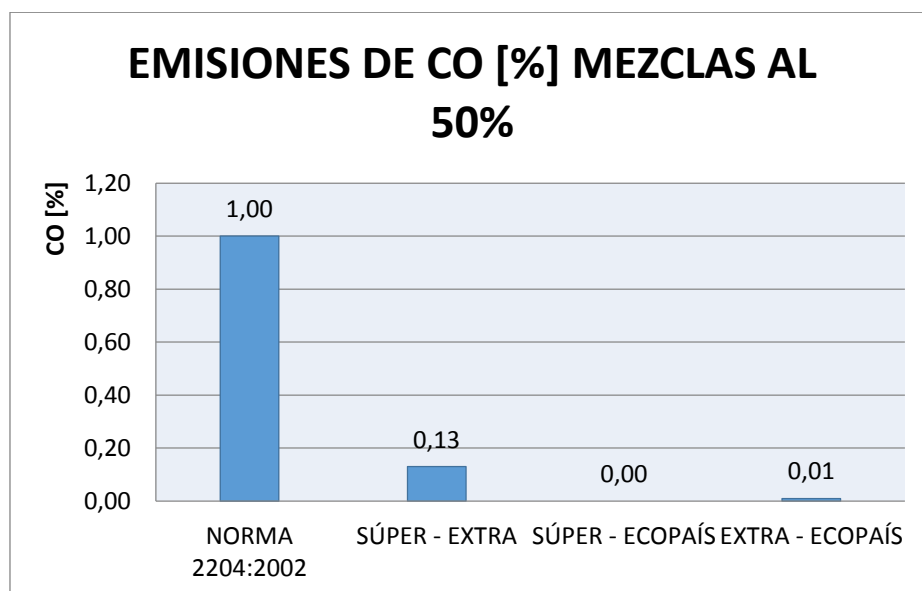


Figura 130. Resultados de CO de la mezcla al 50% de gasolinas

Las concentraciones de CO₂ se muestran a continuación en la figura 131. Todos los valores obtenidos de CO₂ una vez utilizado el equipo de medición

de gases sobrepasan el 14% de concentración de dióxido de carbono, valor estimado de un buen funcionamiento del motor de combustión interna; descritos de la siguiente manera mezcla SÚPER-EXTRA con 14,08%, SÚPER-ECOPAÍS con 14,31% y EXTRA-ECOPAÍS con 14,21% en emisiones de CO₂.

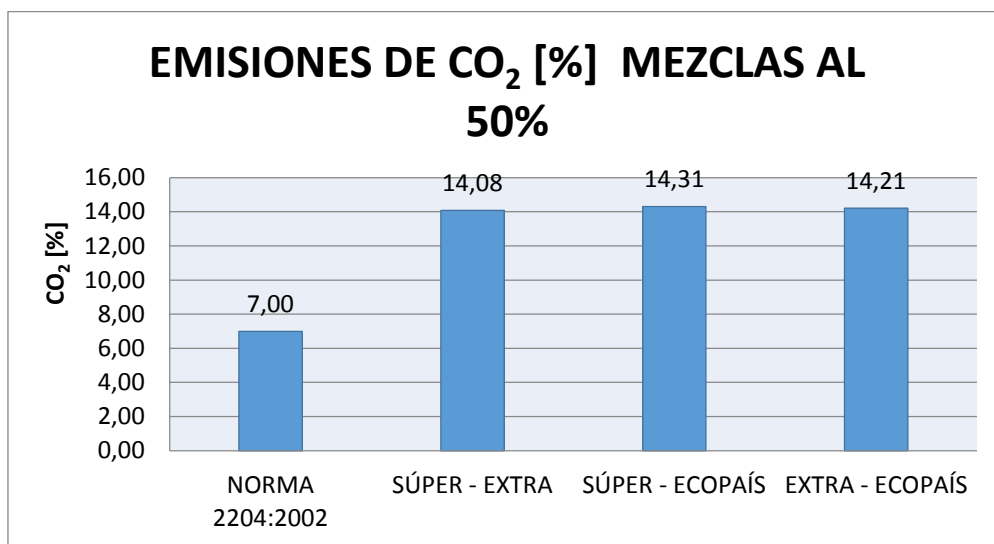


Figura 131. Resultado de CO₂ en la mezcla al 50% de las gasolinas

La figura 132, ilustra el contenido de oxígeno en las emisiones de gases. La mezcla que presenta la menor concentración de O₂ al suministrar el motor con el mismo es EXTRA-ECOPAÍS con 0,34%, seguido de SÚPER-ECOPAÍS con un ligero incremento de 0,01%, quien presenta mayor emisión de oxígeno es la mezcla SÚPER-EXTRA con un valor de 0,59%.

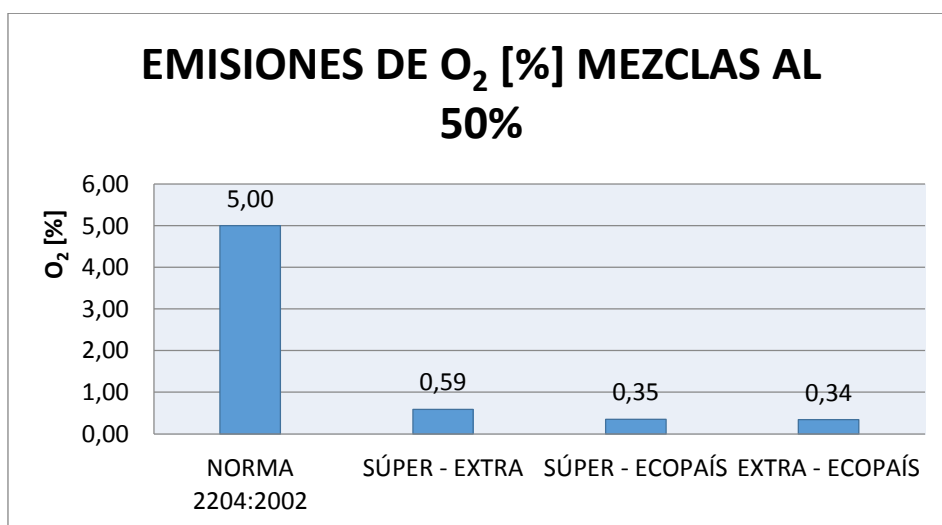


Figura 132. Resultados de O₂ con las mezclas de gasolinas al 50%

4.9. Pruebas a velocidad Crucero

Los valores de hidrocarburos generados por el motor producto de la combustión, realizadas a velocidad crucero se detallan en la figura 133. Los valores obtenidos a velocidad crucero demuestran que existe una disminución notable en las emisiones de hidrocarburos a diferencia de las pruebas realizadas a ralentí. Las máximas concentraciones de HC se dan en la ESTACIÓN 4 y la ESTACIÓN 1 con 57 ppm y 49 ppm respectivamente, por lo contrario existe una disminución de emisiones en la ESTACIÓN 3 y la ESTACIÓN 2 con (34 ppm y 27 ppm).

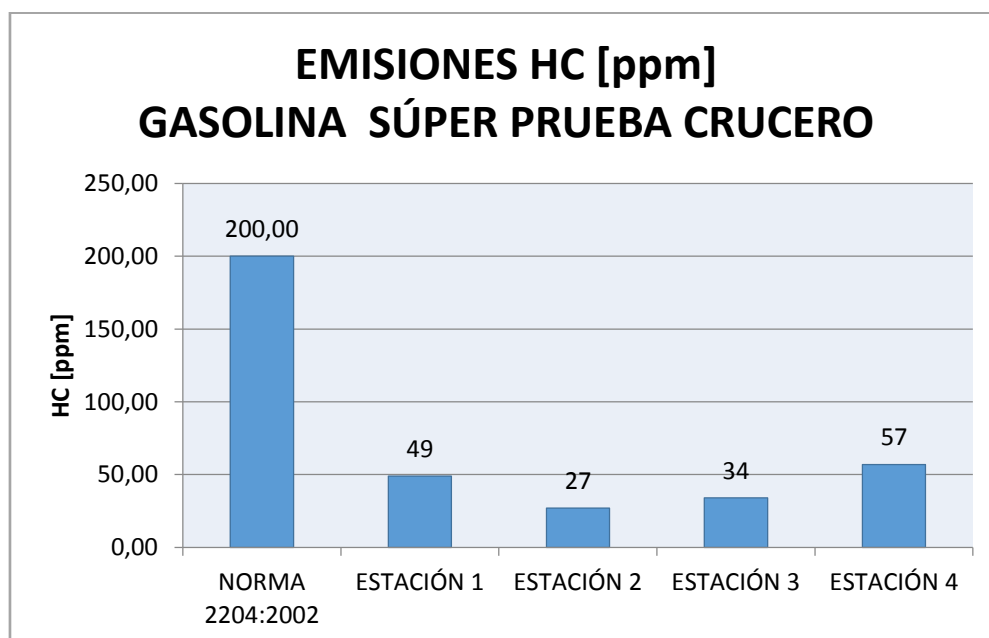


Figura 133. Resultado de emisiones de HC prueba crucero

La figura 134 muestra el porcentaje de emisiones de CO en las pruebas a velocidad crucero. El porcentaje de CO tiende a elevarse a comparación de la pruebas a ralentí, considerando la apreciación del equipo los valores máximos de monóxido de carbono están presentes en la ESTACIÓN 1 con 0,53% y la ESTACIÓN 4 con 0,54% teniendo una ligera variación entre las dos del $\pm 0,01\%$; por su parte la ESTACIÓN 3 posee un 0,26% en emisiones de CO y la ESTACIÓN 2 un valor mínimo de 0,21%.

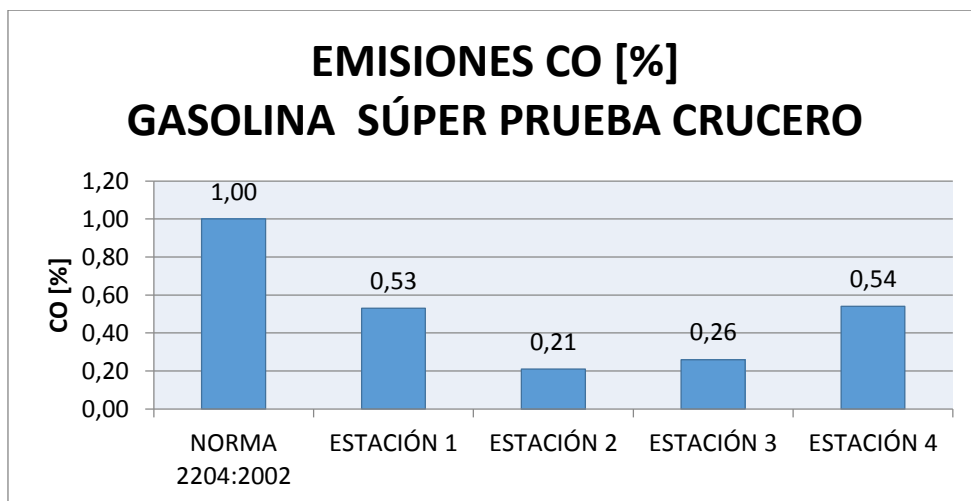


Figura 134. Resultados de CO a velocidad crucero

Las emisiones de CO₂ registradas en la prueba crucero se detallan en la siguiente figura 135. Al igual que en las pruebas a ralentí el porcentaje de CO₂ no disminuye del 13% en emisiones ni sobrepasan el 15%, indicando que la concentración de dióxido de carbono producto de la combustión se encuentra dentro de un margen correcto. La ESTACIÓN 2 produce mayor cantidad de CO₂ con un 14,12%, la ESTACIÓN 3 con 14,09%; la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 tienen un porcentaje del 13,67% y 13,69% respectivamente.

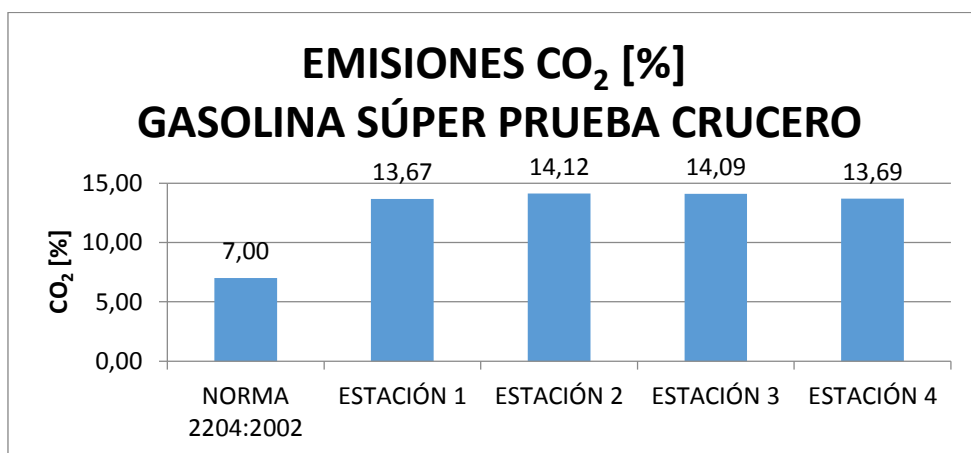


Figura 135. Resultados de CO₂ prueba crucero

Los valores de O₂ producto de la combustión se muestran en la figura 136. La cantidad de O₂ disminuyó tras realizar la prueba de emisiones a velocidad crucero debido a que se incrementó las revoluciones del motor para realizar dicha prueba. El valor máximo en cuanto a emisiones de O₂ se encuentra presente en la ESTACIÓN 1 con un porcentaje del 0,69%, la

ESTACIÓN 4 con 0,64%; las mínimas emisiones de O₂ están presentes en la ESTACIÓN 3 con 0,24% y la ESTACIÓN 2 con un 0,23%.

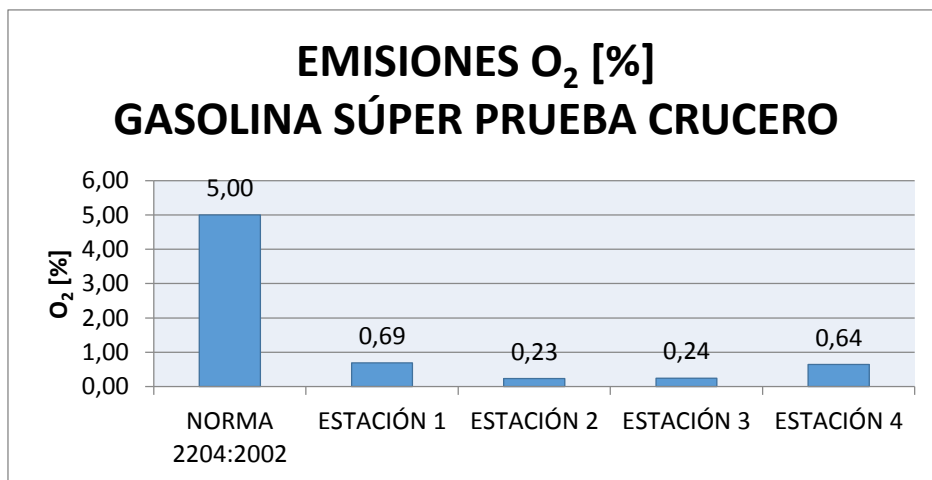


Figura 136. Resultados de O₂ prueba crucero

La figura 137 proporciona los valores de HC presentes en la gasolina EXTRA en pruebas realizadas a velocidad crucero. La ESTACIÓN 4 es quien presenta la mayor cantidad de emisión de HC con 63 ppm, seguida de la ESTACIÓN 3 con 35 ppm mientras que la ESTACIÓN 2 y la ESTACIÓN 1 son quienes tienen menor cantidad de HC con 23 ppm y 26 ppm respectivamente.

