



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: PLAN DE MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO EN MOTORES
DE ENCENDIDO PROVOCADO (MEP) A BASE DE LOS GASES DE
ESCAPE**

AUTORA: ALEJANDRA MARICELA ANGAMARCA MANCHIMBA

DIRECTOR: ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS, MSc.

IBARRA, SEPTIEMBRE 2020

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

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

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "PLAN DE MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO EN MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO (MEP) A BASE DE LOS GASES DE ESCAPE" presentado por la señorita: Angamarca Manchimba Alejandra Maricela con número de cédula 100337378-2, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de septiembre del 2020.

Atentamente



Ing. Ignacio Benavides MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 100337378-2 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Angamarca Manchimba Alejandra Maricela | | |
| DIRECCIÓN: | Ibarra, San Francisco del Tejar calle 4 de octubre | | |
| EMAIL: | amangamarcam@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | 062510846 | TELÉFONO MÓVIL: | 0979032607 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-----------------------------|---|
| TÍTULO: | Plan de mantenimiento y diagnóstico en motores de encendido provocado (MEP) a base de los gases de escape |
| AUTOR (ES): | Angamarca Manchimba Alejandra Maricela |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 30/09/2020 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniera en Mantenimiento Automotriz |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Ignacio Benavides Msc. |

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 30 días del mes de septiembre del 2020

EL AUTOR:

Nombre: Alejandra Maricela Angamarca

DEDICATORIA

El presente trabajo se la dedico especialmente a mis padres Fausto Angamarca y Pastora Manchimba, por el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento y por enseñarme que con perseverancia y esfuerzo todo se puede lograr. Así también dedico este trabajo a mi esposo Fernando Limaico, a mis hijos Orly y Dylan y a mis hermanos Armando y Pamela que han sido el pilar fundamental para poder culminar mi tan anhelado objetivo.

Gracias por brindarme su amor incondicional y apoyo en todo momento.

Alejandra Angamarca M.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente a mis padres, esposo e hijos por brindarme su amor y por ser mi apoyo incondicional el transcurso de mis estudios superiores

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por haberme abierto las puertas del saber y haber permitido mi formación profesional.

Quiero agradecer también a mis maestros por compartir sus conocimientos y por sus consejos y de manera especial al Ing. Ignacio Benavides, tutor del presente trabajo, por su, paciencia, dedicación y motivación.

Alejandra Angamarca M.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----------|
| 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2. SITUACIÓN ACTUAL | 2 |
| 1.3. PROSPECTIVA | 2 |
| 1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.6. OBJETIVOS | 4 |
| 1.6.1. OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| 1.7. ALCANCE..... | 4 |
| 1.8. JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 1.9. CONTEXTO..... | 6 |
| 1.10. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI) | 7 |
| 1.11. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES..... | 8 |
| 1.12. MOTOR TIPO OTTO | 8 |
| 1.13. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE CICLO OTTO..... | 9 |
| 1.13.1. PRIMER TIEMPO: ADMISIÓN | 9 |
| 1.13.2. SEGUNDO TIEMPO: COMPRESIÓN | 10 |
| 1.13.3. TERCER TIEMPO: EXPANSIÓN | 10 |
| 1.13.4. CUARTO TIEMPO: ESCAPE | 11 |
| 1.13.5. CICLO TEÓRICO..... | 12 |
| 1.13.6. CICLO REAL..... | 12 |
| 1.14. RELACIÓN DE COMPRESIÓN (MEP) | 14 |
| 1.15. PAR DE TORSIÓN DEL MOTOR (MEP)..... | 15 |

| | |
|---|----|
| 1.16. POTENCIA DEL MOTOR (MEP) | 17 |
| 1.17. COMPRESIÓN (MEP)..... | 18 |
| 1.18. TORQUE (MEP) | 19 |
| 1.19. COMBUSTIBLE..... | 19 |
| 1.19.1. COMBUSTIBLE EN EL ECUADOR | 20 |
| 1.20. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y FUENTES DE EMISIONES | 21 |
| 1.20.1. EL AIRE Y SU COMPOSICIÓN | 21 |
| 1.20.2. EMISIONES PUNTUALES..... | 21 |
| 1.20.3. EMISIONES DIFUSAS | 22 |
| 1.20.4. EMISIONES INDUSTRIALES | 22 |
| 1.20.5. EMISIONES POR VEHÍCULOS | 22 |
| 1.21. PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS | 23 |
| 1.21.1. CONTAMINANTES FÍSICOS | 23 |
| 1.21.2. CONTAMINANTES QUÍMICOS | 23 |
| 1.22. TIPOS DE GASES CONTAMINANTES..... | 24 |
| 1.22.1. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)..... | 24 |
| 1.22.2. HIDROCARBUROS (HC)..... | 24 |
| 1.22.3. ÓXIDOS DE NITRÓGENO (N _{ox})..... | 25 |
| 1.23. TIPOS DE GASES NO CONTAMINANTES..... | 27 |
| 1.23.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)..... | 27 |
| 1.23.2. OXÍGENO (O ₂) | 28 |
| 1.23.3. FACTOR LAMBDA (λ) | 28 |
| 1.24. ENSAYOS..... | 30 |
| 1.24.1. PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTÁTICOS | 30 |
| 1.24.2. EQUIPOS | 31 |
| 1.25. NORMATIVA..... | 31 |
| 1.25.1 NORMATIVA REGULADORA ECUATORIANA | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 1.25.2. NORMATIVA INTERNACIONAL | 33 |
| 1.26. DIAGNÓSTICO | 34 |
| 1.26.1. DIAGNÓSTICO DE FALLAS | 34 |
| 1.26.2. OBD-II..... | 35 |
| 1.26.3. EMISIONES | 35 |
| 1.26.4. AFECTACIONES AL MOTOR | 36 |
| 1.26.5. REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR | 37 |
| 1.27. PLAN DE MANTENIMIENTO | 40 |
| 1.27.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO | 40 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 44 |
| 2.1. MATERIALES | 44 |
| 2.1.1. SELECCIÓN DE LOS VEHÍCULOS..... | 44 |
| 2.1.2. ANALIZADOR DE GASES MODELO AGS – 688 BRAIN BEE..... | 48 |
| 2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN..... | 50 |
| 2.2.1. MÉTODO DE MEDICIÓN..... | 51 |
| 2.2.2. MÉTODO ANALÍTICO | 51 |
| 2.3. MÉTODOS | 51 |
| 2.3.1 METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO | 52 |
| 2.3.2 ESPECIFICACIONES DEL LUGAR EN DÓNDE SE TOMÓ LAS PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES..... | 52 |
| 2.3.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE GASES | 53 |
| 2.3.4. PRUEBA EN RALENTÍ..... | 53 |
| 2.3.5. PRUEBA EN ACELERACIÓN | 54 |
| 2.3.6. COMO UTILIZAR EL ANALIZADOR DE GASES..... | 54 |
| 2.4. MEDICIONES DE GASES DE ESCAPE | 54 |
| 2.4.1. DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO NUEVO | 55 |
| 2.4.2. DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 35,670 KM..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.3. DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 157,708 KM..... | 58 |
| 2.4.4 DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 328,428 KM..... | 60 |
| 2.4.5 DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 406,058 KM..... | 62 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 65 |
| 3.1 FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA | 65 |
| 3.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN VEHÍCULO NUEVO | 65 |
| 3.2.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO NUEVO | 66 |
| 3.2.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM..... | 67 |
| 3.2.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM..... | 69 |
| 3.2.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM..... | 70 |
| 3.2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM..... | 71 |
| 3.3 PLAN DE DIAGNOSTICO | 73 |
| | 73 |
| 3.3.1 VEHÍCULOS CON CILINDRADA DE 1500 CC..... | 76 |
| 3.4 VALIDACIÓN DE LOS DATOS | 77 |
| 3.4.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL VEHÍCULO NUEVO..... | 77 |
| 3.4.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM | 80 |
| 3.4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM | 83 |
| 3.4.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM | 86 |
| 3.4.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM | 89 |