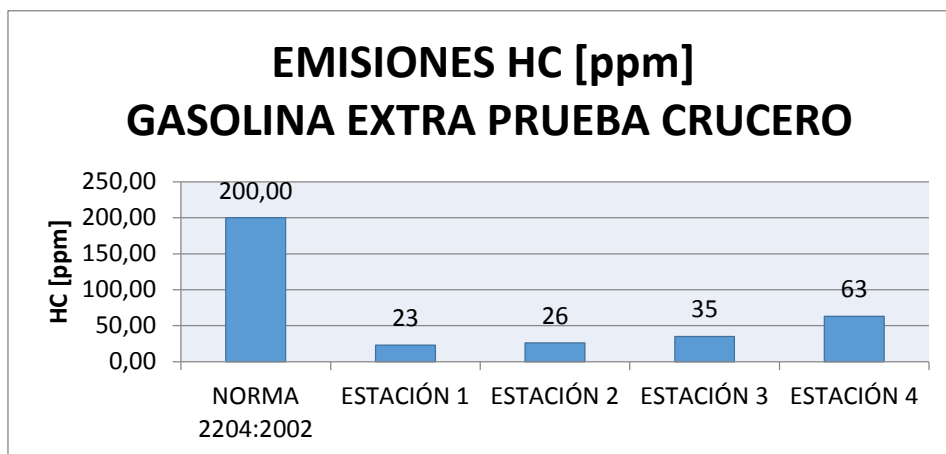


Figura 137. Resultados de HC prueba crucero

Los valores de CO registrados en la prueba crucero de la gasolina EXTRA se detallan en la figura 138. Los valores máximos de CO se presentan en mayor cantidad en la ESTACIÓN 4 con 0,53%, mientras que la menor concentración se encuentra en la ESTACIÓN 3 con 0,25%, la

ESTACIÓN 2 con 0,18% y la ESTACIÓN 1 con 0,12% existiendo una variación de $\pm 0,06\%$ entre cada una de ellas.

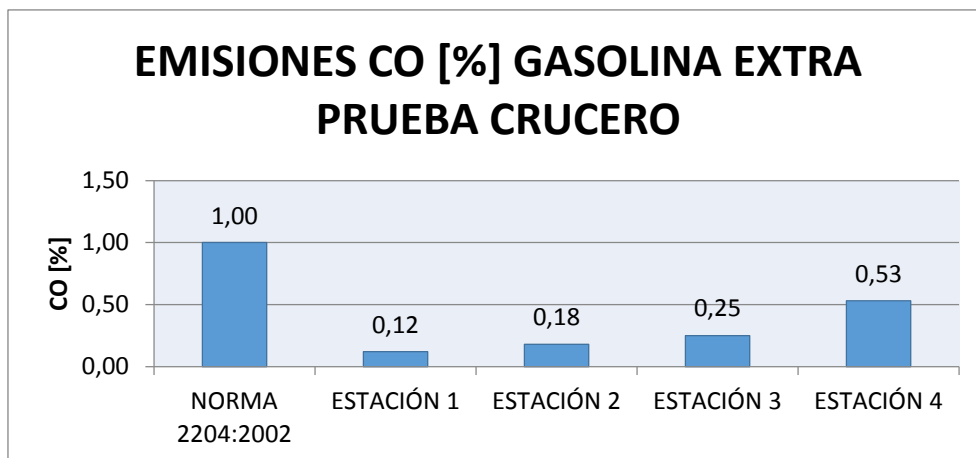


Figura 138. Resultados de CO prueba crucero

Las emisiones de CO₂ registradas en la prueba crucero de la gasolina EXTRA se las observa en la figura 139. La ESTACIÓN 1 posee el valor máximo de CO₂ con un 14,11%, la ESTACIÓN 2 con 14,04%, la ESTACIÓN 3 y la ESTACIÓN 4 tienen un valor por debajo del 14,00%, con un valor de 13,92% y 13,56% respectivamente de emisiones de dióxido de carbono.

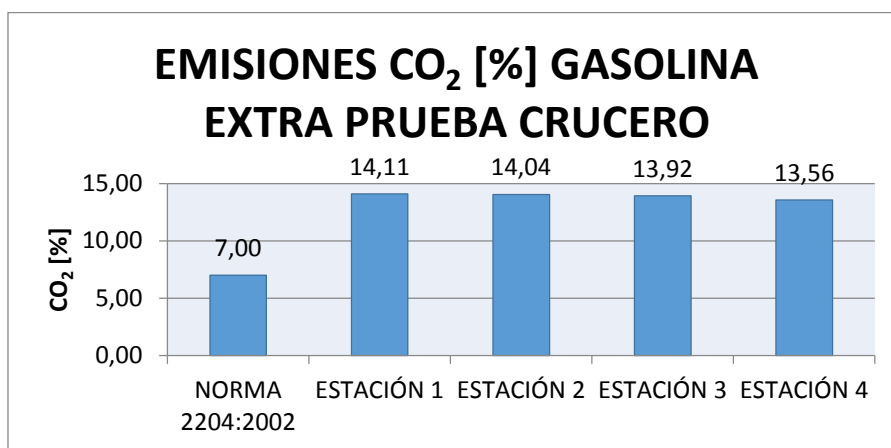


Figura 139. Resultados de CO₂ prueba crucero

El porcentaje de oxígeno emanado por el motor al ser suministrado con gasolina EXTRA se evidencia en la figura 140. El porcentaje de O₂ producido por el motor con gasolina este combustible no supera el 0,7% en emisiones, cumpliendo con lo establecido en la NTE 2204:2002 ya que su límite máximo en emisiones en prueba crucero es 5%. La ESTACIÓN 4 posee un mayor porcentaje de oxígeno con 0,63%, la ESTACIÓN 2 con 0,31% y la

ESTACIÓN 3 con 0,32%, teniendo entre ellas una variación del $\pm 0,01\%$; mientras que la ESTACIÓN 1 tiene una menor concentración de O_2 con 0,14%.

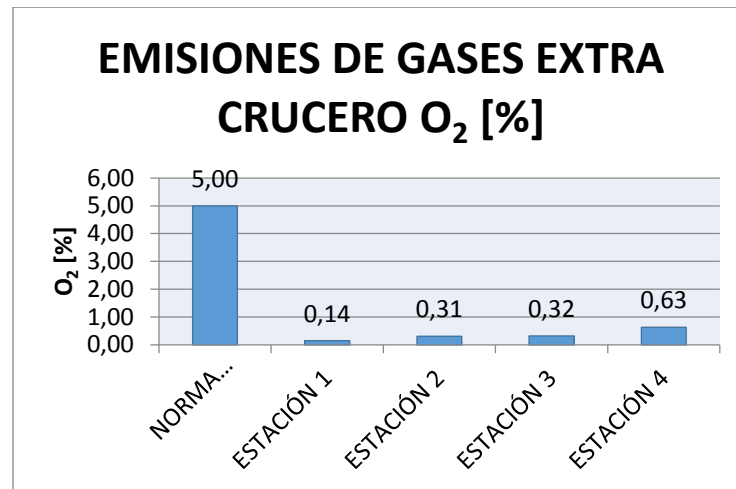


Figura 140. Resultados de O₂ prueba crucero

Los valores de hidrocarburos producto de la combustión en el motor al ser abastecido con gasolina ECOPAÍS se detallan en la siguiente figura 141. La cantidad de HC al realizar la prueba crucero con gasolina ECOPAÍS disminuyó, obteniendo los siguientes valores la ESTACIÓN 3 con 39 ppm posee el máximo valor de HC, mientras que la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 poseen 36 ppm cada una, la ESTACIÓN 2 posee menor emisión de HC con un valor de 15 ppm.

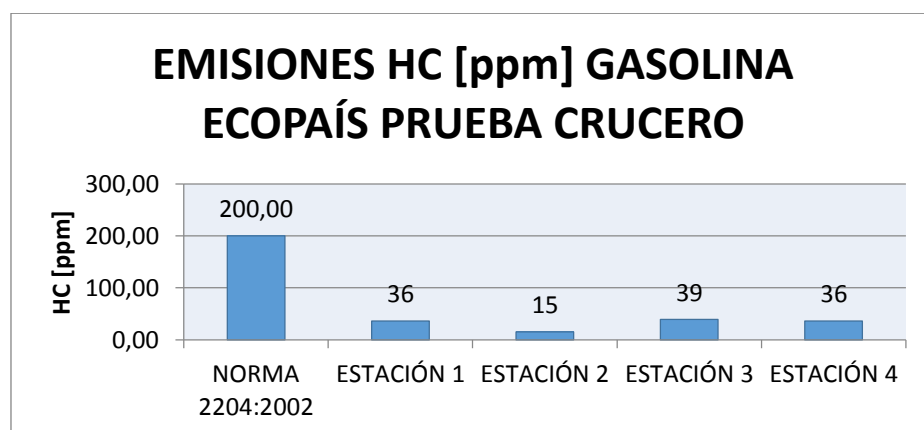


Figura 141. Resultado de HC prueba crucero

Las concentraciones de CO en la gasolina ECOPAÍS se registran en la siguiente figura 142. El porcentaje de CO se encuentra por debajo de lo establecido en la NTE 2204:2002 que indica como máximo el 1,00% en

prueba crucero. El máximo valor de emisiones se encuentra presente en la ESTACIÓN 3 con 0,30%, la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 con un porcentaje del 0,25% cada una, por su parte la ESTACIÓN 2 ostenta la menor cantidad de CO con un valor del 0.09%.

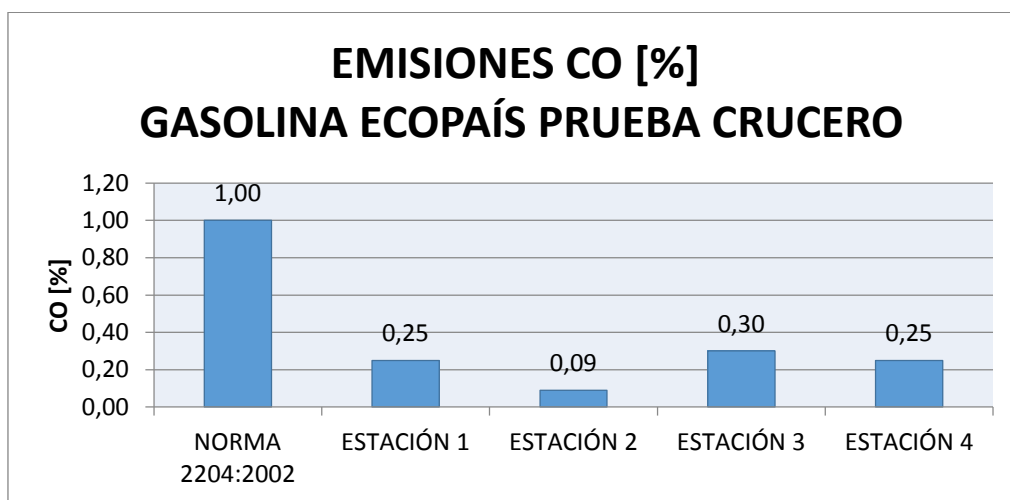


Figura 142. Resultados de CO prueba crucero

La figura 143 detalla los valores de CO₂ emitidos tras la combustión del motor al funcionar con gasolina ECOPAÍS. El porcentaje de CO₂ registrado tras realizar la prueba crucero, evidencia una disminución en las concentraciones bajo del 14,00% a excepción de la ESTACIÓN 2 con un 14,09 %, las 3 estaciones tienen una variación del $\pm 0,02\%$, la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 4 con 13,84% cada una mientras que la ESTACIÓN 3 posee la menor cantidad de CO₂ con un 13,82%.

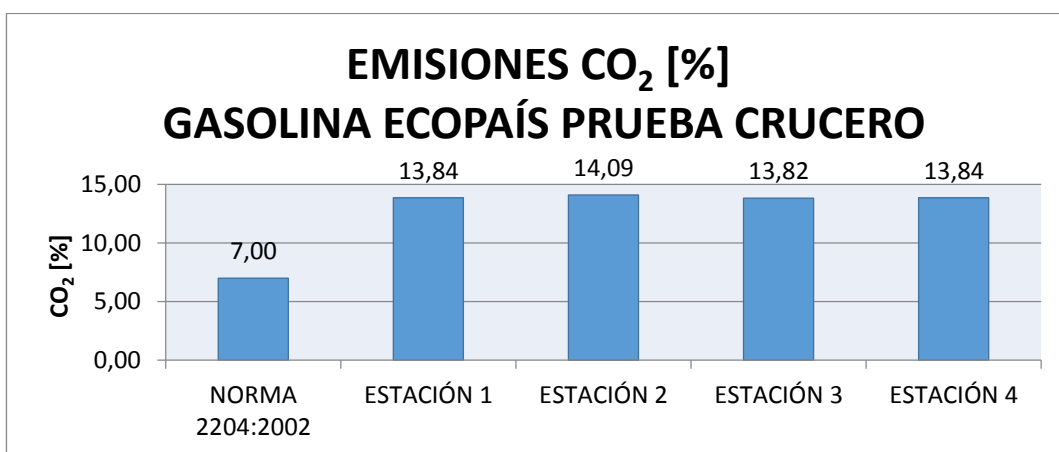


Figura 143. Resultados de CO₂ prueba crucero

La cantidad de oxígeno emanado en la prueba crucero se registra en la figura 144. Las emisiones de O₂ entre la ESTACIÓN 4, la ESTACIÓN 1 y la ESTACIÓN 3 no superan el 0,31% teniendo una variación de $\pm 0,01\%$, registrando el valor mínimo de concentración de oxígeno la ESTACIÓN 2 con un 0,14%.

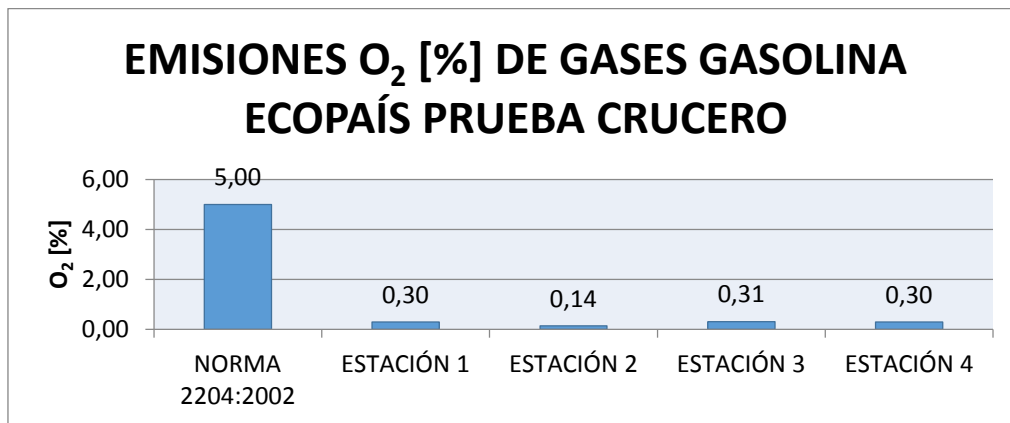


Figura 144. Resultados O₂ prueba crucero

Los valores de HC emitidos por las mezclas al 50% de las gasolinas comerciales se evidencian la siguiente figura 145. La grafica indica que los valores obtenidos tras la prueba crucero se encuentra dentro de los límites máximos preestablecidos en la NTE 2204:2002. El valor máximo con 35 ppm de HC se evidencia en la mezcla SÚPER-EXTRA, mientras que las mezclas SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS con 14 ppm y 15 ppm respectivamente tienen menor cantidad de concentración de hidruros de carbono.

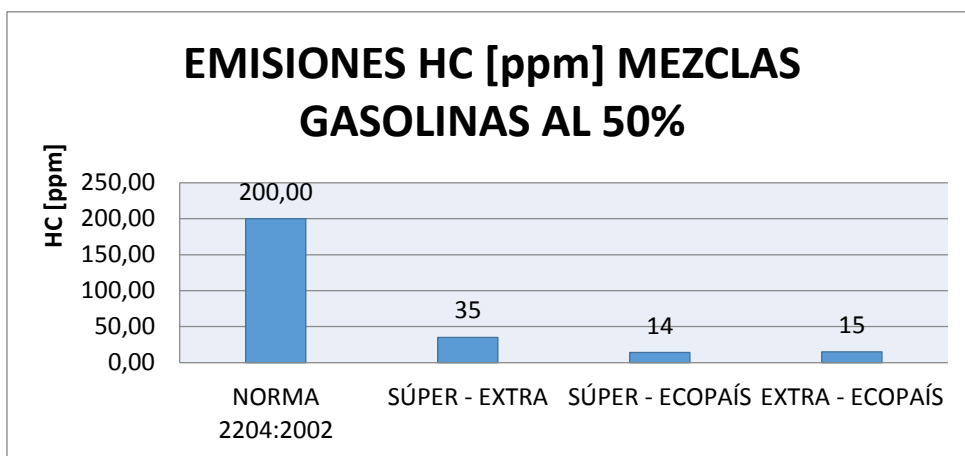


Figura 145. Resultados HC mezclas prueba crucero

El porcentaje de CO producido en la combustión del motor al suministrarlo con las mezclas al 50% se detalla en la figura 146. La concentración de CO producto de la combustión posee valores mínimos que no sobre pasan el 0,3%, siendo la mezcla SÚPER-EXTRA con mayor cantidad de emisiones de CO con un 0,27%; las mezclas SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS por su parte son quienes tienen menor cantidad de emisiones de CO con 0,08% cada una.

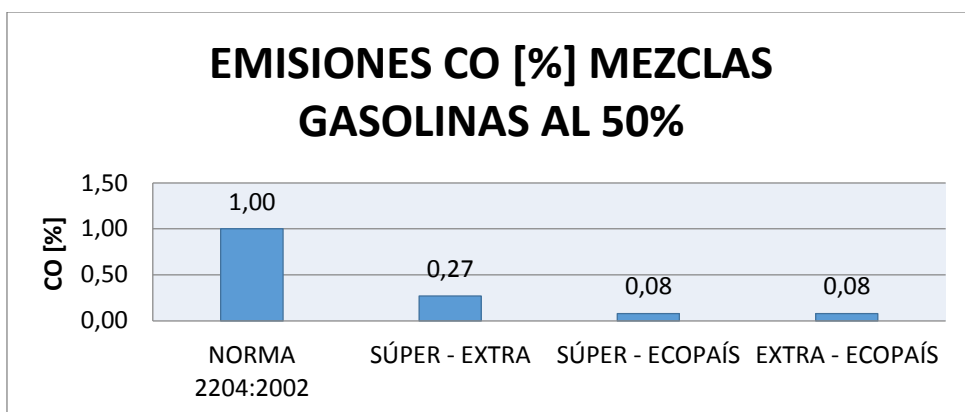


Figura 146. Resultados de CO mezclas prueba crucero

Las emisiones de dióxido de carbono de las mezclas se encuentran detalladas en la siguiente figura 147. Las mezclas SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS representa la mayor cantidad de CO₂ emitidos al ambiente con valores por encima del 14.00% con 14,25% y 14,14% respectivamente, mientras la mezcla SÚPER-EXTRA posee mayor emisiones de CO₂ con 13,96%, las mezclas incrementaron e porcentaje de CO₂ al incrementar las rpm del motor en la prueba crucero.

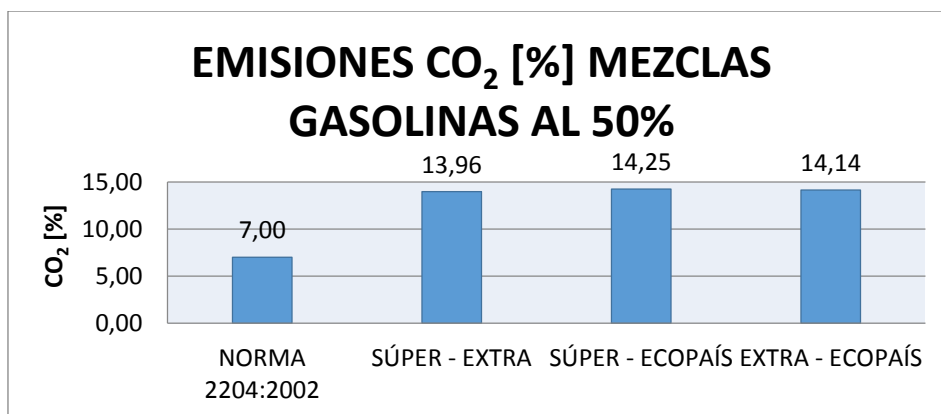


Figura 147. Resultados CO₂ mezclas prueba crucero

Los valores de O₂ registrados en las pruebas crucero se evidencian en la siguiente figura 148. La cantidad de oxígeno disminuye a diferencia de las pruebas a ralentí, todos los valores obtenidos no sobrepasan el 0,5 % de emisiones de O₂; la mezcla SÚPER-EXTRA poseen la mayor cantidad de oxígeno con un porcentaje del 0,42%, por su parte las mezclas SÚPER-ECOPAÍS y EXTRA-ECOPAÍS se encuentran en rangos mínimos de 0,15 % y 0,16% respectivamente, evidenciando una variación del $\pm 0,01\%$ entre estas dos mezclas.

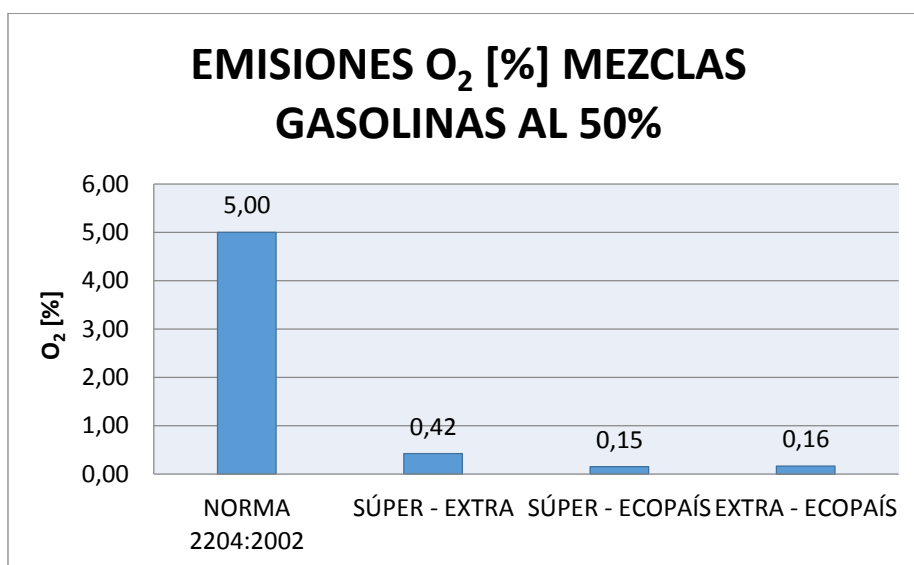


Figura 148. Resultados de O₂ mezclas prueba crucero.

4.9.1. Tabulación de datos

Las siguientes tablas detallan la concentración de emisiones de gases contaminantes emanados por el motor al suministrarlo con las gasolinas comerciales (SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS) de cada una de las estaciones de servicio.

Tabla 35

Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 1

GASES	ESTACIÓN 1 PRUEBA A RALENTÍ		
	GASOLINAS		
	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	109,00	27,00	38,00
CO (%)	0,47	0,03	0,08
CO ₂ (%)	13,63	14,14	13,99
O ₂ (%)	0,87	0,25	0,31

CONTINÚA

ESTACIÓN 1 PRUEBA CRUCERO			
GASES	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	49,00	23,00	36,00
CO (%)	0,53	0,12	0,25
CO2 (%)	13,67	14,11	13,84
O2 (%)	0,69	0,14	0,30

Tabla 36
Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 2

ESTACIÓN 2 PRUEBA A RALENTÍ			
GASES	GASOLINAS		
	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	39,00	38,00	10,00
CO (%)	0,11	0,11	0,01
CO2 (%)	14,12	14,04	14,12
O2 (%)	0,35	0,55	0,20
ESTACIÓN 2 PRUEBA CRUCERO			
GASES	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	27,00	26,00	15,00
CO (%)	0,21	0,18	0,09
CO2 (%)	14,12	14,04	14,09
O2 (%)	0,23	0,31	0,14

Tabla 37
Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 3

ESTACIÓN 3 PRUEBA A RALENTÍ			
GASES	GASOLINAS		
	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	47,00	39,00	66,00
CO (%)	0,11	0,10	0,17
CO2 (%)	14,07	14,06	13,85
O2 (%)	0,36	0,35	0,43
ESTACIÓN 3 PRUEBA CRUCERO			
GASES	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	34,00	35,00	39,00
CO (%)	0,26	0,25	0,3
CO2 (%)	14,09	13,92	13,82
O2 (%)	0,24	0,32	0,31

Tabla 38
Emisiones de gases de las gasolinas ESTACIÓN 4

ESTACIÓN 4 GASOLINAS PRUEBA A RALENTÍ			
GASES			
	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	103,00	130,00	38,00
CO (%)	0,39	0,46	0,08
CO2 (%)	13,77	13,52	13,99
O2 (%)	0,77	0,85	0,31

CONTINÚA 

ESTACIÓN 4 PRUEBA CRUCERO			
GASES	SÚPER	EXTRA	ECOPAÍS
HC(ppm)	57,00	63,00	36,00
CO (%)	0,54	0,53	0,25
CO ₂ (%)	13,69	13,56	13,84
O ₂ (%)	0,64	0,63	0,30

4.9.2. Análisis de las figuras comparativas de emisiones de gases con respecto a las estaciones de servicio

a. Pruebas a ralentí

La figura 149, detalla los valores de emisiones de HC, CO, CO₂ y O₂, emanados por las gasolinas comerciales de la ESTACIÓN 1. La gasolina con mayores emisiones de HC, CO y O₂ es la SÚPER superando con una diferencia de 82 ppm a la EXTRA y con 71 ppm de HC a la ECOPAÍS, de la misma manera supera con un 0,44% a la gasolina EXTRA y con 0,39% a ECOPAÍS en porcentaje de emisiones de CO; la cantidad de oxígeno es mayor por un 0,62% al valor emanado por la gasolina EXTRA y con un 0,56% al emanado por la gasolina ECOPAÍS. Por otra parte la gasolina EXTRA emana mayor cantidad de CO₂ superando a la gasolina SÚPER con un 0,51% y a la ECOPAÍS con un 0,15%, cabe recalcar que en la NTE 2204:2002 establece que las emisiones de CO₂ no deben ser menores al 7,00% pero no tampoco deben superar el 15%; el valor obtenido de 14,14% evidencia que existe una buena combustión en el motor al suminístralolo con gasolina EXTRA.

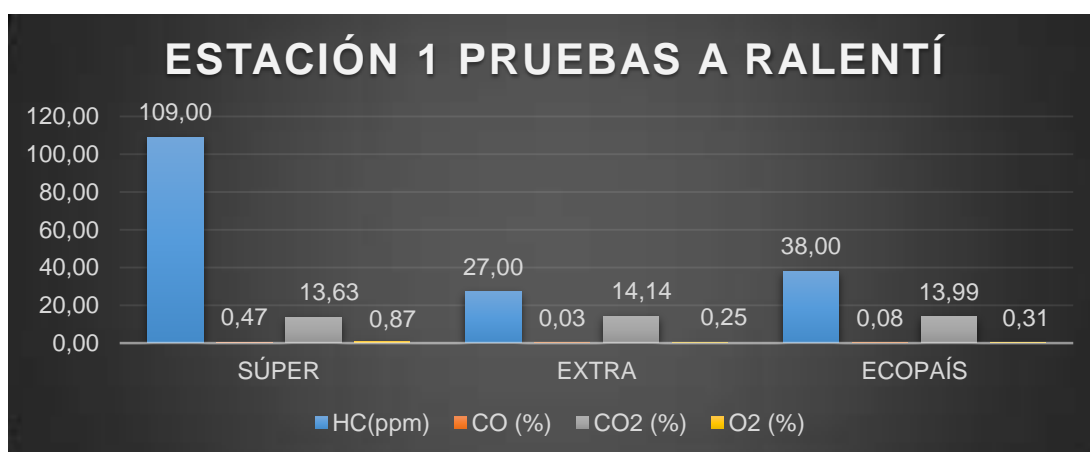


Figura 149. Emisiones de gasolinas de la ESTACIÓN 1

La figura 150, evidencia las concentraciones de HC, CO, CO₂ y O₂, emanados por las gasolinas comerciales de la ESTACIÓN 2. Las emisiones de HC entre las gasolinas SÚPER y EXTRA tienen una diferencia mínima del ± 1 ppm entre ellas; siendo la ECOPAÍS quien emite menor cantidad de HC con 10 ppm, entre las gasolinas SÚPER y EXTRA existe igual cantidad de emisiones de CO ambas con 0,11% a diferencia de la ECOPAÍS con un mínimo de 0,01%, por su parte el porcentaje de CO₂ es el mismo entre las gasolinas SÚPER y ECOPAÍS con un 14,12% superando con un 0,08% a las emanadas por la gasolina EXTRA. La cantidad de O₂ emanadas por cada gasolina son: SÚPER con 0,35%, EXTRA con 0,55% y ECOPAÍS con 0,20%.

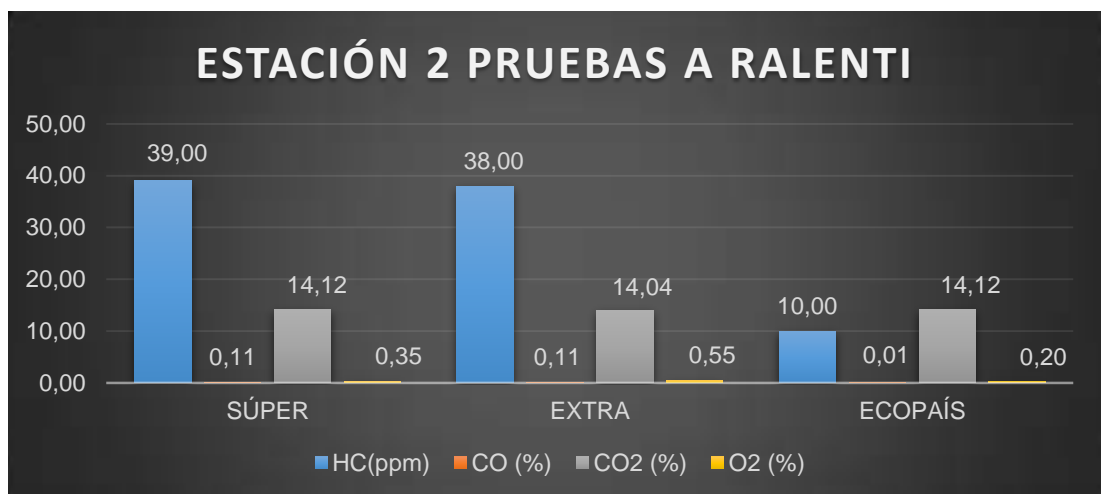


Figura 150. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 2

La siguiente figura 151, registra los valores obtenidos de HC, CO, CO₂ y O₂, emanados por las gasolinas comerciales de la ESTACIÓN 3. Las emisiones de HC en mayor cantidad son las emanadas por la gasolina ECOPAÍS con 66 ppm a diferencia de la SÚPER que emite 47 ppm y la EXTRA 39 ppm, por su parte entre las gasolinas SÚPER y EXTRA existe una diferencia del $\pm 0,01\%$ en emisiones de CO; quién emite más CO es la ECOPAÍS con 0,17. Las gasolinas SÚPER y EXTRA en cuanto a emisiones de CO₂ tienen una mínima diferencia del 0,01%, siendo la ECOPAÍS quien emite menor cantidad con 13,85%. El porcentaje de O₂ evidencia una diferencia del $\pm 0,01\%$ entre las gasolinas SÚPER y EXTRA evidenciando mayor cantidad de emisiones de oxígeno en la ECOPAÍS.

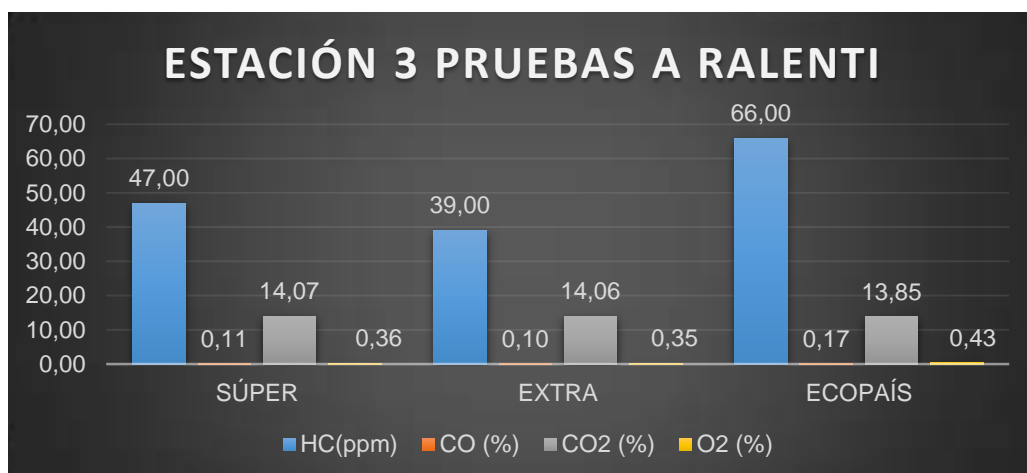


Figura 151. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 3

La figura 152, muestra el porcentaje de emisiones de HC, CO, CO₂ y O₂, obtenidos al realizar las pruebas con gasolinas comerciales de la ESTACIÓN 4. La gasolina con más emisiones de HC, CO, y O₂ es la EXTRA emanando 130 ppm de hidruros de carbono a diferencia de la SÚPER y ECOPAÍS que emanan 103 ppm y 38 ppm respectivamente, las concentraciones de CO de la gasolina EXTRA superan a la SÚPER en 0,07% y a la ECOPAÍS en 0,38%. La gasolina ECOPAÍS es quién emite mayor cantidad de CO₂ con un 13,99% siendo superior al de la SÚPER con un 0,22% y a la Extra con 0,47%. La gasolina EXTRA es quién emite mayor cantidad de O₂ con un 0,85%, la SÚPER y ECOPAÍS tienen menores emisiones con un 0,77% y 0,31% recíprocamente.