| | |
|--|------------|
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 93 |
| 4.1 CONCLUSIONES..... | 93 |
| 4.2 RECOMENDACIONES..... | 95 |
| 5. REFERENCIAS..... | 96 |
| 6. ANEXOS..... | 102 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1.1 REQUISITOS DE LA GASOLINA DE 87 OCTANOS (RON)..... | 20 |
| TABLA 1.2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE EMISIONES AL AIRE PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (MG/NM ³). | 26 |
| TABLA 1.3 COMBUSTIÓN A PORCENTAJE DE DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂ | 28 |
| TABLA 1.4 VALORES LÍMITES DE EMISIONES PERMITIDOS PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR A GASOLINA. MARCHA MÍNIMA O RALENTÍ (PRUEBA ESTÁTICA)..... | 32 |
| TABLA 1.5 LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA) * A PARTIR DEL AÑO MODELO 2000 (CICLOS AMERICANOS). | 33 |
| TABLA 1.6 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES DEL MÉTODO DINÁMICO..... | 34 |
| TABLA 1.7 COMPONENTES Y AFECTACIONES DEL MOTOR..... | 37 |
| TABLA 1.8 PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS PARA LA APROBACIÓN DE LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR | 39 |
| TABLA 1.9 MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR KILÓMETROS..... | 42 |
| TABLA 2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AVEO FAMILY..... | 45 |
| TABLA 2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ANALIZADOR DE GASES AGS – 688 BRAIN BEE. | 49 |
| TABLA 2.3 RANGOS DE MEDICIÓN..... | 50 |
| TABLA 2.4 CONDICIÓN ATMOSFÉRICA DE SAN MIGUEL DE IBARRA | 52 |
| TABLA 2.5 VEHÍCULO NUEVO | 55 |
| TABLA 2.6 VEHÍCULO USADO A 35,670 KM..... | 57 |
| TABLA 2.7 VEHÍCULO USADO A 157,708 KM..... | 59 |
| TABLA 2.8 VEHÍCULO USADO A 328,428 KM..... | 61 |
| TABLA 2.9 VEHÍCULO USADO A 406,058 KM..... | 63 |
| TABLA 3.1 COMPONENTES QUE MÁS INCIDEN EN LA FORMACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE | 75 |
| TABLA 3.2 PARÁMETROS ESTÁNDARES DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GASES EN RALENTÍ Y A 2500RPM. | 76 |

| | |
|---|----|
| TABLA 3.3 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO NUEVO EN RALENTÍ..... | 79 |
| TABLA 3.4 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO NUEVO A 2500 RPM..... | 79 |
| TABLA 3.5 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM A RALENTÍ..... | 82 |
| TABLA 3.6 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM A 2500 RPM..... | 82 |
| TABLA 3.7 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM A RALENTÍ..... | 85 |
| TABLA 3.8 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM A RALENTÍ..... | 85 |
| TABLA 3.9 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM EN RALENTÍ..... | 88 |
| TABLA 3.10 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM A 2500 RPM..... | 88 |
| TABLA 3.11 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM A RALENTÍ..... | 91 |
| TABLA 3.12 ESTADO ACTUAL DEL VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM A 2500 RPM..... | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1.1 PROCESO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA A ENERGÍA MECÁNICA..... | 7 |
| FIGURA 1.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA..... | 7 |
| FIGURA 1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES | 8 |
| FIGURA 1.4 PRIMER TIEMPO (ADMISIÓN) | 10 |
| FIGURA 1.5 SEGUNDO TIEMPO (COMPRESIÓN)..... | 10 |
| FIGURA 1.6 TERCER TIEMPO (EXPANSIÓN)..... | 11 |
| FIGURA 1.7 CUARTO TIEMPO (ESCAPE)..... | 11 |
| FIGURA 1.8 CICLO OTTO TEÓRICO | 12 |
| FIGURA 1.9 CICLO OTTO REAL | 13 |
| FIGURA 1.10 PAR MOTOR | 16 |
| FIGURA 1.11 RELACIÓN DE COMPRESIÓN | 18 |
| FIGURA 1.12 RELACIÓN DE COMPRESIÓN | 19 |
| FIGURA 1.13 COMPOSICIÓN DE AIRE “NORMAL” NO CONTAMINADO | 21 |
| FIGURA 1.14 TABLA ESTEQUIOMÉTRICA..... | 29 |
| FIGURA 2.1 KILOMETRAJE DE VEHÍCULO NUEVO | 46 |
| FIGURA 2.2 KILOMETRAJE DE VEHÍCULO USADO (A)..... | 46 |
| FIGURA 2.3 KILOMETRAJE DE VEHÍCULO USADO (B)..... | 46 |
| FIGURA 2.4 KILOMETRAJE DE VEHÍCULO USADO (C)..... | 47 |
| FIGURA 2.5 KILOMETRAJE DE VEHÍCULO USADO (D)..... | 47 |
| FIGURA 2.6 ANALIZADOR DE GASES MODELO AGS – 688 BRAIN BEE | 48 |
| FIGURA 3.1 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO NUEVO | 66 |
| FIGURA 3.2 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM..... | 68 |
| FIGURA 3.3 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM..... | 69 |
| FIGURA 3.4 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM..... | 70 |
| FIGURA 3.5 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM..... | 72 |
| FIGURA 3.6 METODOLOGÍA APLICADA AL PLAN DE DIAGNÓSTICO | 73 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 3.7 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO NUEVO | 77 |
| FIGURA 3.8 PARÁMETROS ESTÁNDARES DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GASES EN RALENTÍ Y A 2500RPM | 78 |
| FIGURA 3.9 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO CON 35,670 KM..... | 80 |
| FIGURA 3.10 PARÁMETROS ESTÁNDARES DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GASES EN RALENTÍ Y A 2.500RPM..... | 81 |
| FIGURA 3.11 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO CON 157,708 KM..... | 83 |
| FIGURA 3.12 PARÁMETROS ESTÁNDARES DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GASES EN RALENTÍ Y A 2500RPM..... | 84 |
| FIGURA 3.13 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO CON 328,428 KM..... | 87 |
| FIGURA 3.14 PARÁMETROS ESTÁNDARES DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GASES EN RALENTÍ Y A 2500RPM..... | 87 |
| FIGURA 3.15 PROMEDIO DE GASES DE ESCAPE VEHÍCULO USADO CON 406,058 KM..... | 90 |
| FIGURA 3.16 PARÁMETROS ESTÁNDARES DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GASES EN RALENTÍ Y A 2500RPM..... | 90 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| FIGURA A I 1 ANALIZADOR DE GASES MODELO AGS – 688 BRAIN BEE..... | 103 |
| FIGURA A I 2 VEHÍCULO PARA PRUEBA DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE 35,670 KM | 103 |
| FIGURA A I 3 VEHÍCULO PARA PRUEBA DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE 406,058 KM | 104 |
| FIGURA A I 4 TOMA DE DATOS CON EL ANALIZADOR DE GASES | 104 |
| FIGURA A I 5 VERIFICADOR DE TIPO DE ACEITE | 105 |
| FIGURA A I 6 ANÁLISIS DE ACEITE MULTIGRADO SAE 15W40 API..... | 105 |