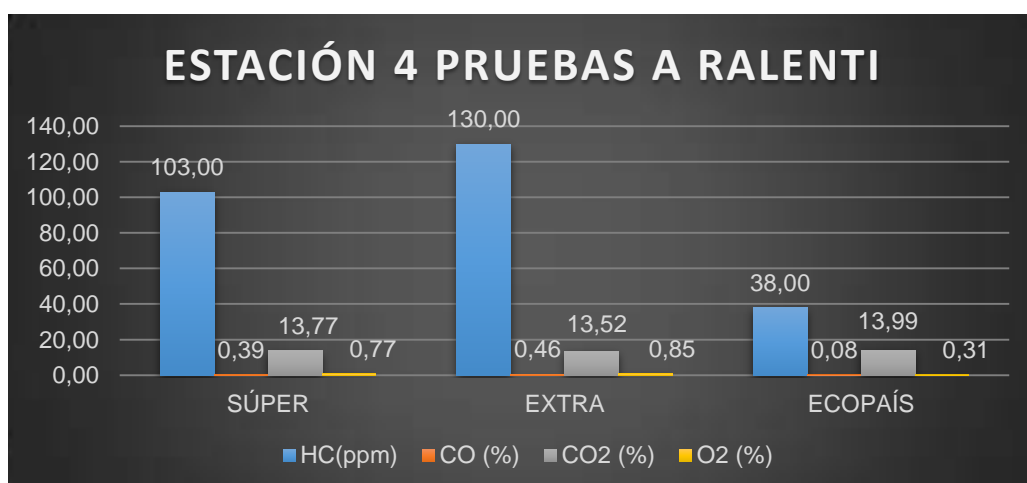


Figura 152. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 4

b. Pruebas crucero

La siguiente figura 153, detalla la concentración de HC, CO, CO₂ y O₂ producto de la combustión al abastecer el motor con las gasolinas comerciales de cada una de las gasolineras en las pruebas crucero realizado en el analizador de gases CARTEK.

Al comparar las emisiones de gases entre las gasolinas comerciales de la ESTACIÓN 1 se observa que la gasolina SÚPER posee mayores emisiones de HC con 49 ppm, CO con 0,53% y O₂ con 0,69% superando a las gasolinas EXTRA y ECOPAÍS; al contrario de las concentraciones de CO₂ que son menores al de las gasolinas antes mencionadas con un 13,67% en emisiones de dióxido de carbono.

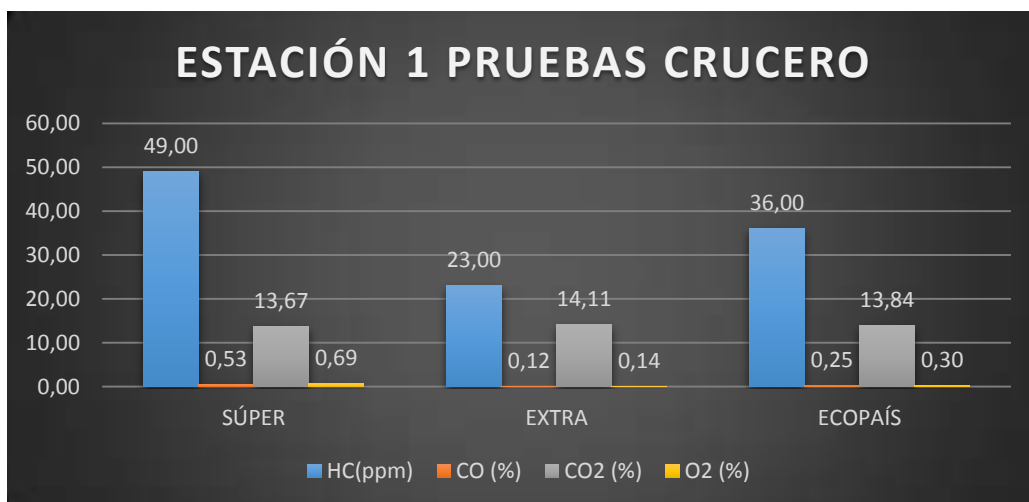


Figura 153. Emisión de gases de la ESTACIÓN 1

La figura 154, muestra una comparación de emisiones de gases entre gasolinas de una misma estación de servicio. La ESTACIÓN 2 expende tres gasolinas SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS siendo la gasolina SÚPER quien emite mayor cantidad de HC con 27 ppm, CO con un 0,21% y CO₂ con un 14,12%. Por otro lado la concentración de O₂ es menor con un 0,08% al de la gasolina EXTRA pero mayor al de la gasolina ECOPAÍS con un 0,09%.

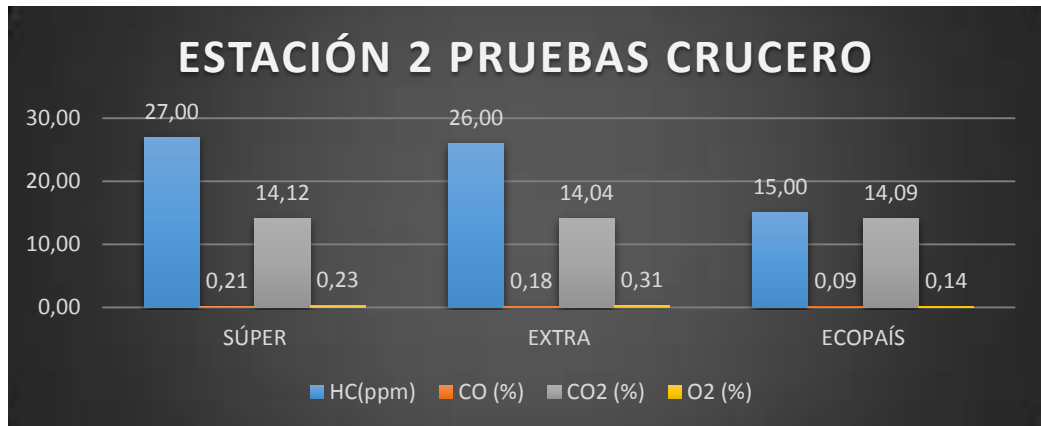


Figura 154. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 2

La siguiente figura 155, especifica las concentraciones de HC, CO, CO₂ y O₂ producto de la combustión del motor. La ESTACIÓN 3 emite mayor concentración de HC con 39 ppm en su gasolina ECOPAÍS pero por otro lado es quien menor cantidad de CO₂ presenta al quemar combustible con un 13,82 % a diferencia de la gasolina EXTRA y SÚPER que emiten 13,92% y 14,09% respectivamente. Las emisiones de O₂ que en mayor cantidad son emanadas al ambiente son por parte de la gasolina EXTRA con un 0,32%; superando a la ECOPAÍS con un 0,01% y a la SÚPER con 0,06% en emisiones de oxígeno.

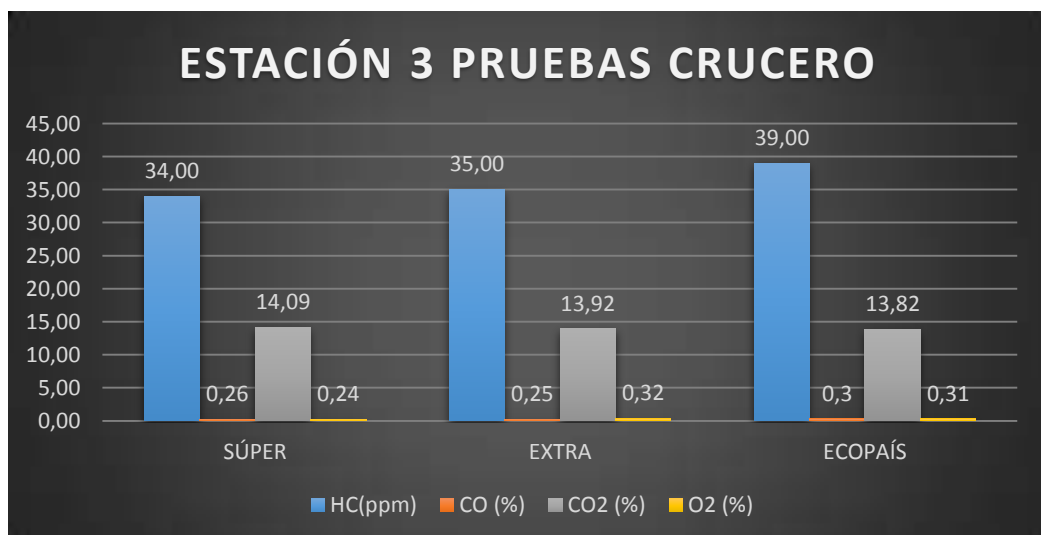


Figura 155. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 3.

A continuación la figura 156, muestra las emisiones de HC, CO, CO₂ y O₂ producto de la combustión del motor. La gasolina de la ESTACIÓN 4 que emite mayor cantidad de HC es la EXTRA con un 63 ppm, superando a las gasolinas SÚPER y ECOPAÍS con 6 ppm y 27 ppm respectivamente; en

cuanto a las emisiones de CO es la gasolina SÚPER quién tiene mayor concentración de monóxido de carbono con 0,54% superando a la ECOPAÍS en 0,29%. La gasolina ECOPAÍS emite mayor porcentaje de CO₂ con un 13,84% existiendo una diferencia de 0,15% con la gasolina SÚPER y 0,28% con la EXTRA. Por otro lado la mayor cantidad de emisiones de oxígeno lo hace la gasolina SÚPER con 0,64% al producirse la combustión en el motor.

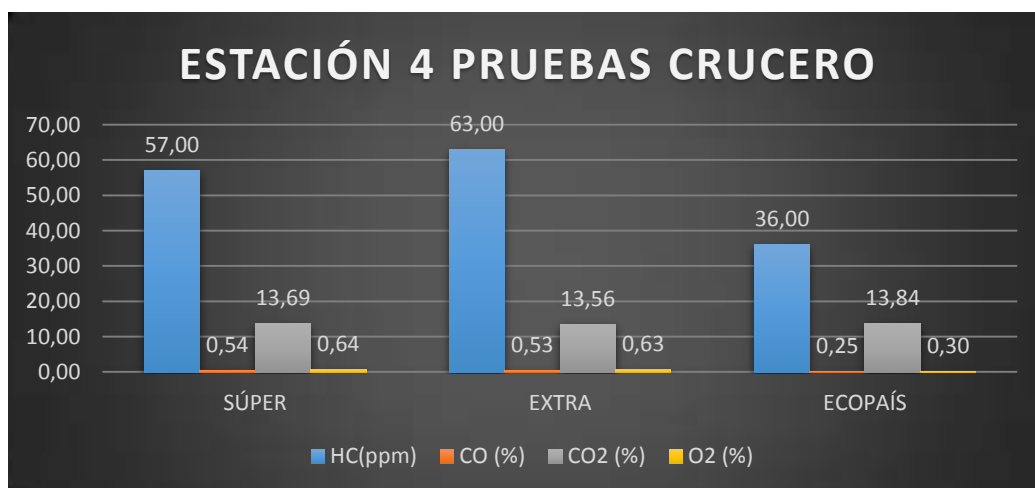


Figura 156. Emisiones de las gasolinas de la ESTACIÓN 4

4.9.3. Tabulación de datos concentraciones máximas y mínimas de potencia, torque, consumo de combustible, consumo específico de combustible y emisiones contaminantes de las gasolineras

Tabla 39
Valores máx. y mín. de PC, potencia, torque y consumos de las gasolineras

	GASOLINERA	GASOLINA	MÁXIMO	GASOLINERA	GASOLINA	MÍNIMO
PODER CALORÍFICO SUPERIOR (KJ/Kg)	ESTACIÓN 2	SÚPER	48983,157	ESTACIÓN 4	ECOPAÍS	44811,090
PODER CALORÍFICO INFERIOR (KJ/Kg)	ESTACIÓN 2	SÚPER	48345,657	ESTACIÓN 1	EXTRA	44003,979
POTENCIA (HP)	ESTACIÓN 3	ECOPAÍS	94,400	ESTACIÓN 3	SÚPER	90,200
TORQUE (Kg m)	ESTACIÓN 3	ECOPAÍS	13,173	ESTACIÓN 4	EXTRA	12,550
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kg/h)						
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 86,6 Km/h	ESTACIÓN 4	EXTRA	3,973	ESTACIÓN 3	ECOPAÍS	2,706
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 52,27 Km/h	ESTACIÓN 4	EXTRA	4,231	ESTACIÓN 1	SÚPER	2,395
CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE (g/KW h)						
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 86,6 Km/h	ESTACIÓN 1	SÚPER	58,673	ESTACIÓN 4	SÚPER	38,432
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 52,27 Km/h	ESTACIÓN 1	SÚPER	62,478	ESTACIÓN 4	EXTRA	34,330

Tabla 40
Valores máx. y mín. de PC, potencia, torque y consumos de las mezclas

	MEZCLA	MÁXIMO	MEZCLA	MÍNIMO
PODER CALORÍFICO SUPERIOR (KJ/Kg)	SÚPER-EXTRA	47746,989	SÚPER-ECOPAÍS	46201,779
PODER CALORÍFICO INFERIOR (KJ/Kg)	SÚPER-EXTRA	47019,489	SÚPER-ECOPAÍS	45504,279
POTENCIA (HP)	SÚPER-ECOPAÍS	88,63	SÚPER-EXTRA	87,270
TORQUE (Kg m)	SÚPER-ECOPAÍS	12,16	EXTRA-ECOPAÍS	11,980
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kg/h)				
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 86,6 Km/h	SÚPER-EXTRA	4,169	EXTRA-ECOPAÍS	2,9909
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 52,27 Km/h	SÚPER-EXTRA	4,341	EXTRA-ECOPAÍS	3,3596
CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE (g/KW h)				
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 86,6 Km/h	SÚPER-EXTRA	64,03	EXTRA-ECOPAÍS	45,82
A VELOCIDAD MAXIMA PROMEDIO DE 52,27 Km/h	SÚPER-EXTRA	66,68	EXTRA-ECOPAÍS	51,46

Tabla 41
Concentraciones (máx.) y (mín.) de gases prueba a ralentí

PRUEBA A RALENTI																	
GASOLINA SÚPER				GASOLINA EXTRA				GASOLINA ECOPAÍS									
GASES	Valores Máximos		GASES	Valores Mínimos		GASES	Valores Máximos		GASES	Valores Mínimos		GASES	Valores Máximos		Valores Mínimos		
HC(ppm)	ESTACIÓN 1	109	HC(ppm)	ESTACIÓN 2	39	HC(ppm)	ESTACIÓN 1	130	HC(ppm)	ESTACIÓN 1	27	HC(ppm)	ESTACIÓN 3	66	HC(ppm)	ESTACIÓN 2	10
CO (%)	ESTACIÓN 1	0,47	CO (%)	ESTACIÓN 2	0,11	CO (%)	ESTACIÓN 4	0,46	CO (%)	ESTACIÓN 3	0,10	CO (%)	ESTACIÓN 3	0,17	CO (%)	ESTACIÓN 2	0,01
CO ₂ (%)	ESTACIÓN 2	14,12	CO ₂ (%)	ESTACIÓN 1	13,63	CO ₂ (%)	ESTACIÓN 1	14,14	CO ₂ (%)	ESTACIÓN 4	13,52	CO ₂ (%)	ESTACIÓN 2	14,12	CO ₂ (%)	ESTACIÓN 3	13,85
O ₂ (%)	ESTACIÓN 1	0,87	O ₂ (%)	ESTACIÓN 2	0,35	O ₂ (%)	ESTACIÓN 4	0,85	O ₂ (%)	ESTACIÓN 1	0,25	O ₂ (%)	ESTACIÓN 3	0,42	O ₂ (%)	ESTACIÓN 2	0,20