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo principal elaborar un plan de mantenimiento y diagnóstico para un motor de encendido provocado (MEP), en base al análisis de los gases de escape, para lograr el objetivo se utilizó la prueba de análisis de gases de escape en estado estático realizadas en 5 vehículos: un vehículo nuevo, marca Aveo, modelo Family 1.5 litros de cilindrada y cuatro vehículos usados, marca Aveo, modelo Family 1.5 con 35670; 157708, 328428 y 406058 kilómetros de recorrido; las pruebas se realizó en la ciudad de Ibarra, con una altura de 2225 m.s.n.m. y una presión atmosférica de 78,5 KPa. El diagnóstico sobre las emisiones de gases contaminantes no requiere de el desmontaje del motor, ni de sus componentes, únicamente se debe cumplir con el protocolo de medición para la obtención de los datos por medio de un analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee; las pruebas de análisis de gases se las realizaron en estado estático, con el motor en ralentí y a 2500 rpm, tanto para el vehículo nuevo, como para los vehículos usados. Gracias al instructivo de revisión técnica vehicular se logró establecer los parámetros estándares de emisiones de gases en ralentí de: 0 a 1,2 % Vol. (CO); 0 a 250 % ppm (HC); 0 a 3 % Vol. (O₂) y a 2500 rpm de: 0 a 1,2 %Vol. (CO); 0 a 250 % ppm (HC); 0 a 3 % Vol. (O₂). Por otro lado, tenemos los datos del vehículo nuevo para analizar y comparar con los parámetros estándares, en ralentí: 0.01 % Vol. (CO); 14,9 % Vol. (CO₂); 4,28 ppm (HC); 0,35 % Vol. (O₂); 1,015 ppm (NOX) y a 2500 rpm de: 0 Vol. (CO); 15 % Vol. (CO₂); 3,42 ppm (HC); 0,35 % Vol. (O₂); 1,005 ppm (NOX). Datos del vehículo usado (a) en ralentí: 0 % Vol. (CO); 15.2 % Vol. (CO₂); 1,71 ppm (HC); 0,22 % Vol. (O₂); 1,009 ppm (NOX) y a 2500 rpm de: 0 Vol. (CO); 14,9 % Vol. (CO₂); 1,14 ppm (HC); 0,76 % Vol. (O₂); 1,039 ppm (NOX). Datos del vehículo usado (b) en ralentí: 0.01 % Vol. (CO); 14,9 % Vol. (CO₂); 4,28 ppm (HC); 0,35 % Vol. (O₂); 1,015 ppm (NOX) y a 2500 rpm de: 0 Vol. (CO); 15 % Vol. (CO₂); 3,42 ppm (HC); 0,35 % Vol. (O₂); 1,005 ppm (NOX). Datos del vehículo usado (c) en ralentí: 0,16 % Vol. (CO); 14,8 % Vol. (CO₂); 30,57 ppm (HC); 0,44 % Vol. (O₂); 1,014 ppm (NOX) y a 2500 rpm de: 0,18 Vol. (CO); 14,7 % Vol. (CO₂); 31 ppm (HC); 0,67 % Vol. (O₂); 1,024 ppm (NOX). Datos del vehículo usado (d) en ralentí: 0.59 % Vol. (CO); 14,2 % Vol. (CO₂); 143,42 ppm (HC); 1,52 % Vol. (O₂); 1,047 ppm (NOX) y a 2500 rpm de: 0,56 Vol. (CO); 14,5 % Vol. (CO₂); 98,85 ppm (HC); 0,88 % Vol. (O₂); 1,019 ppm (NOX).

ABSTRACT

The main objective of the present research work was to develop a maintenance and diagnosis plan for a provoked ignition engine (MEP), based on the analysis of the exhaust gases, to achieve the objective the exhaust gas analysis test was used in static state carried out on 5 vehicles: a new vehicle, Aveo brand, Family model 1.5 liters of cylinder capacity and four used vehicles, Aveo brand, Family 1.5 model with 35670; 157708, 328428 and 406058 kilometers of travel; The tests were carried out in the city of Ibarra, with a height of 2225 meters above sea level and an atmospheric pressure of 78.5 KPa. The diagnosis of polluting gas emissions does not require disassembling the engine, or its components, It is only necessary to comply with the measurement protocol for obtaining the data by means of a gas analyzer model AGS - 688 Brain Bee; The gas analysis tests were carried out in a static state, with the engine idling and at 2500 rpm, both for the new vehicle and for the used vehicles. Thanks to the vehicle technical review instructions, it was possible to establish the standard parameters for idling gas emissions of: 0 to 1.2% Vol. (CO); 0 to 250% ppm (HC); 0 to 3% Vol. (O₂) and at 2500 rpm from: 0 to 1.2% Vol. (CO); 0 to 250% ppm (HC); 0 to 3% Vol. (O₂). On the other hand, we have the data of the new vehicle to analyze and compare with the standard parameters, at idle: 0.01% Vol. (CO); 14.9% Vol. (CO₂); 4.28 ppm (HC); 0.35% Vol. (O₂); 1,015 ppm (NOX) and at 2500 rpm of: 0 Vol. (CO); 15% Vol. (CO₂); 3, 42 ppm (HC); 0.35% Vol. (O₂); 1.005 ppm (NOX). Vehicle data used at idle: 0% Vol. (CO); 15.2% Vol. (CO₂); 1.71 ppm (HC); 0.22% Vol. (O₂); 1.009 ppm (NOX) and at 2500 rpm of: 0 Vol. (CO); 14.9% Vol. (CO₂); 1.14 ppm (HC); 0.76% Vol. (O₂); 1,039 ppm (NOX). Used vehicle data (b) at idle: 0.01% Vol. (CO); 14.9% Vol. (CO₂); 4.28 ppm (HC); 0.35% Vol. (O₂); 1,015 ppm (NOX) and at 2500 rpm of: 0 Vol. (CO); 15% Vol. (CO₂); 3.42 ppm (HC); 0.35% Vol. (O₂); 1.005 ppm (NOX). Used vehicle data (c) at idle: 0.16% Vol. (CO); 14.8% Vol. (CO₂); 30.57 ppm (HC); 0.44% Vol. (O₂); 1,014 ppm (NOX) and at 2500 rpm of: 0.18 Vol. (CO); 14.7% Vol. (CO₂); 31 ppm (HC); 0.67% Vol. (O₂); 1,024 ppm (NOX). Used vehicle data (d) at idle: 0.59% Vol. (CO); 14.2% Vol. (CO₂); 143.42 ppm (HC); 1.52% Vol. (O₂); 1, 047 ppm (NOX) and at 2500 rpm of: 0.56 Vol. (CO); 14.5% Vol. (CO₂); 98.85 ppm (HC); 0.88 Vol.% (O₂); 1,019 ppm (NOX).

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se realizó las mediciones mediante el análisis de los gases de escape en vehículos de MEP, ya que por medio de este análisis se logró determinar los valores de monóxido de carbono CO, hidrocarburos no combustionados HC, oxígeno O₂, dióxidos de carbono CO₂ y los óxidos de nitrógeno NO_x, estos gases son consecuencia del motor y de los componentes que no están trabajando de forma correcta, y por este motivo dan paso a la creación de estos gases; esta es una manera de identificar el problema y a la vez una solución. Este análisis se realizó en cinco vehículos marca Chevrolet Aveo modelo Family 1.5 porque se encuentran más en el mercado.

La presente investigación se enfocó principalmente en un plan de mantenimiento y diagnóstico basado en los gases que son expulsados por el conducto de escape como son (CO, HC, O₂, CO₂, NO_x y el factor lambda), para poder reducir el tiempo de diagnóstico y encontrar el daño del componente mediante el analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee y comparar los resultados obtenidos con la tabla de parámetros estándares establecidos por el instructivo de revisión técnica vehicular para poder reducir los niveles de emisiones contaminantes y mejorar la calidad de vida de las personas.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. ANTECEDENTES

De acuerdo a estudios realizados a nivel mundial se sabe que los gases expulsados por el tubo de escape de los vehículos es una causa importante de contaminación del medio ambiente. Los vehículos contaminan por tres causas principales como son: las emisiones de gases contaminantes que producen los motores de combustión interna; el alto consumo de combustible, y por los residuos generados durante su reparación o mantenimiento (Corcobado, 2017).

Si la combustión que se realiza en los motores de encendido provocado no es quemada en su totalidad dentro de la cámara de combustión, consecuentemente los gases expulsados del tubo de escape hacia la atmósfera serán nocivos para la salud de las personas, como para el medio ambiente.

Desde la aparición de la Euro 1 en 1991, la Unión Europea ha ido estableciendo nuevas reglamentaciones más estrictas en cuanto a los valores límite de emisiones contaminantes para los motores de gasolina y diésel de los turismos y de los vehículos comerciales ligeros, hasta llegar a la actual Euro 5 y futura Euro 6 (Sánchez Hernández, 2015).

En el año 1992 se impone a todos los fabricantes de vehículos europeos, someterse a la normativa Euro 1 que obligaba a reducir las emisiones a vehículos que usan combustibles fósiles (Fundación Vida Sostenible.org, 2016). Evitando que salgan al medio ambiente emisiones contaminantes en porcentajes elevados de CO, HC y NO_x, incluyendo las de evaporación de combustible como de aceite en el cárter del motor.

La norma Euro 5 está vigente desde el 1 de septiembre de 2009, en lo que respecta a homologaciones, y será válida a partir de enero de 2011, en lo que se refiere a la

matriculación y venta de las nuevas clases de vehículos, pero permanecerá en vigor hasta el 1 de septiembre del 2014 en temas de homologación. La Euro 6 será vigente a partir del 1 de septiembre del 2015 (Sánchez Hernández, 2015).

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

La normativa Euro III se encuentra implementada desde el año 2000, pero en Ecuador se ha venido empleando solamente la Euro I desde 1992, esta normativa obligaba a la disminución de emisiones contaminantes para vehículos a gasolina. Por eso el Gobierno, resolvió que era necesario realizar una mejora a la normativa. El 10 de enero del 2017, se publicó la nueva Resolución del Ministerio de Industrias. Esta contiene el reglamento sobre control de emisiones contaminantes que provienen de fuentes móviles terrestres (vehículos). Con ello, los motores de los vehículos ensamblados en Ecuador e importados en el país deben cumplir con la normativa Euro III (Redacción Negocios y Sierra Centro, 2017).

En el Ecuador no se pueden alcanzar normativas Euro IV, Euro V y mucho menos una Euro VI por la baja calidad de combustibles que tenemos en nuestro país, este tipo de combustible no permite que los vehículos que ingresan al Ecuador con normativas Euro IV, Euro V funcionen correctamente.

Las condiciones de aire han mejorado en algunos parámetros y se han mantenido en otros, gracias a factores como la revisión vehicular (Guerrero, 2014).

1.3. PROSPECTIVA

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y en particular del dióxido de carbono (CO₂), ha llevado al sector automotriz al desarrollo de nuevas

tecnologías, que en su mayor parte están en fase de investigación y desarrollo, así como a la utilización de combustibles alternativos a la gasolina y el diésel (Ortiz, 2010).

La base del presente estudio es básicamente la reducción de los niveles de emisiones contaminantes que emiten los motores de encendido provocado (MEP), para evitar el calentamiento global y el cambio climático que estos gases producen para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La emisión de los gases nocivos como el Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos no quemados (HC) y oxígeno (O₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) son expulsados al ambiente por medio de los vehículos. Los motores de combustión interna que utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento, generan gran cantidad de dióxido de carbono además de otros gases como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, compuestos de plomo, anhídrido sulfuroso y partículas sólidas. Esta contaminación, además de contribuir al calentamiento global, provoca problemas cada vez más graves y extendidos en la salud de las personas (Respiro, 2013).

El crecimiento excesivo del parque automotriz ha hecho que cada vez sea más la contaminación por dióxido de carbono CO₂ emitidos al ambiente y por consecuencia tengamos cambios climáticos muy graves.

1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Plan de mantenimiento y diagnóstico en motores de encendido provocado (MEP) a base de los gases de escape.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de mantenimiento y diagnóstico para un motor de encendido provocado (MEP) en base al análisis de los gases de escape.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los gases de escape en un MEP 0 km y cuatro motores con un kilometraje variado a los 100.000 km.
2. Establecer parámetros estándares de funcionamiento para un motor de encendido provocado (MEP).
3. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para un motor de encendido provocado (MEP).

1.7. ALCANCE

Se realizará la elaboración de un plan de mantenimiento y el diagnóstico en un motor de encendido provocado (MEP) en base al análisis de los gases de escape; la elaboración de este plan de mantenimiento se lo hará siguiendo la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan

gasolina como combustible y la Normativa Ecuatoriana NTE INEN 2204: 2002, Que establece límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan gasolina.

Para efectuar el análisis de los gases de escape se lo hará en un vehículo a gasolina, marca Chevrolet modelo Aveo Family 0 Km, y se tomará una comparativa utilizando cuatro vehículos, marca Chevrolet modelo Aveo Family con kilometrajes superiores a los 100,000 km y así poder obtener datos para un análisis complejo de emisiones de gases de escape.

Los gases que se analizarán son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC) y oxígeno (O₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y el factor lambda (λ).

1.8. JUSTIFICACIÓN

Al elaborar un plan de mantenimiento, se contribuirá a crear una costumbre de prevención para el cuidado de los motores de encendido provocado (MEP), con el único objetivo de reducir en lo mínimo los gases contaminantes que son expulsados al medio ambiente provocando un cambio climático y afecciones a la salud.

Según el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, el total nacional de emisiones asciende a cuatrocientos millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂); en dieciséis años hubo un incremento porcentual del 54,6% (MAE, 2006).

Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, continúa siendo sumamente importante para garantizar el derecho humano a vivir en un ambiente sano, pilar fundamental en la sociedad del buen vivir.

El plan nacional de calidad del aire, cuyo objetivo principal es alcanzar una gestión ambiental adecuada de la calidad del recurso aire para proteger la salud humana.

Dentro de este marco, en el Ecuador se viene monitoreando la calidad del aire en diez ciudades del país a partir del parámetro Material Particulado (PM). De acuerdo a los

estándares establecidos en la norma de calidad del Aire Ambiental, se registra valores fuera de rango (Buen Vivir Plan Nacional, 2013 - 2017).

1.9. CONTEXTO

En 2010, la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (Corpaire) tuvo la iniciativa de colocar catalizadores a los vehículos este proyecto se denominado “Retrofit”; estaba orientado principalmente a reducir la opacidad de los motores diésel de las flotas de buses y camiones. No obstante, la Corpaire fue liquidada en 2011 y el proyecto llegó a su fin.

Hasta junio del 2017, personal de la Agencia Metropolitana de Tránsito ha realizado revisiones aleatorias de opacidad y condiciones físicas a 10.523 vehículos.

Hasta el 25 de julio del 2017 se han presentado a la Revisión Técnica Vehicular 274.415 carros, de los cuales aprobaron 260.999. En 2016, de los 432.938 que se presentaron al test, 421.973 aprobaron.

La Revisión Técnica Vehicular es un proceso que permite, mediante el uso de equipos de diagnóstico automotriz gobernados por sistemas informáticos, la ejecución de pruebas a vehículos automotores (Redacción País Adentro, 2017).

En el Municipio Ibarra decían que en 2010 se implementaría un sistema de emisión de control de gases. Los automóviles son responsables del 70% de las emisiones tóxicas de la ciudad El 30% restante corresponde a la industria.

En la capital del país se instalaron equipos de monitoreo en diferentes puntos de la ciudad y actualmente llevan a cabo un ambicioso proyecto: la creación de un software que permita hacer predicciones sobre la calidad del aire (Imbabura, 2009).

Por ese motivo en la ciudad de Ibarra se está implementando un centro de revisión técnica vehicular (RTV), para así poder controlar las emisiones de gases contaminantes.