Tabla 42
Concentraciones (máx.) y (mín.) de gases prueba crucero

PRUEBA CRUCERO																	
SÚPER						EXTRA						ECOPAÍS					
GASES	Valores Máximos		GASES	Valores Mínimos		GASES	Valores Máximos		GASES	Valores Mínimos		GASES	Valores Máximos		Valores Mínimos		
HC(ppm)	ESTACIÓN 4	52	HC(ppm)	ESTACIÓN 2	27	HC(ppm)	ESTACIÓN 4	63	HC(ppm)	ESTACIÓN 1	23	HC(ppm)	ESTACIÓN 3	39	HC(ppm)	ESTACIÓN 2	15
CO (%)	ESTACIÓN 4	0,54	CO (%)	ESTACIÓN 2	0,21	CO (%)	ESTACIÓN 4	0,53	CO (%)	ESTACIÓN 1	0,12	CO (%)	ESTACIÓN 4	0,25	CO (%)	ESTACIÓN 3	0,30
CO2 (%)	ESTACIÓN 2	14,12	CO2 (%)	ESTACIÓN 1	13,67	CO2 (%)	ESTACIÓN 1	14,11	CO2 (%)	ESTACIÓN 4	13,56	CO2 (%)	ESTACIÓN 2	14,09	CO2 (%)	ESTACIÓN 3	13,82
O2 (%)	ESTACIÓN 1	0,69	O2 (%)	ESTACIÓN 2	0,23	O2 (%)	ESTACIÓN 4	0,63	O2 (%)	ESTACIÓN 1	0,14	O2 (%)	ESTACIÓN 3	0,31	O2 (%)	ESTACIÓN 2	0,14

4.9.4. Análisis de las figuras comparativas de las concentraciones mínimas y máximas de las emisiones de gases

Las figuras que se muestran a continuación evidencian el valor mínimo y máximo que emiten las gasolinas comerciales teniendo en cuenta las estaciones de servicio al realizar las pruebas pertinentes de control de emisiones de gases en pruebas a ralentí y crucero.

a. Concentraciones Mínimas prueba Ralentí

La figura 157, muestra los valores mínimos de gases emitidos por la gasolina SÚPER teniendo en cuenta las estaciones de servicio.

Al comparar las emisiones de HC de la gasolina SÚPER entre las 4 estaciones de servicio se evidencia que la ESTACIÓN 2 emite menor cantidad de hidruros de carbono con 39 ppm de igual manera la misma estación emite menor cantidad de CO y O₂ con un mínimo del 0,11% y 0,35% respectivamente. La ESTACIÓN 1 con un 13,63% es quien menores emisiones de CO₂ presenta.

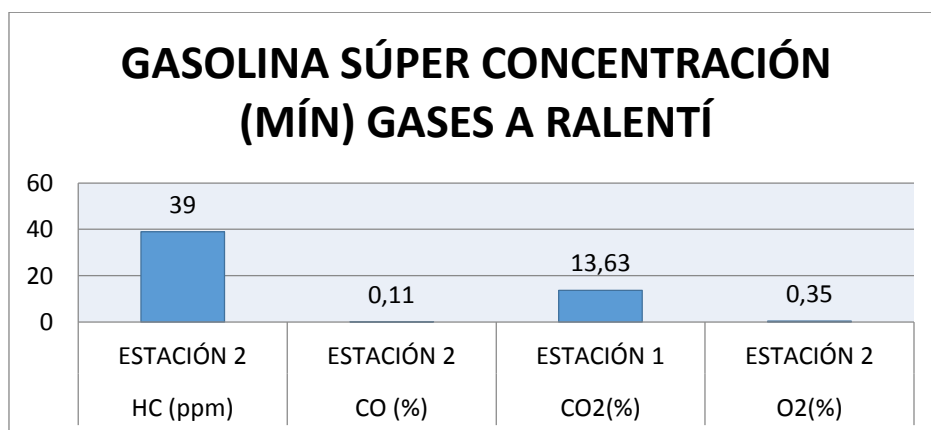


Figura 157. Emisiones (mín.) de gases de las estaciones de servicio

La figura 158, muestra el valor mínimo de emisiones de gases de la gasolina EXTRA teniendo en cuenta a las 4 estaciones de servicios tomadas como referencia para esta investigación. La estación de servicio que emite menor emisión de Hidruros de Carbono y Oxígeno al abastecer el motor con la gasolina EXTRA es la ESTACIÓN 1 con 27 ppm de HC y 0,25% de O₂ respectivamente. Por su parte la ESTACIÓN 3 emite menor porcentaje de

CO tras la combustión del motor con un 0,10%. La ESTACIÓN 4 emana un mínimo de 0,25% de O₂ al ambiente.

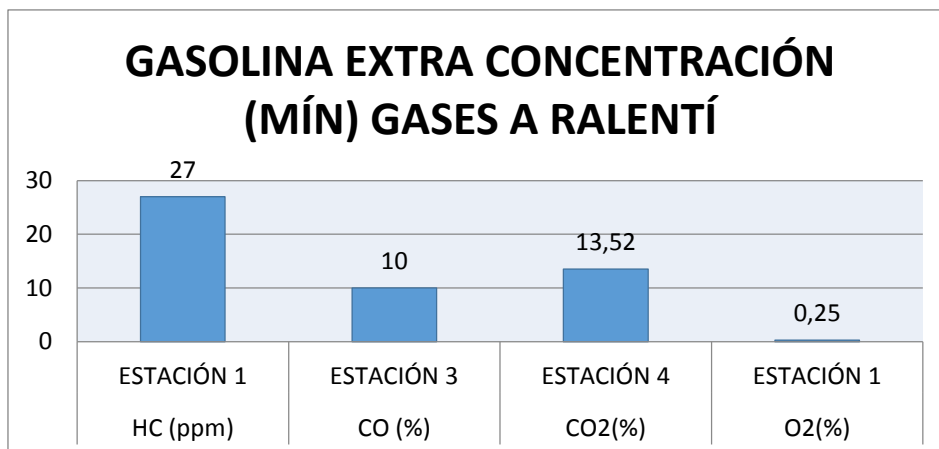


Figura 158. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio

La figura 159, detalla las emisiones de gases contaminantes producidos al quemar gasolina ECOPAÍS de las distintas estaciones de servicio. La ESTACIÓN 2 presenta menor emisiones tanto de HC, CO y O₂ con valores de 10 ppm; 0,01% y 0,20% respectivamente siendo la ESTACIÓN 3 quién emite menor cantidad de CO₂ al ambiente con apenas un 0,20%.

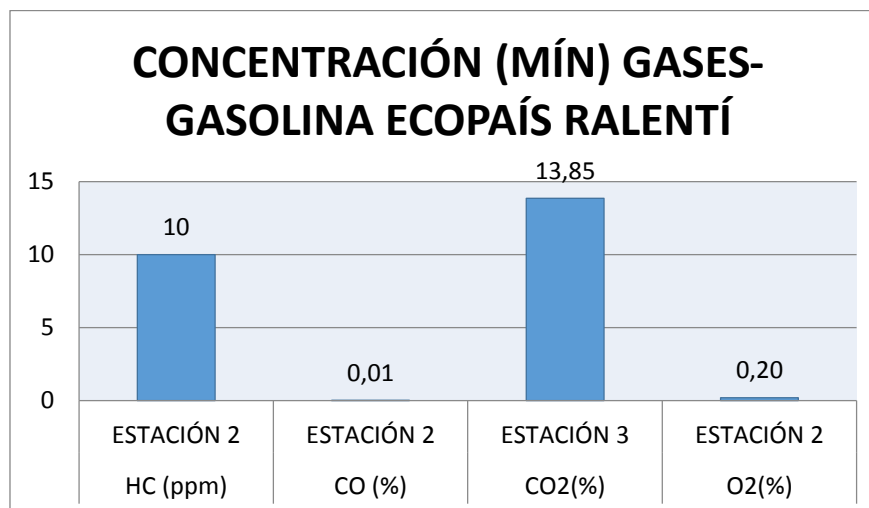


Figura 159. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio

b. Concentraciones Máximas prueba Ralentí

La siguiente figura 160, detalla la concentración máxima de emisiones contaminantes de la gasolina SÚPER en las prueba a ralentí. La ESTACIÓN 1 es quien emite mayor cantidad de HC con 109 ppm, CO con 0.47% y O₂

con 0,87% al suministrar el motor con gasolina SÚPER. Por otro lado la ESTACIÓN 2 emite mayor cantidad de CO₂ un 14,12%, a diferencia de las otras 3 estaciones.

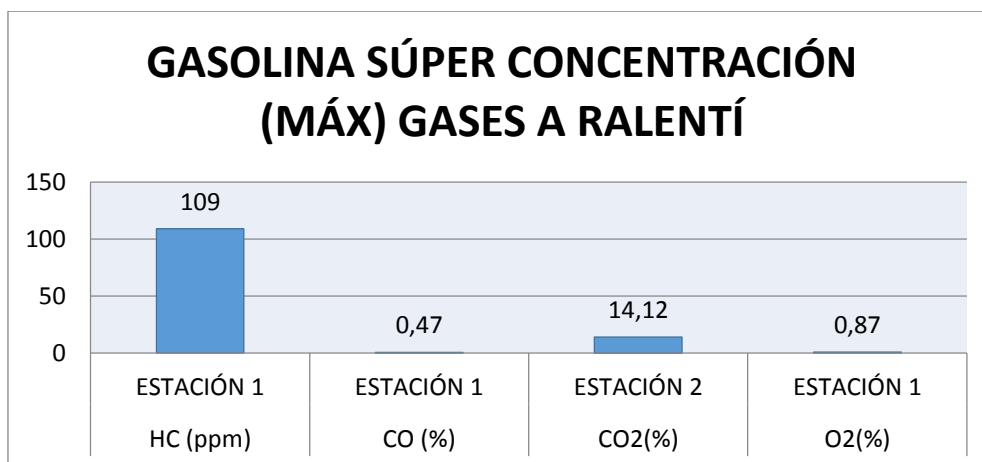


Figura 160. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio

La figura 161, muestra las concentraciones de gases emanados al ambiente al suministrar el motor con gasolina EXTRA. La estación de servicio que emite mayor cantidad de HC y CO₂ es la ESTACIÓN 1 con 130 ppm y 14,14 % respectivamente. Por su parte la ESTACIÓN 4 es quien tiene mayor porcentaje de contaminación en emisiones de CO con un 0,46% y O₂ con un 0,85% emanados al ambiente.

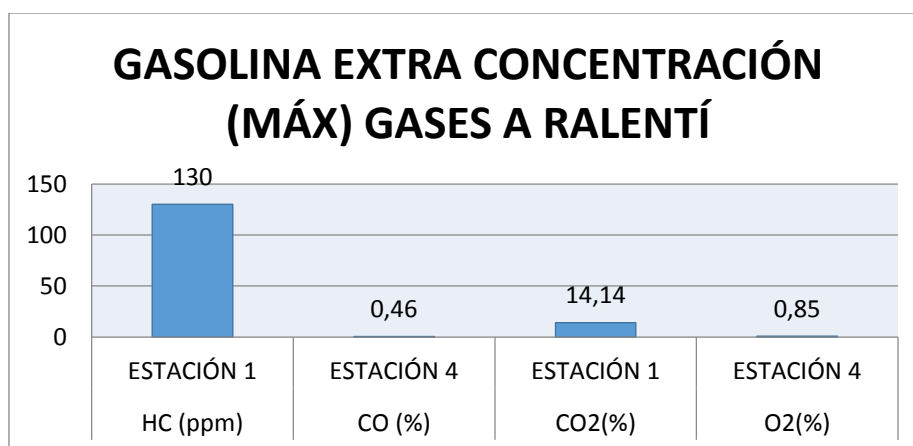


Figura 161. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio

La figura 162, evidencia el valor máximo en emisiones de HC, CO, CO₂ y O₂ al abastecer el motor con gasolina ECOPAÍS. Al cargar el motor con gasolina ECOPAÍS de las 4 diferentes estaciones de servicio, la ESTACIÓN 3 y la ESTACIÓN 2 son quienes mayor cantidad de emisiones presenta, siendo la ESTACIÓN 3 quien emite mayor cantidad de HC con 66 ppm, CO

con un 0,17% y O₂ con un 0,42%. La ESTACIÓN 2 por su parte emite mayor cantidad de CO₂ con un 14,12%.

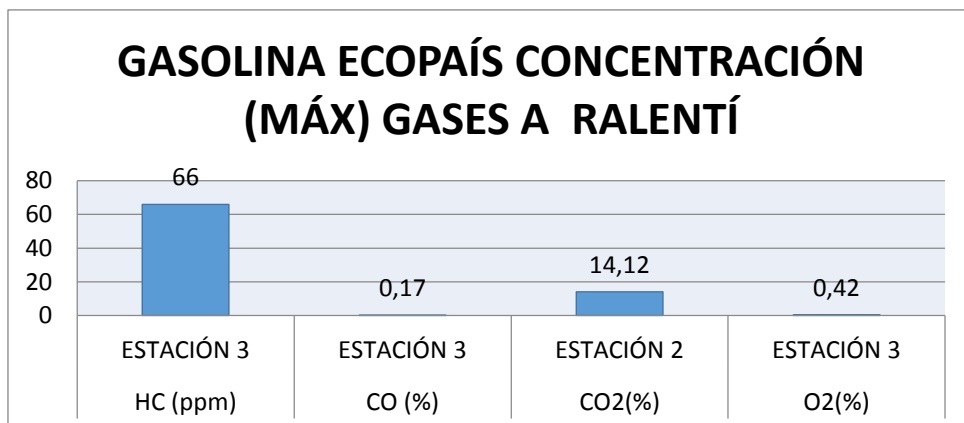


Figura 162. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio

c. Concentraciones Mínimas prueba Crucero

La figura 163, detalla los valores mínimos de emisiones de gases al dotar el motor con gasolina SÚPER de 4 diferentes estaciones de servicio, 2 de ellas fueron quienes en menor cantidad emiten HC, CO, CO₂ y O₂. La ESTACIÓN 2 emite 27 ppm de HC, 0,21% de CO y 0,23% de O₂ por otro lado la ESTACIÓN 1 emite 13,67% de dióxido de carbono al ambiente.

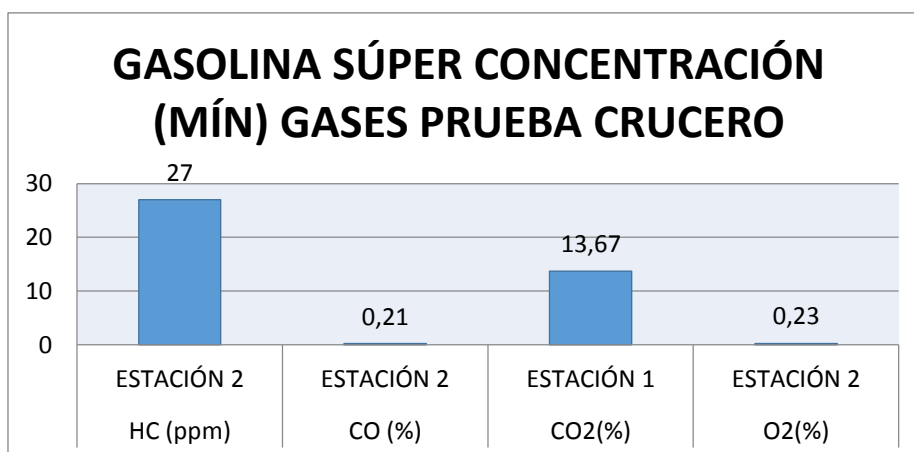


Figura 163. Emisiones mínimas de gases estaciones de servicio

La figura 164, presenta el valor de emisiones de gases contaminantes obtenidas tras realizar las pruebas a velocidad crucero con el analizador de gases CARTEK. Al suministrar el motor con gasolina EXTRA de 4 diferentes estaciones de servicio los gases producto de la combustión muestran que la ESTACIÓN 1 es quien en menor cantidad emana HC con 23 ppm, CO con

un 0,12% y O₂ con un 0,14%. La ESTACIÓN 4 es quien produce menor cantidad de CO₂ con un 13,56% producto de la combustión del motor.