1.10. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)

El motor de combustión interna alternativo de encendido provocado, es el encargado de transformar la energía termoquímica del combustible (gasolina) en energía mecánica, misma que posteriormente será utilizada para producir el desplazamiento del automóvil. La característica fundamental de este motor es que el inicio de la combustión se produce un aporte de energía externo al ciclo termodinámico, al hacer saltar una chispa en los electrodos de la bujía, debiendo producirse en el momento adecuado para conseguir que el proceso de combustión sea lo más eficiente posible (Rivera, Chica, Zambrano , & García , 2017).

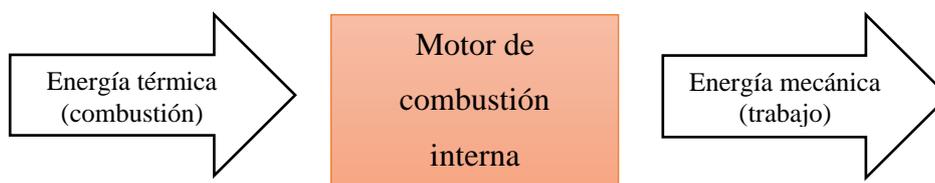


Figura 1.1. Proceso de conversión de energía térmica a energía mecánica

Figura 1.1 Proceso de conversión de energía térmica a energía mecánica

En el motor de combustión interna, la combustión se produce en su interior en el que, el ciclo de trabajo y la transmisión de fuerza se produce mediante el desplazamiento lineal y repetitivo de un émbolo o pistón, la transformación de la fuerza lineal generada por la presión de los gases tras la combustión en un par motor giratorio se realiza a través de un mecanismo biela – manivela (González Calleja, 2016).



Figura 1.2. Motor de combustión interna

Figura 1.2 Motor de combustión interna

1.11. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES

Existen varios criterios para la clasificación de los motores, a continuación, se realiza una somera clasificación que abarca aspectos funcionales y físicos de los motores empleados en la automoción.

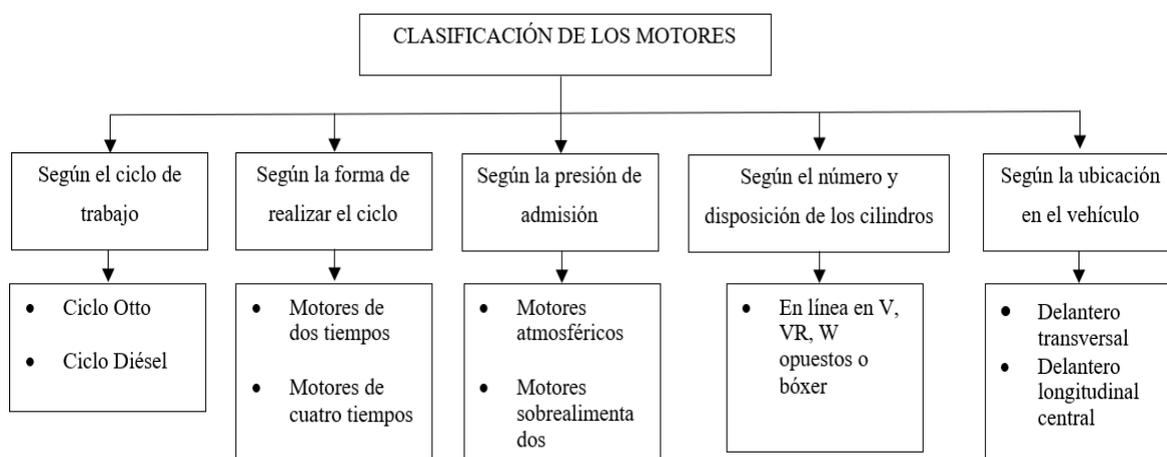


Figura 1.3. Clasificación de los motores

Figura 1.3 Clasificación de los motores

1.12. MOTOR TIPO OTTO

El motor de ciclo Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto. El motor convencional del tipo Otto es de 4 tiempos; el proceso de combustión en estos motores se da al obtener una mezcla gaseosa de aire con gasolina, posteriormente se enciende esta mezcla por medio de una chispa. “La combustión perfecta expulsa al ambiente dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) los cuales no son tóxicos, esta combinación se produce al tener una mezcla estequiométrica, es decir se necesita 14,7 gramos de aire para combustionar completamente un gramo de combustible teóricamente (Vintimilla Jarrín P. , 2015).

El motor durante su funcionamiento experimenta diferentes estados, no siempre se consigue la mezcla estequiométrica, es decir que no se da una combustión completa, por lo que se liberan otros gases como monóxidos de carbono (CO), hidrocarburos (HC), y óxidos de

nitrógeno (NO_x). Estos a diferencia de los anteriores, si son tóxicos y dependiendo de qué tan incompleta sea la combustión, mayor será la cantidad de gases tóxicos expulsados al ambiente (Vintimilla Jarrín P. , 2015).

1.13. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE CICLO OTTO

Los gases quemados de los motores de ciclo Otto son expulsados por el tubo de escape y son sustituidos por una nueva porción de mezcla tras cada carrera de combustión, todo ello se produce según el principio de los cuatro tiempos.

1.13.1. PRIMER TIEMPO: ADMISIÓN

En la primera fase, el pistón se desplaza hasta el punto muerto inferior (PMI), y la válvula de admisión se mantiene abierta, permitiendo que se aspire la mezcla aire – combustible hacia dentro del cilindro mientras el pistón realiza una carrera descendente (Wikipedia, 2020). Hasta este momento el cigüeñal ha girado 180° y el árbol de levas 90° , como se muestra en la figura 1.4.

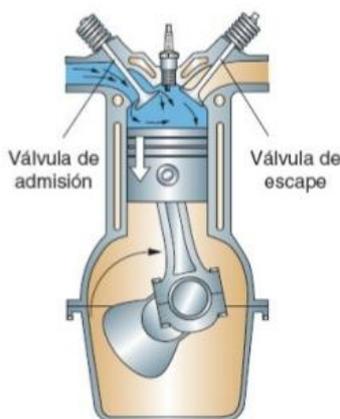


Figura 1.4 Primer tiempo (Admisión)

Figura 1.4 Primer tiempo (Admisión)

1.13.2. SEGUNDO TIEMPO: COMPRESIÓN

Durante la segunda fase las válvulas de admisión y de escape permanecen cerradas y el pistón se mueve hacia el punto muerto superior (PMS), comprimiendo la mezcla de aire – combustible (Wikipedia, 2020). En esta fase el cigüeñal ha girado 360° y el árbol de levas 180° , como se muestra en la figura 1.5.

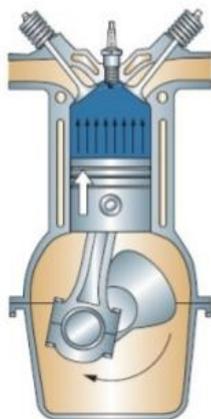


Figura 1.5 Segundo tiempo (Compresión)

Figura 1.5 Segundo tiempo (Compresión)

1.13.3. TERCER TIEMPO: EXPANSIÓN

Durante la tercera fase, una chispa en la bujía enciende la mezcla y se produce la combustión de la mezcla, liberando energía que provoca la expansión de los gases y el movimiento del pistón hacia el punto muerto inferior (PMI) (Wikipedia, 2020). En esta fase el cigüeñal ha girado otros 180° y el árbol de levas 90° , como se muestra en la figura 1.6.