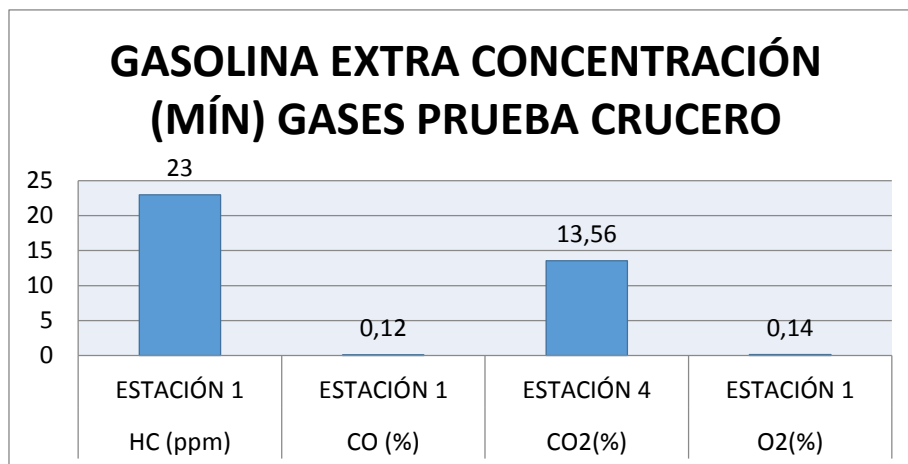


Figura 164. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio

La figura 165, registra los valores mínimos de gases contaminantes al abastecer el motor con gasolina ECOPAÍS de diferentes estaciones de servicio. La ESTACIÓN 2 con 15 ppm de HC y 0,14% de O₂ es quien emite mínima cantidad de gases contaminantes al ambiente. Por su parte con un 0,30 % de CO y 13,82% de CO₂ la ESTACIÓN 3 emite mínimas cantidades de gases al ser suministrado el motor con gasolina ECOPAÍS.

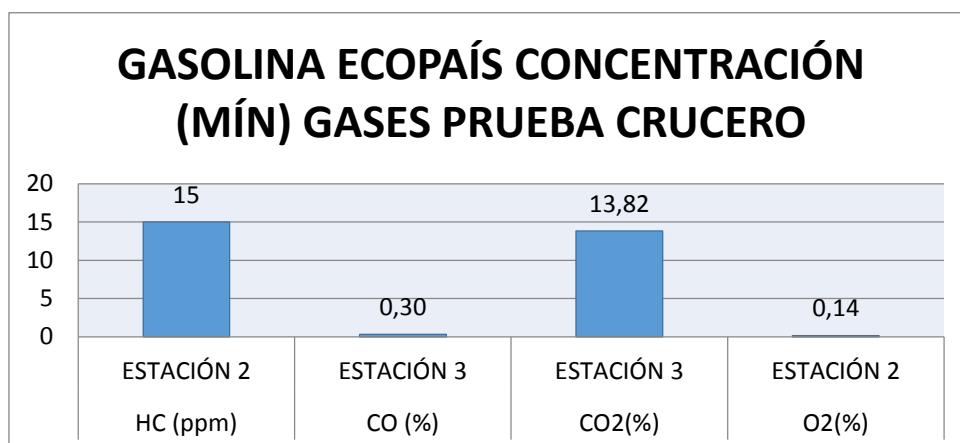


Figura 165. Emisiones (mín.) de gases estaciones de servicio

d. Concentraciones Máximas prueba Crucero

La figura 166, muestra las emisiones máximas de gases contaminantes producto de la combustión del motor. Al suministrar el motor con gasolina SÚPER de diferentes estaciones de servicio se puede evidenciar que la ESTACIÓN 4 posee mayores emisiones de HC con 52 ppm y de CO con un

valor del 0,54%. Por su parte la ESTACIÓN 2 es quien emite mayor cantidad de CO₂ con un 14,12%; la ESTACIÓN 1 emite mayor cantidad de oxígeno con un 0,69%.

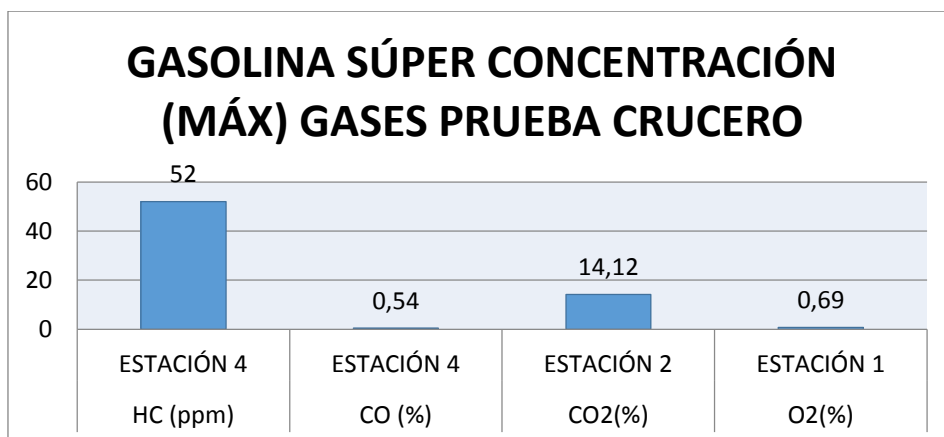


Figura 166. Emisiones (máx.) de gases estaciones de servicio

La figura 167, evidencia el máximo valor de emisiones de gases producto de la combustión del motor con gasolina EXTRA de 4 diferentes estaciones de servicio. La estación que mayores emisiones de HC, CO y O₂ emanados al ambiente es la ESTACIÓN 4 con valores máximos de 63 ppm, 0,53% y 0,63% respectivamente; siendo la ESTACIÓN 1 la que emana mayor cantidad de CO₂ con 14,11%.

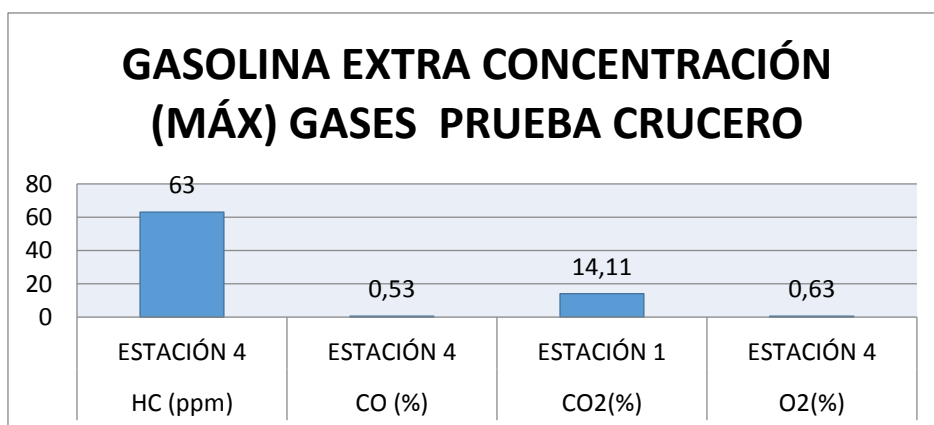


Figura 167. Emisiones (máx.) de gases de las estaciones de servicio

La figura 168, detalla la concentración de gases emanados por el motor producto de la combustión. Al comparar las emisiones de HC, CO, CO₂ y O₂ de 4 estaciones de servicio que suministraron al motor con gasolina ECOPAÍS se evidencia que la ESTACIÓN 3 es quien emana en mayor cantidad HC con 39 ppm y O₂ con 0,31%, por su parte la ESTACIÓN 4 emite

0,25 % de CO producto de la combustión del motor; mientras que la ESTACIÓN 2 al abastecer con gasolina Eco-país emite mayor cantidad CO₂ con un 14,09%.

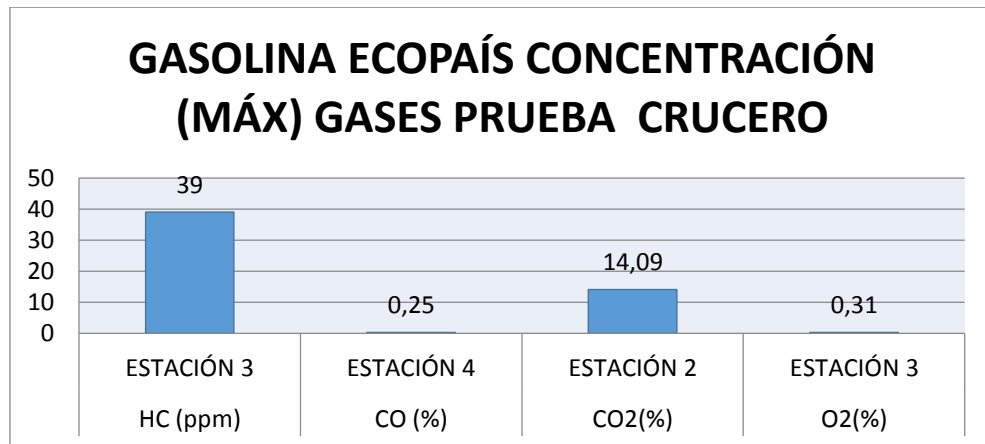


Figura 168. Emisiones máximas de gases estaciones de servicio

4.10. Datos del motor

En la tabla 43, se muestra los datos iniciales del motor Mazda F2 para los cálculos respectivos que a continuación se dará. En el ANEXO D6, se indica el glosario de términos para los siguientes cálculos del motor.

**Tabla 43
Datos del motor**

SIGNIFICADO	NOMECLATURA	VALOR	UNIDAD
Número de cilindros	i	4	
Tiempos del motor	τ	4	
Diámetro del cilindro	D	86	mm
Carrera del pistón	S	94	mm
Cilindrada Total	VH	2148	cc
Longitud de la biela	L	158,45	mm
Relación de compresión	ϵ	8,6	
Revoluciones máximas del motor	n	4500	rpm
Diámetro de la válvula de admisión	Dv	44	mm
Diámetro del pistón	Dp	85,943	mm

En la tabla 44, se muestra los valores para interpolación de algunos datos, para los siguientes cálculos.

Tabla 44
Parámetros para interpolación de datos

Significado	Nomenclatura	a		Ud.	Valor Obtenido
Cilindrada total	VH	1000	3000	cc	
	$\beta^2 + \xi^2$	2,5	4		3,3610
Relación de compresión	ϵ	6	9		
Coefficiente politrópico en compresión	n1	1,3	1,37		1,3607
Coefficiente politrópico en admisión	n2	1,23	1,3		1,2907
Temperatura máxima del ciclo	Tz	2500	2800	K	2760,00
Temperatura de los gases residuales	Tr	900	1000	K	957,40
Para el cálculo Pr		1,1	1,25		1,186

Para el cálculo de potencia y torque indicado se necesita algunos parámetros del ambiente y se indica en la tabla 45.

Tabla 45
Parámetros del ambiente

Significado	Nomenclatura	Valor	Unidad
Presión atmosférica	Po	0,0820	MPa
Densidad del aire	ρ_o	0,8660	kg/m ³
Temperatura ambiente	To	12	°C
Coefficiente de gases residuales	γ_r	0,060	
Variación de temperatura en el sistema	ΔT	20	
Coefficiente real de gases residuales	μ_r	1,075	
Coefficiente de redondeamiento	ϕ_i	0,97	

4.11. Cálculos para los parámetros del motor

En la tabla 46, se muestra cálculos de datos que se necesitan para el cálculo del ciclo termodinámico del motor Mazda F2, a la vez recalcar que es un motor de ciclo Otto (gasolina).

Tabla 46
Parámetros para cálculos de ciclo termodinámico

DATOS ENCONTRADOS PARA CÁLCULOS						
Parámetros	DATOS	VALOR	Ud.	FÓRMULA	VALOR CALCULADO	Ud.
Cilindrada Unitaria (Vh)	D	86	cm	$Vh = \frac{\pi * D^2 * S}{4}$	546,028	cm ³
	S	94	cm			
Radio de giro del cigüeñal (R)	S	94	mm	$R = \frac{S}{2}$	47,00	mm
Relación entre el radio del cigüeñal y la longitud de biela (R/L)	R	47,00	mm	$\frac{R}{L}$	0,2966	
	L	158,45	mm			
Velocidad angular del cigüeñal (w)	n	4500	rpm	$w = n * \frac{2\pi}{60}$	471,2389	rad/s
Presión de los gases residuales (Pr)	Para el cálculo	1,186		$Pr = (1,1 \dots 1,25)Po$	0,0973	MPa
	Po	0,0820	MPa			
Área de la sección de paso de válvula (fad)	Dv	44	mm	$fad = \pi * Dv^2$	0,00152	m ²
Velocidad máxima del pistón (Cpmax)	R	47,00	mm	$Cpmax = R * w * \sqrt{1 + \lambda^2}$	23,1021	m/s
	w	471,239	rad/s			
	R/L	0,2966				
Área de la cara del pistón (Fp)	Dp	85,943	mm	$Fp = \pi * Dp^2$	0,005801	m ²
Sección más estrecha del sistema de admisión y del cilindro (Wad)	Fad	0,00152	m ²	$Wad = Cpmax * \frac{Fp}{fad}$	88,1386	m/s
	Cpmax	23,1021	m/s			
	Fp	0,00580	m ²			

4.12. Cálculo del ciclo termodinámico del motor Otto (Mazda F2)

Para el ciclo Otto se necesita conocer los valores de las presiones y temperaturas de cada tiempo del motor, por lo que a continuación en la siguiente tabla se muestra lo valores obtenidos:

Tabla 47
Cálculo del ciclo Otto del motor Mazda F2

Parámetro	Dato	Valor	Ud.	Fórmula	Valor Calculado	Ud.
Presión al final de la admisión (Pa)	Po	0,0820	MPa	$Pa = Po - (\beta^2 + \xi^2) \frac{Wad^2}{2} (\rho o * 10^{-6})$	0,07073	MPa
	$\beta^2 + \xi^2$	3,361				
	Wad	88,1386	m/s			
	ρo	0,8660	kg/m ³			
Temperatura final de admisión (Ta)	To	12	°C	$Ta = \frac{To + \Delta T + \gamma r Tr}{1 + \gamma r}$	342,069	K
	ΔT	20				
	γr	0,060				
	Tr	957,40	K			

Presión al final de la compresión (Pc)	ϵ	8,6		$P_c = P_a \epsilon^{n1}$	1,3217	MPa
	N1	1,3607				
	P _a	0,07073	MPa			
Temperatura al final de la compresión (Tc)	T _a	342,0698	K	$T_c = T_a \epsilon^{n1-1}$	743,288	K
	ϵ	8,6				
	n1	1,3607				
Presión al final de la combustión (Pz)	μ_r	1,075		$P_z = \mu_r \frac{T_z}{T_c} P_c$	5,2760	MPa
	T _z	2760,00	K			
	T _c	743,288	K			
Presión al final de la expansión (Pb)	P _c	1,3217	MPa	$P_b = \frac{P_z}{\epsilon^{n2}}$	0,32823	MPa
	P _z	5,2760	MPa			
	ϵ	8,6				
Temperatura al final de la expansión (Tb)	n2	1,2907		$T_b = \frac{T_z}{\epsilon^{n2-1}}$	1476,66	K
	T _z	2760,00	K			
	ϵ	8,6				
Grado de elevación de la presión (λ)	n2	1,2907		$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$	3,9917	
	P _z	5,2760	MPa			
	P _c	1,3217	MPa			

4.13. Cálculo de potencia y torque indicado

En la tabla 48, se indica los valores encontrados de la potencia indicada con su respectivo torque, además de la presión, potencia efectiva y mecánica.