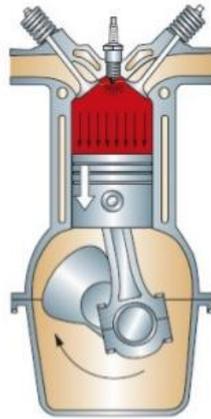
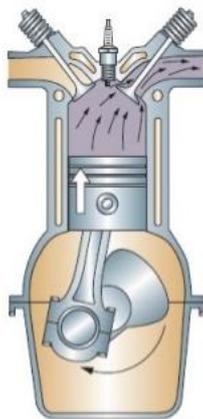


Figura 1.6 Tercer tiempo (Expansión)

Figura 1.6 Tercer tiempo (Expansión)

1.13.4. CUARTO TIEMPO: ESCAPE

En la cuarta fase, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia el punto muerto superior (PMS), expulsando los gases producidos durante la combustión y preparándose para empezar un nuevo ciclo de trabajo (Wikipedia, 2020). En esta fase el cigüeñal ha girado otra media vuelta o 360° más y el árbol de lavas 180° ; con cada ciclo del motor de cuatro tiempos, el pistón realiza cuatro carreras y el cigüeñal gira dos veces, como se muestra en la figura 1.7.



Figuro 1.7 Cuarto tiempo (Escape)

Figura 1.7 Cuarto tiempo (Escape)

1.13.5. CICLO TEÓRICO

El ciclo teórico es un ciclo ideal del motor de encendido provocado (MEP) y está representado mediante un diagrama de presión vs volumen expresado en la figura 1.5, este diagrama muestra el ciclo completo de trabajo.

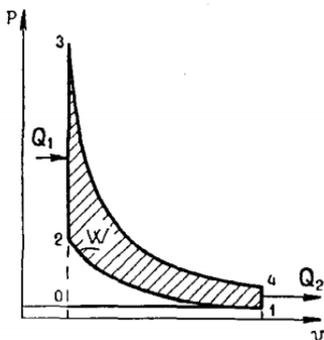


Figura 1.8 Ciclo Otto teórico

Figura 1.8 Ciclo Otto teórico

Los ciclos de trabajo son:

- 0-1. _ Isobara: Admisión a presión constante de la mezcla.
- 1-2. _ Adiabática: Compresión de la mezcla.
- 2-3. _ Isocora: Salto de chispa y combustión instantánea de la mezcla. Q_1
- 3-4. _ Adiabática: Expansión de la carrera de trabajo.
- 4-1. _ Isocora: Extracción instantánea del calor. Q_2
- 1-0. _ Escape de los gases de combustión.

1.13.6. CICLO REAL

El funcionamiento del ciclo real, se ve registrado en el diagrama de presión vs volumen que se muestra en la figura 1.9. Este diagrama refleja las condiciones reales del ciclo y por lo tanto tiene en cuenta también las pérdidas de calor, la duración de la combustión, las pérdidas

debidas al rozamiento en el fluido, a la duración del tiempo de apertura de las válvulas, al tiempo de encendido, al tiempo de inyección, y las pérdidas en el escape (Giacosa, Motores Endotérmicos, 1989).

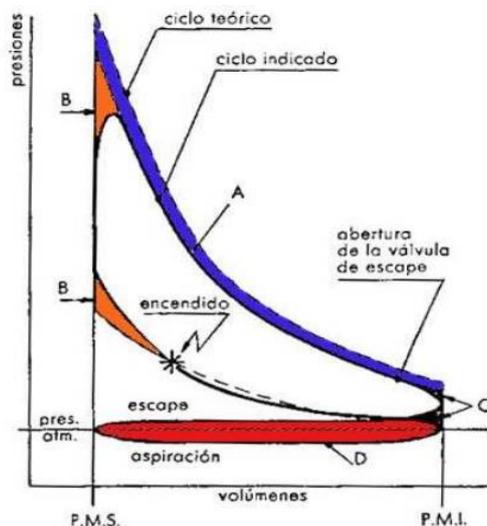


Figura 1.9. Ciclo Otto real

Figura 1.9 Ciclo Otto real

a) Pérdida de calor

En el ciclo teórico la pérdida de calor es nula, pero en el ciclo real son estimables puesto que es necesario refrigerar la cámara de combustión lo que provoca las pérdidas de calor (Giacosa, Motores Endotérmicos, 1989).

b) Combustión no instantánea

En el ciclo Otto se supone que la combustión se realiza a volumen constante, es decir, que es instantánea; en el ciclo real se requiere un cierto espacio de tiempo, si el encendido tuviera lugar coincidiendo con el P.M.S., la combustión tendría lugar mientras el pistón se va alejando de él, y el valor de la presión sería inferior al previsto con la consiguiente pérdida de trabajo útil (Giacosa, Motores Endotérmicos, 1989).

c) Tiempo de apertura de la válvula de escape

En el ciclo teórico se ha supuesto que también la extracción de calor se lleva a cabo instantáneamente coincidiendo con la posición del pistón en el P.M.S., En el ciclo real la

extracción de calor se produce durante un tiempo relativamente largo (Giacosa, Motores Endotérmicos, 1989).

1.14. RELACIÓN DE COMPRESIÓN (MEP)

La relación de compresión del motor viene asociada a la relación existente entre el tamaño de la cámara de combustión y la cilindrada del motor. La influencia de la relación en el proceso de combustión radica en que al elevar la relación de compresión aumenta la presión y temperatura de la mezcla en el instante del encendido, con lo que se favorece la rapidez del proceso de combustión. En consecuencia, el aumento de la relación de compresión favorece el buen comportamiento del motor, ya que permite obtener mayor rendimiento del calor aportado por la combustión, a la vez que esta se realiza de forma más rápida (Carreras, y otros, 2005).

Los motores de ciclo Otto vienen con una relación de compresión entre 9:1 y 11:1. La relación de compresión en un motor de combustión interna se calcula al medir las veces que se comprime la mezcla de aire - combustible dentro de la cámara de combustión de un cilindro (Piñón , 2010).

La fórmula es la siguiente:

$$RC = \frac{\frac{\pi}{4} * d^2 * s + V_c}{V_c}$$

Donde:

RC = Relación de compresión y es adimensional

V_c = Volumen de la cámara de combustión

d = Diámetro del cilindro

s = Carrera del pistón desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior g

La relación de compresión es uno de los factores que influyen en el funcionamiento de un motor de combustión interna, que a su vez actúa sobre el rendimiento térmico de este motor. El rendimiento térmico, es la forma en que el motor aprovecha de la mejor manera posible la energía proveniente de la combustión de la mezcla aire-combustible (Yepes Piqueras , 2020).

1.15. PAR DE TORSIÓN DEL MOTOR (MEP)

La combustión de la mezcla aire-combustible, por acción de la chispa eléctrica, genera un aumento de la presión y temperatura en el interior de los cilindros del motor. Esta presión interior produce a su vez una fuerza de empuje F sobre el pistón que lo desplaza generando el clásico mecanismo de biela-manivela de los motores de combustión interna alternativo, donde el movimiento lineal del pistón en el interior del cilindro se transforma en un movimiento rotatorio del cigüeñal. La fuerza que actúa sobre el pistón es proporcional a la presión media efectiva durante la carrera de expansión, la misma que depende del grado de llenado de los cilindros, de la relación de compresión, de la cilindrada y de la eficacia con que se desarrolla la combustión. En el esquema de la Figura 1, la fuerza F ejercida sobre el pistón se descompone en la fuerza Fb que actúa sobre la cabeza de biela y en la Fn que produce un empuje lateral sobre las paredes del cilindro por lo tanto, el producto de la fuerza Fb por el radio r de la manivela determina el par motor (Castillo, Rojas, & Martínez, 2017).

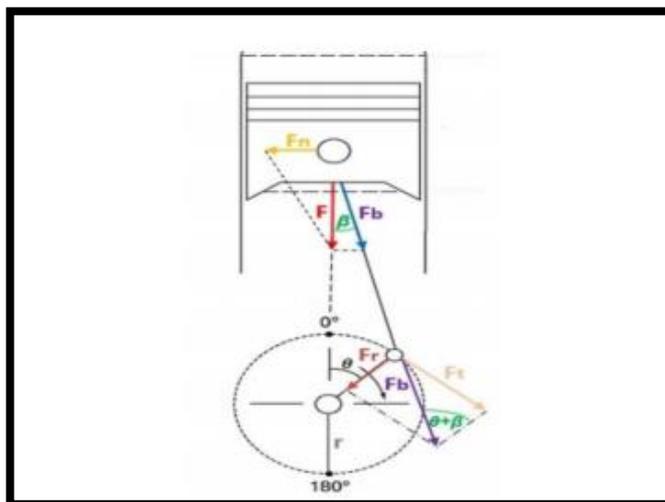


Figura 1.10 Par motor

(Castillo, Rojas, & Martínez, 2017)

Figura 1.10 Par motor

La ecuación de la obtención del par motor es la siguiente:

$$T = Fb * r$$

Donde:

T =Torque o par motor (N.m)

Fb = Fuerza sobre la biela (N)

r =Radio de la manivela del cigüeñal (m)

La fuerza F que produce el torque es variable, que en un motor de 4 tiempos es máxima en el momento que se lleva a cabo la fase de combustión y su posterior expansión en el cilindro, siendo negativo el torque en las demás fases, dentro de la etapa donde se genera trabajo el rendimiento del motor no es igual en todos los puntos, depende del régimen de giro y consecuentemente de la fuerza de empuje que se genera, es así que el número de revoluciones limita el llenado correcto de los cilindros y, por tanto, el par motor (Castillo, Rojas, & Martínez, 2017).

A bajas revoluciones la combustión de la mezcla no resulta óptima debido a la escasa inercia que poseen los gases que provoca que el llenado del cilindro no sea el ideal, al igual que su vaciado. Por otro lado, si el motor funciona a un elevado régimen, tampoco el llenado de los cilindros es completo debido al escaso tiempo que dispone el gas para ocupar todo el espacio disponible, Además, a partir del punto óptimo de revoluciones del motor, aunque se quem

más combustible acelerando el mismo y consiguiendo que la potencia todavía se incremente más, el par descende, de ahí que los consumos específicos óptimos estén en valores próximos a la zona de par máximo, aumentando el consumo del motor conforme se aleja de este rango (Castillo, Rojas, & Martínez, 2017).

1.16. POTENCIA DEL MOTOR (MEP)

El concepto de potencia expresa cuantas veces está disponible el par motor en el tiempo, es decir, con qué velocidad se puede disponer del par. La potencia desarrollada por un motor depende de la relación de compresión y de la cilindrada, ya que a mayores valores de estas le corresponde mayor explosión y más fuerza aplicada al pistón; también depende íntimamente de las revoluciones por minuto a las que gira el motor. En consecuencia, la potencia puede ser determinada mediante la

La potencia puede ser mediante la Ecuación 2

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

P = Potencia del motor (kW)

T = Torque o par motor (N.m)

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

n = Revoluciones por minuto (rpm)

Luego de alcanzar la potencia máxima, el exceso de revoluciones ocasiona que ésta disminuya debido a que el sistema de inyección de combustible tiene un límite operativo, superado el mismo, no tiene precisión suficiente para inyectar el combustible eficazmente; además, el sistema de distribución no es capaz de abrir y cerrar las válvulas con la suficiente velocidad para que los gases de escape y de admisión fluyan adecuadamente, el límite máximo de revoluciones a la que puede girar el motor está establecido por las propias

limitaciones de los elementos mecánicos que lo constituyen (Castillo, Rojas, & Martínez, 2017).

1.17. COMPRESIÓN (MEP)

Es cuando la mezcla queda comprimida en la cámara de compresión, cuando se produce el tiempo de admisión, se llena el volumen del cilindro y el de la cámara de la cámara de compresión, una vez concluido el tiempo, los gases se comprimen y se reducen al espacio de la cámara de compresión, a esto se lo llama relación de compresión (R_c) a la relación de compresión que existe entre el volumen teórico admitido y el comprimido (Águeda Casado, García Jiménez, Navarro, & Gómez Morales, 2002).

La relación de compresión en los motores de encendido provocado es de 8 a 12 dados su ciclo de funcionamiento.

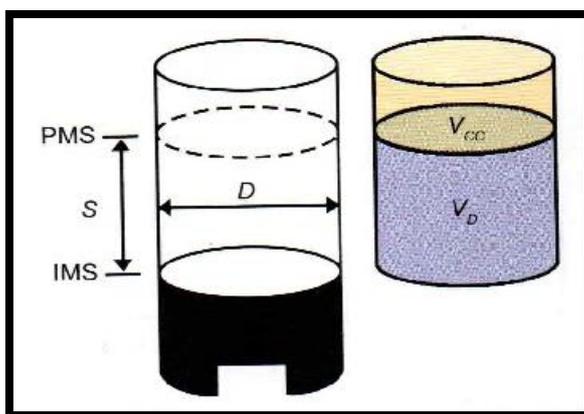


Figura 1.11 Relación de Compresión

(González Calleja, 2016)

Figura 1.11 Relación de compresión

1.18. TORQUE (MEP)

La torsión es una fuerza que produce o tiende a producir rotación. Del cilindraje depende la fuerza de cada explosión, que aplicada por la biela para hacer girar el cigüeñal produce el torque, el par motor, torque o esfuerzo de giro se mide en Newton metro (Nm), en el sistema DIN o en Kilogramos metro en el sistema SAE (Rueda Santander, 2013).

Los motores están clasificados de acuerdo a los caballos de fuerza que desarrollan y también por su torque.

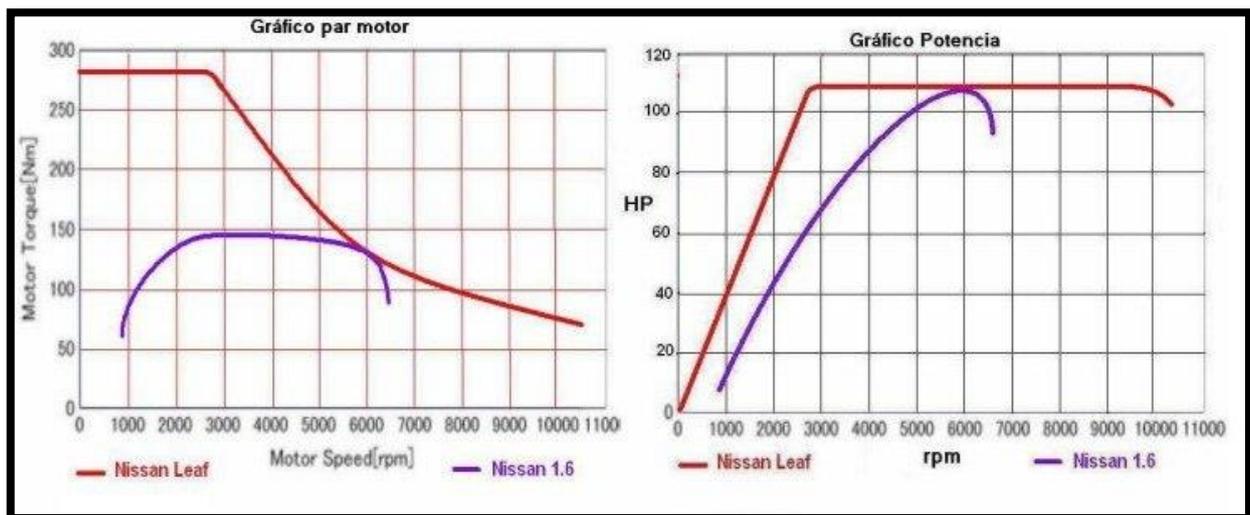


Figura 1.12 Relación de compresión

(Azcona Motor, 2014)

Figura 1.12 Relación de compresión

1.19. COMBUSTIBLE

La gasolina es un combustible derivado del petróleo y es la principal fuente de energía que utilizan los vehículos de combustión interna. La gasolina es una mezcla de hidrocarburos en las cuales las propiedades de octanaje y volatilidad proporcionan al motor del vehículo un arranque fácil en frío, una potencia máxima durante la aceleración, la no dilución del aceite y un funcionamiento normal y silencioso bajo las condiciones de operación del motor (Ferreruela Ruiz & Charif, s.f.).