Tabla 48
Cálculo de potencia, presiones y torque

Parámetro	Dato	Valor	Ud.	Fórmula	Valor obtenido	Ud.
Presión media no redondeada (Pi nr)	P _a	0,07073	MPa	$P_{i nr} = P_a \frac{\epsilon^{n1}}{\epsilon - 1} \left(\frac{\lambda}{n2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n2-1}} \right) - \frac{1}{n1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n1-1}} \right) \right)$	0,85024	MPa
	ϵ	8,6				
	n1	1,3607				
	n2	1,2907				
	λ	3,9917				
Presión media indicada real (Pi)	Pi nr	0,850245	MPa	$P_i = P_{i nr} * \phi_i$	0,82474	MPa
	ϕ_i	0,97				
Trabajo indicado (Li)	V _h	546,028	cc	$L_i = P_i * V_h$	450,329	Nm
	P _i	0,824737	MPa			
Potencia indicada (Ni)	L _i	450,329398	N m	$N_i = \frac{P_{i nr} * V_h * n}{30 * \tau}$	90,5488	HP
	n	4500	rpm			
	i	4				
	τ	4				

Torque (M)	Ni	90,5488066		$M = Ni * w$	14,612	Kg m
	w	471,2389				
Velocidad media del émbolo (Vn)	n	4500	rpm	$Vn = \frac{n * S}{30}$	14,100	m/s
	s	94	mm			
Presión media de las pérdidas mecánicas (Pm)	Vn	14,100	m/s	$Pm = 0,04 + 0,0135 Vn$	0,230	MPa
Potencia de pérdidas mecánicas (Nm)	Pm	0,230	MPa	$Nm = \frac{Pm * i * Vh * n}{30 * \tau}$	25,29	HP
	Vh	546,028	cc			
	n	4500	rpm			
	i	4				
	τ	4				
Presión media efectiva (Pe)	Pm	0,23035	MPa	$Pe = Pi - Pm$	0,5944	MPa
	Pi	0,82474	MPa			
Potencia efectiva (Ne)	Pe	0,5944	MPa	$Ne = \frac{Pe * i * Vh * n}{30 * \tau}$	65,25	HP
	Vh	546,028	cc			
	n	4500	rpm			
	i	4				
	τ	4				

4.14. Cálculo de rendimientos

En la tabla 49, se muestra los cálculos para hallar los rendimientos del motor.

Tabla 49
Cálculo para rendimientos del motor

Parámetro	Dato	Valor	Ud.	Fórmula	Valor obtenido	Ud.
Rendimiento volumétrico (η_v)	ϵ	8,6		$\eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{Pa}{Po} \cdot \frac{To}{Ta(1 + \gamma r)}$	76,7255	%
	Po	0,0820	MPa			
	To	285,15	K			
	Pa	0,07073	MPa			
	Ta	342,0698	K			
	γr	0,060				
Cantidad de calor suministrado (q_1)	Tz	2760,000	K	$q_1 = 0,718(Tz - Tc)$	1447,99	KJ/Kg
	Tc	743,288	K			
Rendimiento indicado (η_i)	Li	450,3293	N m	$\eta_i = \frac{Li}{q_1}$	31,10	%
	q1	1447,999	KJ/Kg			
Rendimiento mecánico (η_m)	Ne	65,2584	HP	$\eta_m = \frac{Ne}{Ni}$	72,069	%
	Ni	90,5488066	HP			
Rendimiento efectivo (η_e)	η_m	72,0699	%	$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i$	22,4138	%
	η_i	31,1001	%			
Rendimiento térmico (η_t)	Tb	1476,6635	K	$\eta_t = 1 - \frac{Tb - Ta}{Tz - Tc}$	43,7404	%
	Ta	342,0698	K			
	Tz	2760,00	K			
	Tc	743,2881	K			

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos

5.1.1. Recursos humanos

En cuanto al recurso humano que arbitró en la realización del presente proyecto de titulación se enfatiza a docentes especializados en diferentes áreas técnicas, que colaboraron con su experiencia y conocimiento en las múltiples etapas que se puntualizan a continuación:

Adriana Isabel Quimbita	<i>Investigador y elaboración del proyecto.</i>
Edwin Xavier Guallichico	<i>Investigador y elaboración del proyecto.</i>
Ing. Leonidas Quiroz	<i>Tutor y elaboración del proyecto.</i>
Ing. Leonidas Quiroz	<i>Asesoría pruebas de análisis de gases.</i>
Ing. Alberto Naranjo	<i>Asesoría en pruebas de poder calorífico.</i>
Ing. Luis Mena	<i>Asesoría en cálculos del motor.</i>
Ing. Germán Erazo	<i>Asesoría de pruebas en el dinamómetro</i>
Ing. Germán Erazo	<i>Elaboración del trabajo de titulación</i>

5.1.2. Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos empleados en la investigación permitieron que el proyecto se lo realice de manera rápida y sencilla, en el transcurso de la realización de pruebas y tabulación de resultados que a continuación se detallaran:

Software MOTORROLL Banco de Potencia Calibración y control prueba

	de potencia y torque.
Software CARTEK	Calibración y control prueba de análisis de gases contaminantes
Microsoft Office (Word-Excel-Visio-Project)	Elaboración del escrito y tabulación de datos
Aplicación Android DS Speedometer	Registro del kilometraje, velocidad, ruta de las pruebas de consumo de combustible (Prueba de ruta.)

5.1.3. Recursos materiales

Hacen referencia a los elementos físicos utilizados para llevar a cabo la investigación tanto al inicio como al final del mismo, entre estos se detallan:

- Camioneta Mazda B-2200
- Caja de herramientas
- Equipos automotrices (Banco de rodillos, Analizador de Gases, Bomba Calorimétrica Adiabática, Termómetro digital de superficies)
- Equipos electrónicos de escritorio (Laptop, calculadora)

5.2. Presupuesto

Tabla 50
Presupuesto

Ord.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitaria	Costo/prueba	N° de pruebas	Costo Total
1	Puesta a punto del dinamómetro	1	Unidad	820	60	15	1720
PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES							
2	Sonda de gases	1	Unidad	74	3	15	271
3	Tanque de gas de calibración	1	Unidad	80			
4	Regulador de presión de aire	1	Unidad	72			
ABC CAMIONETA MAZDA B-2200							
5	Filtro de aire	1	Unidad	10			10
6	Filtro de combustible	1	Unidad	7			7
7	Aceite de motor	2	Galones	46			92
8	Bujías	6	Unidad	12			72
IMPLEMENTOS DE LABORATORIO							
9	Envases para combustibles líquidos	8	Unidad	28			224
10	Mangueras	4	Metros	30			120
11	Grasa automotriz	1	Unidad	20			20
12	Engrasador	1	Unidad	1			1
13	Guaype	10	Unidad	0,5			5
GASOLINAS							
14	SÚPER	6	Galones	2,26			13,56
15	EXTRA	6	Galones	1,48			8,88
16	ECOPAÍS	6	Galones	1,48			8,88
17	Viáticos	1	\$	80			80
IMPLEMENTOS DE ESCRITORIO							
18	Impresiones	250	Unidad	0,05			12,5
19	Copias	40	Unidad	0,02			0,8
TOTAL							2666,62

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el presente tema de investigación se definen las siguientes conclusiones y recomendaciones, con el fin de aportar un documento de sustento técnico y científico, que se use como fuente de información para investigadores, educadores y estudiantes de cualquier nivel académico. Todos los valores de variación de los diferentes parámetros del motor al utilizar gasolinas comerciales de 4 estaciones de servicio en el Ecuador son establecidos en comparación con los datos obtenidos.

6.1. CONCLUSIONES

- Una vez obtenidos los valores de poder calorífico superior e inferior de las gasolinas, se determinó que SÚPER de la ESTACIÓN 2, posee un aumento en su potencial energético de hasta el 3,692% en su PCS y un incremento del 9,694% en su PCI al ser comparado con el valor del PCS (47300 KJ/Kg) y PCI (44000 KJ/Kg) establecido en tablas, a comparación de las otras 2 gasolinas (EXTRA y ECOPAÍS).
- Por su parte la gasolina ECOPAÍS de la ESTACIÓN 4, presenta una disminución del 5,262% en su poder calorífico superior y la gasolina EXTRA de la ESTACIÓN 1, un incremento mínimo en su poder calorífico inferior del 0,09%.
- Todas las gasolinas de las cuatro estaciones de servicio evaluadas cumplen con el valor mínimo del número de octano registrado en la norma NTE INEN 935:2016 para cada gasolina, en concordancia con

el informe del Reporte Nro.: 209-2016, de las muestras analizadas en el Centro Nacional de Control de la Calidad de Hidrocarburos CNCCH, proporcionado por la ARCH, determina que las gasolinas: SÚPER presentan una elevación promedio del 1,489%, EXTRA un aumento del 1,471%; mientras que ECOPAÍS muestra un incremento del 2,059% en cuanto el número de octano.

- Al suministrar el motor con gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 1, presenta un incremento en el consumo específico de combustible de 58,673 g/KWh, mientras la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 4, muestra un mínimo consumo de combustible de 38,432 g/KWh una vez concluida la prueba de ruta a la que fue sometido el motor de la camioneta Mazda B – 2200.
- Se realizaron cálculos de los parámetros característicos del motor F2, donde se determinó la potencia indicada, donde se obtuvo un valor aproximado al de la ficha técnica, el resultado calculado fue de 90,55 HP, dando así una pérdida del 0,49%, al referenciarla con la ficha técnica.
- Una vez terminados los cálculos se obtuvo de potencia 90,55 HP; que se comparó con los valores máximos y mínimos adquiridas en las pruebas realizadas en el dinamómetro de rodillos, dando como resultado que ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3 tiene un incremento del 4,25%; mientras que al combinar SÚPER-EXTRA disminuye 3,62%, en comparación con la calculada.
- Se obtuvo un torque calculado de 14,61 Kg m; y se comparó con los valores adquiridos en las pruebas de torque, en el dinamómetro de rodillos, dando como resultado que ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3 y la mezcla de EXTRA-ECOPAÍS, disminuyen en 9,86% y 18%, respectivamente.
- El combustible ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3, ostenta un incremento de potencia del 3,736 % en comparación al valor de la ficha técnica del motor que indica que la potencia máxima es de 91 HP. Teniendo en

cuenta la potencia máxima que alcanzo el motor F2 al utilizar este combustible es de 94,4 HP.

- La ESTACIÓN 1, muestra variaciones en cuanto a la potencia entregada por el motor F2, al realizar una comparación entre gasolinas: SÚPER incrementa un 3,529% y un 0,57% vs el combustible EXTRA y ECOPAÍS respectivamente. Mientras que la gasolina EXTRA disminuye un 2,959% al compararla con ECOPAÍS.
- La ESTACIÓN 2, mostró sucesivas variaciones en cuanto a la potencia, al realizar una comparación entre gasolinas: SÚPER incrementó en 1,964% y disminuyó un 0,393% vs el combustible EXTRA y ECOPAÍS respectivamente. Mientras que la gasolina EXTRA reduce un 2,357% al compararla con ECOPAÍS.
- La ESTACIÓN 3, desplegó variaciones en cuanto a potencia, al realizar un cotejo entre gasolinas: SÚPER genera un incremento del 1,13% y una disminución de 2,895% vs el combustible EXTRA y ECOPAÍS respectivamente. Mientras que la gasolina EXTRA reduce un 4,025% al compararla con ECOPAÍS.
- La ESTACIÓN 4, evidenció variaciones en cuanto a los valores de potencia, al efectuar una medición entre gasolinas: SÚPER incrementa un 2,889% y 0,25% vs el combustible EXTRA y ECOPAÍS respectivamente. Mientras que la gasolina EXTRA reduce un 2,639% al cotejarla con ECOPAÍS.
- La gasolina ECOPAÍS de la ESTACIÓN 3, al alcanzar el torque máximo, presenta una pérdida del 19,30% en su valor de torque normal de (16,32 Kg.m), precisado en la ficha técnica del motor Mazda F2.
- La cantidad de hidrocarburos (HC) emanados por el motor producto de la combustión, al suministrar con las diferentes gasolinas comerciales al motor F2, arrojaron valores por debajo del valor límite de 200 ppm establecido en la norma NTE INEN 2204:2002 tanto en las pruebas a ralentí como crucero. Pero cabe mencionar que la gasolina EXTRA de

la ESTACIÓN 1, emanó 130 ppm de HC en las pruebas a ralentí, mientras que en las pruebas crucero, el mismo combustible pero de la ESTACIÓN 4, concentró una cantidad menor de 63 ppm de hidruros de carbono al medio ambiente.

- Las emisiones de CO emanadas por las gasolinas comerciales al proveer al motor F2, ostentaron valores por debajo del 1% en concentraciones de monóxido de carbono. En las pruebas a ralentí el valor máximo de emisiones de CO fue proporcionado por la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 1 con un 0,47% mientras que en las pruebas crucero la concentración de CO es de 0,54% por parte del mismo combustible pero de la ESTACIÓN 4.
- Por su parte la gasolina ECOPAÍS de la ESTACIÓN 2, presenta las menores concentraciones de monóxido de carbono con valor mínimo del 0,01% en las pruebas a ralentí, por su parte en las pruebas crucero el combustible EXTRA de ESTACIÓN 1 muestra una concentración del 0,12% en emisiones de CO.
- Existe una leve variación en las emisiones de CO₂ entre las diferentes gasolinas comerciales teniendo un valor mínimo y máximo de 13.52% por parte de la gasolina EXTRA de la ESTACIÓN 4 y 14.14% del mismo combustible pero de la ESTACIÓN 1 en condición de ralentí; de igual manera a velocidad crucero se tiene 13.56% por parte de la gasolina EXTRA de la ESTACIÓN 1 como mínimo y 14.12% del combustible SÚPER en la ESTACIÓN 2 el máximo; todos estos valores superan el mínimo del 7% en concentraciones de CO₂ establecido por la norma NTE INEN 2204:2002, siendo el rango de entre el 12% y 15%, donde el motor de combustión interna funciona correctamente, indicando que existe una buena eficiencia en la combustión.
- Las emisiones de O₂ en las prueba a ralentí indicaron que la gasolina SÚPER de la ESTACIÓN 2 tiene un mínimo en emisiones del 0,35% y un máximo de 0,87% en concentraciones de oxígeno, teniendo como

excepción una disminución de emisión de este gas del 0,14% al utilizar gasolina ECOPAÍS de la ESTACIÓN 2 y del 0,69% con SÚPER de la ESTACIÓN 1, cuando el motor fue sujeto a pruebas crucero.

- Una vez concluidas las pruebas al suministrar el motor F2, con las gasolinas comerciales a nivel nacional, se planteó comprobar que beneficios presenta en el motor, el combinar dos diferentes gasolinas comerciales. Se optó realizar mezclas al 50% tras recabar información de expendedores y usuarios de vehículos que comentan que lo más usual es abastecer al automotor con la mitad de gasolina SÚPER y la otra con EXTRA. Para lo cual se realizaron las siguientes mezclas SÚPER – EXTRA, SÚPER – ECOPAÍS y EXTRA – ECOPAÍS. Obteniendo los siguientes resultados:
- Los valores obtenidos del poder calorífico superior como inferior afirma que la mezcla SÚPER – EXTRA posee un incremento del 0,945% en el PCS y 6,862% en el PCI al compararlos con los valores expuestos en la tabla 7 (47300 KJ/Kg y 44000KJ/Kg) respectivamente.
- Por otro lado la mezcla SÚPER – ECOPAÍS muestran una disminución en el poder calorífico superior del 2,322% y un ligero incremento en el PCI del 3,419% en comparación con los valores de la tabla 7.
- El consumo específico de combustible aumenta al suministrar al motor con la mezcla SÚPER – EXTRA (64,036 g/KWh), necesitando consumir combustible en gran cantidad para que el motor genere mayor potencia.
- La mezcla SÚPER – ECOPAÍS al proveer al motor con este combustible proporciona una potencia máxima de 88,63 HP, mostrando una disminución del 2,60% en la potencia del motor al compararla con el valor máximo proporcionado en la ficha técnica de la camioneta Mazda B- 2200 que es de 91 HP.
- La mezcla SÚPER - ECOPAÍS proporciona un torque máximo de 12,16 Kg.m al ser provisto con este combustible, notando una

considerable disminución del 22,8% en el valor del torque normal indicado en la ficha técnica del motor (16,32 Kg.m).

- Las concentraciones mínimas de HC son de 7 ppm y 0% de CO producto de la combustión del motor F2 al suministrarlo con la mezcla SÚPER – EXTRA en las pruebas a ralentí, mientras que las máximas concentraciones de hidruros de carbono y monóxido de carbono son de 42 ppm y 0,13% respectivamente.
- La cantidad de CO₂ mínimo y máximo en las pruebas a ralentí varía entre 14,08% utilizando gasolina SÚPER – EXTRA y 14,31% con la mezcla SÚPER – ECOPAÍS, proporcionalmente.
- La mezcla EXTRA – ECOPAÍS posee un mínimo de emisiones de O₂ del 0,34% al medio ambiente, mientras que al proveer al motor con la combinación SÚPER – EXTRA emana un máximo de 0,59% en concentraciones de O₂.
- La cantidad mínima de HC son de 14 ppm y 0,08% de CO emanados producto de la combustión del motor al suministrarlo con la mezcla SÚPER – EXTRA en las pruebas crucero, mientras que las máximas concentraciones de hidruros de carbono y monóxido de carbono son de 35 ppm y 0,27% respectivamente.
- La cantidad de CO₂ mínimo y máximo en las pruebas crucero varían entre 13,96% utilizando gasolina SÚPER – EXTRA y 14,25% con la mezcla SÚPER – ECOPAÍS proporcionalmente, puesto que las concentraciones de CO₂ obtenidas se encuentra dentro del rango del 12% y 15% quiere decir que el motor funciona correctamente, indicando que existe una buena eficiencia en la combustión.
- La mezcla SÚPER – ECOPAÍS posee un mínimo de emisiones de O₂ del 0,15% al medio ambiente, mientras que al abastecer al motor con la mezcla SÚPER – EXTRA emana un máximo de 0,42% en concentraciones de O₂.
- Los resultados obtenidos con los combustibles a prueba, señalan que la gasolina ECOPAÍS tiene un incremento en potencia y torque pero

un decremento en poder calorífico, caso contrario en SÚPER y EXTRA, tiene un decremento en potencia, torque y en el poder calorífico un incremento superior al de la ECOPAÍS; por lo que existe contradicción a los principios ya establecidos; entre mayor poder calorífico exista, mejor rendimiento tendrá el motor; esta contradicción se debe a que existe una mejora del octanaje por la añadidura de etanol a la gasolina, por ende hay un mejor llenado en la cámara de combustión (gracias a una menor temperatura de la mezcla) y a la contribución de oxígeno de la molécula de etanol, que permite una mejor combustión y por tanto más energía de este proceso, se compensa en parte esta desventaja, y es por lo cual, los resultados del torque y potencia son superiores en la gasolina ECOPAÍS, a los obtenidos en iguales condiciones con SÚPER y EXTRA.

6.2. RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación de la factibilidad de combinar la gasolina SÚPER con diferentes porcentajes del volumen de agua $0-0.03-0.010 \text{ kg/m}^3$, en un motor de combustión interna ciclo Otto. Para generar un análisis comparativo en los parámetros característicos del motor al suministrar gasolina SÚPER y agua a un determinado %.
- Generar una investigación de materias primas, de las cuales se puedan extraer aditivos naturales compatibles con la gasolina EXTRA que mejoren el rendimiento del motor y disminuyan las concentraciones de gases contaminantes.
- Investigar el uso de los combustibles SÚPER, EXTRA y ECOPAÍS al suministrar a motores de altas y bajas relaciones de compresión.
- Comparar la influencia de tiene la gasolina ECOPAÍS al suministrar este combustible en motores turbo alimentados y de aspiración natural.

- Determinar la factibilidad mecánica y térmica de abastecer el vehículo con gasolina ECOPAÍS en motores preparados para vehículos competición.
- Para futuros trabajos de investigación, se puede realizar con compañeros de otras carreras, con el fin de aportar mejoras a los proyectos y así enriquecer los conocimientos de cada uno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. M. (2000). *Técnicas del Automóvil* (Décima ed.). Madrid: Paraninfo.
- Antón, J. L., Andrés, D. M., & Barrio, J. (2008). *Física y Química*. EDITEX.
- Arias, M. (2006). *Manual de Automóviles* (56 ed.). Madrid, España: CIE Dossat 2000.
- ASTM INTERNATIONAL. (2007). D 240-02. *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter*. United States: ASTM International.
- Bosch, R. (2003). *Técnica de gases de escape para motores de gasolina*. Plochingen: ROBERT BOSCH GMBH.
- Bosch, R. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Plochingen: ROBERT BOSCH GMBH.
- Castells, X. E. (2012). *Energía y transporte: Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Castro Vicente, M. (1998). *Nueva Enciclopedia del Automóvil: El motor de gasolina*. Barcelona, España: CEAC.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2006). *Termodinámica* (Quinta ed.), México, D.F.: MCGRAW-HILL Interamericana.
- Crouse, W. H. (1993). *Mecánica del automóvil* (Vol. II), México, D.F.: Marcombo.
- Crouse, W. H. (1996). *Motores del automóvil*. Barcelona: Alfaomega.
- Crouse, W., & Anglin, D. (2002). *Puesta a Punto y Rendimiento del Motor* (Tercera ed.). D.F., México, D.F.: Alfaomega.
- EP PETROECUADOR. (2014). *Hoja de Seguridad de Materiales Peligrosos*. Esmeraldas.
- GARY, J., & HANDWERH, G. (2003). *Refino de Petróleo*. España: Reverte.
- González, D. (2011). *Motores*. Madrid: Paraninfo.
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.
- Gupta, H. (2014). *FUNDAMENTALS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES* (Second ed.). Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Jóvay, M. S. (1982). *Motores del Automóvil*. Moscú: Mir.
- Lluch, J. (2012). *Tecnología y Margen de Refino del Petróleo*. España: DIAZ DE SANTOS.

- López, E., & Benito, V. (2012). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Editex.
- MAZDA. (Enero de 2003). Manual del Propietario: B-Series. Colombia: Banco de Ideas Publicitarias.
- Mena N., L. A. (2011). *Compilador de Ejercicios de Motores de Combustión Interna Diésel-Gasolina* (Primera ed.). Quito: IMPRENTA NUEVA AURORA.
- México Digital Comunicación. (2010). *Sistema de combustible con Carburador e Introducción a la Inyección Electrónica*. Ecatepec, México: Mecánica Automotriz Facil.
- Muñoz, E., & Grau, M. (2013). *Ingeniería Química*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Ocaña, A. (2000). *Tratado del automóvil: La técnica en los siglos XX-XXI*. España: Inversiones Editoriales.
- Olivera, M. A. (2013). *Diseño de un Dinamómetro de Chasis*. México, D.F.: UNAM.
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica* (Sexta ed.). México, D.F.: Pearson Educación de México.
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de Combustión Interna*. Madrid: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.
- Sánchez, M. (2012). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos*. Málaga: IC Editorial.
- Sanz, S. (2011). *Motores*. EDITEX.
- Schifter, I., & López, E. (2010). *Usos y abusos de las gasolinas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología* (Quinta ed., Vol. I). Barcelona, España: Reverté.
- TOYOTA MOTOR CORPORATION. (1991). *Sistema de Control de Emisiones* (Vol. IV). TOYOTA MOTOR CORPORATION.
- VOLSKWAGEN AG. (s.f.). *Emisiones de gases de escape de vehículos*. Wolfsburgo: Programa Autodidáctico 230.
- Waulquier, J. P. (2004). *Refino de petróleo*. Madrid, España: Diaz Santos. Recuperado el 07 de 09 de 2016
- Weininger, S. J., & Stermitz, F. R. (1988). *Química Orgánica*. Barcelona: Editorial Reverté.

NETGRAFÍA

- Alvarez Flores, J. A., & varios. (2005). *Motores alternativos de combustión interna* (Primera ed.). Barcelona: UPC. Recuperado el 08 de 09 de 2016, Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=RLDuW6HWXA0C&pg=PA301&dq=poder+calorifico+superior&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwih3u mlk4DPAhWPPB4KHZF2DpwQ6AEITzAJ#v=onepage&q=poder%20calorifico%20superior&f=false>
- Araujo, A. (2014). Cómo actuar ante la baja de octanaje de la gasolina. *EL COMERCIO*. Recuperado el 24 de 05 de 2016, Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/actuar-baja-de-octanaje-de.html>
- Barrow, G. (s.f.). *Química General*. Barcelona-Bogota-Buenos Aires-Caracas- México: Reveret,s.a. Recuperado el 21 de 11 de 2016, Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=DIHhLKy1JNwC&pg=PA465&lpg=PA465&dq=como+puedo+calcular+el+poder+calorifico+de+la+gasolina&source=bl&ots=VAyfPqOnt-&sig=xPKH177Btsi7sT0mJXM_hkWhcj0&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwjByoXirYPNAhUJ7SYKHT7zBfkQ6AEIITAB#v=onepage&q=co
- Brandemia. (2014). www.brandemia.org. Recuperado el Enero 25 de 2017, Obtenido de <http://www.brandemia.org/terpel-una-de-las-principales-cadenas-de-gasolineras-de-colombia-renueva-su-imagen>
- Carreras, R., Ándres, F., Callejón, I., Carrera, X., Balsells, D., Bonet, O., . . . Casanovas, J. (2005). *Motores alternativos de combustión interna* (Vol. I). Barcelona, España. Recuperado el 20 de 05 de 2016, Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=MENpBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=calculo+de+los+parámetros+característicos+del+motor+de+combustion+interna+gasolina&ots=9jqtD740Q9&sig=qkUDrKRfmhWd-VeE0viqdntuN1M#v=onepage&q&f=false>
- CARTEK. (2001). gnrepresentaciones.co. Recuperado el 25 de Mayo de 2016, Obtenido de <http://gnrepresentaciones.co/index.php/Analizador-de-Gases/Analizador-de-gases-para-gasolina-50-100-CARTEK.html>
- Cedrón, J. C., Landa, V., & Robles , J. (2011). *corinto.pucp.edu.pe*. Recuperado el 09 de Enero de 2017, Obtenido de <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/144-calculo-de-calor-de-reaccion-calorimetria.html>
- ECURED. (30 de Abril de 2013). [ecured.cu](http://www.ecured.cu). Recuperado el 30 de Mayo de 2016, Obtenido de http://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna

- EKOS Negocios. (17 de Noviembre de 2011). *www.ekosNegocios.com*. Recuperado el 11 de Febrero de 2017, Obtenido de <http://www.ekosnegocios.com/marcas/marcasEcuador.aspx?idMarca=41>
- EL COMERCIO. (2015). *especiales.elcomercio.com*. Recuperado el 06 de Marzo de 2017, Obtenido de <http://especiales.elcomercio.com/2015/10/gasolineras/#ubicacion>
- Encalada Cajisaca, F. R., & Ñauta Uzhca, P. G. (03 de 2010). Recuperado el 28 de 12 de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6115/1/UPS-CT001690.pdf>
- EP PETROECUADOR. (2015). *www.eppetroecuador.ec*. Recuperado el 06 de Marzo de 2017, Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/?p=1936>
- Fernández, J. (2009). *www.edutecne.utn.edu.ar*. Recuperado el 09 de Enero de 2017, Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/maquinas_termicas/01-poder_calorifico.pdf
- Google Earth. (13 de 01 de 2017). Recuperado el 25 de febrero de 2017, Obtenido de https://www.google.es/intl/es_es/earth/explore/products/mobile.html
- Guitox Sanz, L. (01 de Diciembre de 2011). *mecanicageneral*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de http://mecanicageneral.webcindario.com/info_catalizador.pdf
- Javier. (25 de Junio de 2012). *blogspot.com*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, Obtenido de <http://laboratorioautomotriz.blogspot.com/>
- Kraus, R. (27 de Julio de 2000). Recuperado el 05 de Enero de 2017, Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/78.pdf>
- LinkedIn. (2017). *www.linkedin.com*. Recuperado el 22 de Marzo de 2017, Obtenido de https://www.linkedin.com/company/masgas-s-a?trk=company_logo
- MASGAS. (2016). *www.masgas.com.ec*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, Obtenido de <Http://www.masgas.com.ec/wp-content/uploads/2016/08/AUDITORIA-AMBIENTAL-COMERCIALIZADORA-MASGAS-S.A..pdf> pagina 2
- Ministerio Coordinador de Producción, E. y. (17 de Marzo de 2016). *produccion.gob.ec*. Recuperado el 28 de Mayo de 2016, Obtenido de <http://www.produccion.gob.ec/ecopais/>
- Navarrete Córdova, M. A. (2009). *dspace.epoch.edu.ec*. Recuperado el 09 de 01 de 2017, Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/231/1/236T0018.pdf>

- NGK Spark Plug Europe. (2017). *www.ngk.de*. Recuperado el 10 de 01 de 2017, Obtenido de <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/normas-euro/>
- Paredes Madrid, V. (07 de 2015). Recuperado el 28 de 12 de 2016, Obtenido de [olade.org: http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/06/3-VICTOR-PAREDES-ESTADO-DEL-DESARROLLO-DE-BIOCOMBUSTIBLES-EN-EL-ECUADOR-.pdf](http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/06/3-VICTOR-PAREDES-ESTADO-DEL-DESARROLLO-DE-BIOCOMBUSTIBLES-EN-EL-ECUADOR-.pdf)
- Paredes Madrid, V. (07 de 2015). Recuperado el 25 de 11 de 2016, Obtenido de [olade.org: http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/06/3-VICTOR-PAREDES-ESTADO-DEL-DESARROLLO-DE-BIOCOMBUSTIBLES-EN-EL-ECUADOR-.pdf](http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/06/3-VICTOR-PAREDES-ESTADO-DEL-DESARROLLO-DE-BIOCOMBUSTIBLES-EN-EL-ECUADOR-.pdf)
- Penabad, L. R. (25 de 05 de 2015). *Noticias coches*. Recuperado el 16 de 01 de 2017, Obtenido de <http://noticias.coches.com/noticias-motor/euro-6/172545>
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. (s.f.). *quimica.uc.cl*. Recuperado el 28 de Mayo de 2016, de http://www.quimica.uc.cl/uploads/commons/images/f_indice%20de%20octano.pdf
- Red Tecnología MID. (30 de Agosto de 2014). *Red Tecnología MID*. Recuperado el 05 de Enero de 2017, Obtenido de http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-08-30_05-04-40109043.pdf
- REVISTA EXPRESO. (19 de 03 de 2014). Vehículos livianos en Ecuador consumieron 1,59M de barriles de gasolina extra en enero. *EXPRESO*. Recuperado el 25 de 03 de 2017, Obtenido de http://expreso.ec/economia/vehiculos-livianos-en-ecuador-consumieron-1-5-XUGR_5905665
- REVISTA LÍDERES. (01 de Junio de 2015). *revistalideres.ec*. Recuperado el 29 de Mayo de 2016, de <http://www.revistalideres.ec/lideres/mercado-gasolina-ecopais-ecuador.html>
- Tapia, E. (14 de 05 de 2015). Eco pais se comercializará a nivel nacional. *EL COMERCIO*. Recuperado el 25 de 03 de 2017, Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecopais-comercializacion-escala-nacional-ecuador.html>
- Universidad Abierta y a Distancia. (2009). *UNAD*. Recuperado el 06 de Enero de 2017, Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/250110/CORE/Modulo_/250110_EXE_completa/leccin_uno1.html
- Wachauf , D. (06 de Julio de 2016). *www.24-horas.mx*. Recuperto el 21 de 04 de 2017, Obtenido de <http://www.24-horas.mx/hasta-siete-millones-de-pesos-de-multas-para-verificentros-infografia/>

NORMAS

- ASTM INTERNATIONAL. (2007). D 240-02. *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter*. United States: ASTM International.
- INEN. (Agosto de 1998). NTE INEN 2 103:1998. *Derivados del petróleo. Determinación de las características antidetonantes. Método motor (MON) para gasolinas de motor y aviación*. Quito, Pichincha, Ecuador: INEN. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2102.1998.pdf>
- INEN. (Julio de 2000). NTE INEN 2203:2000. *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "Ralentí". Prueba estática*. Quito, Pichincha, Ecuador: INEN.
- INEN. (30 de Septiembre de 2002). NTE INEN 2204:2002. *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina., Primera*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- INEN. (Enero de 2010). NTE INEN 935:2010. *Gaolina. Requisitos*. Quito, Pichincha, Ecuador: INEN.

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:
ADRIANA ISABEL QUIMBITA PANCHI y EDWIN XAVIER GUALLICHICO
SUNTASIG

En la ciudad de Latacunga, a los: 17 días del mes de julio del 2017



.....
Ing. Leonidas Quiroz
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



.....
Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA



.....
Dr. Freddy Jaramillo
SECRETARIO ACADÉMICO