1.19.1. COMBUSTIBLE EN EL ECUADOR

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935 (novena revisión 2016-02), de productos derivados de petróleo, gasolina, para motores de combustión interna de encendido por chispa (Norm Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-935 (Novena revisión), 2016). Se establecen tres tipos de gasolina de acuerdo con el octanaje:

Gasolina N°.1. de 87 octanos (RON).

Gasolina N°.2. de 92 octanos (RON).

Gasolina N°.3. de 93 octanos (RON).

A continuación, en la tabla 1.1 se muestran los requisitos para la gasolina de 87 octanos (extra), de uso automotriz.

Tabla 1.1 Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON).

Tabla 1.1 Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON).

| Requisitos | Unidad | Mínimo | Máximo |
|--|----------------|--------|---------------|
| Destilación 10% | °C | | 70 |
| 50% | °C | 77 | 121 |
| 90% | °C | | 189 |
| Punto final | °C | | 220 |
| Residuos de destilación | % ^b | | 2 |
| Relación vapor - líquido a 60° C | | | 20 |
| Presión de vapor | kPa | | 60 |
| Corrosión a la lámina de cobre | | | 1 |
| Contenido de gomas | mg/100mL | | 3 |
| Contenido de azufre | % ^c | | 0,065 |
| Contenido de aromáticos | % ^b | | 30 |
| Contenido de benceno | % ^b | | 1 |
| Contenido de olefinas | % ^b | | 18 |
| Estabilidad a la oxidación | min | 240 | |
| Contenido de oxígeno | % ^c | | 2,7 |
| Contenido de plomo | mg/L | | No detectable |
| Contenido de manganeso | mg/L | | No detectable |
| Contenido de hierro | mg/L | | No detectable |
| ^b % corresponde a fracción de volumen en porcentaje. | | | |
| ^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje. | | | |

(Norm Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-935 (Novena revisión), 2016)

1.20. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y FUENTES DE EMISIONES

1.20.1. EL AIRE Y SU COMPOSICIÓN

La atmósfera terrestre está constituida por una combinación de gases conocido como aire. Esta combinación cuando no presenta ningún tipo de contaminación, es incolora e inodora. En condiciones normales el aire está compuesto por elementos primordiales como el nitrógeno con 78.084 %, y oxígeno con 20.9476 %. Algunos elementos complementarios son el dióxido de carbono y gases nobles contaminantes, tales como el monóxido de carbono, dióxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, amoníaco, metano, argón, neón, helio, kriptón, hidrogeno y xenón (Salazar Villalba, 2018). La figura 8, representa la composición del aire “normal” no contaminado.

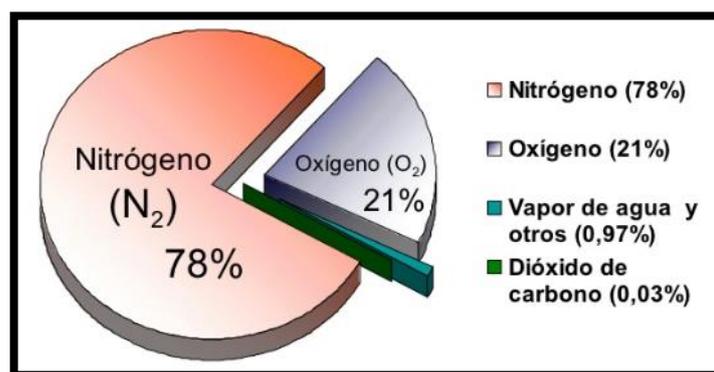


Figura 1.13 Composición de aire “normal” no contaminado
(Salazar Villalba, 2018)

Figura 1.13 Composición de aire “normal” no contaminado

1.20.2. EMISIONES PUNTUALES

Son aquellas que tiene una salida localizada a la atmosfera, es decir suele tener un punto concreto por donde salen a la atmosfera, como puede ser una chimenea, una torre de humo, la salida de un sistema de ventilación o de un sistema de extracción (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

1.20.3. EMISIONES DIFUSAS

Son emisiones no localizadas y por ello son difíciles de controlar como por ejemplo los vapores o emanaciones de gases ocasionados por fugas, manipulación de sustancias entre otras, que antes de salir a la atmosfera se propagan por todo el interior de las instalaciones donde se encuentren estos (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

1.20.4. EMISIONES INDUSTRIALES

Estas emisiones se generan a partir de la quema de combustibles fósiles como el petróleo, carbón, diésel y gasolina para la realización de los diferentes procesos; por la emisión de productos o desechos químicos volátiles como ácidos y catalizadores, la modificación de las condiciones ambientales son las que producen este tipo de emisiones (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

1.20.5. EMISIONES POR VEHÍCULOS

Estas emisiones son consecuencia de la quema de combustible como el diésel y la gasolina, este tipo de contaminación es particularmente importante donde hay grandes concentraciones urbanas, sin embargo, sus efectos se pueden sentir en cualquier lugar del planeta (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

1.21. PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

1.21.1. CONTAMINANTES FÍSICOS

Los contaminantes físicos más comunes son los siguientes: Ruido, vibraciones, radiación, variación de temperatura

Ruidos o vibraciones

Según la ley 37/2003 del Ruido, la contaminación acústica son aquellos ruidos o vibraciones, sin importar qué los genera, que suponen una molestia, riesgo o daño para las personas y el desarrollo de sus actividades o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. Hoy en día, con el crecimiento de los núcleos urbanos más del 70% de la población europea vive en ciudades la contaminación acústica se ha convertido en uno de los factores medioambientales más importantes al repercutir directamente en la calidad de vida de los ciudadanos (Sostenibilidad, 2016).

Aunque el ruido no se acumula o mantiene en el tiempo como otros agentes contaminantes, también puede causar grandes daños. Así, la legislación española vigente establece que a partir de los 80 dB(A) es necesario aplicar medidas preventivas (Sostenibilidad, 2016).

1.21.2. CONTAMINANTES QUÍMICOS

De igual manera los contaminantes químicos se subdividen en Orgánicos e inorgánicos.

Orgánicos: Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas (Marlen & C, s.f.).

1.22. TIPOS DE GASES CONTAMINANTES

1.22.1. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico. Se produce naturalmente por una serie de procesos, sobre todo por la oxidación parcial del metano (CH₄) que se forma en la descomposición de la materia orgánica por fermentación. En una atmósfera no contaminada la concentración de monóxido de carbono es muy baja y estable (0,1 ppm = partes por millón) (Moretton, 1996).

El monóxido de carbono es el contaminante del aire más abundante en la capa inferior de la atmósfera, sobre todo en el entorno de las grandes ciudades (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

1.22.1.1. Principales efectos en la salud y el medio ambiente

- Dolores de cabeza, náuseas o vómito.
- A niveles más altos de exposición de monóxido de carbono puede causar desorientación, visión borrosa y hasta pérdida de conocimiento.
- Cuando hay demasiado monóxido de carbono en el aire, el cuerpo reemplaza el oxígeno en los glóbulos rojos con monóxido de carbono, produciendo daños graves o incluso la muerte.

1.22.2. HIDROCARBUROS (HC)

Los combustibles no quemados, o quemados parcialmente, emitidos por el tubo de escape de un automóvil, son denominados hidrocarburos no quemados, están formados por la unión de hidrógeno y carbono.

Los motores a gasolina emiten mayores cantidades de hidrocarburos, en comparación a los motores diésel. Entre los hidrocarburos, el benceno es cancerígeno. Las principales fuentes del benceno en el aire son las emisiones provenientes de los vehículos motorizados y las pérdidas de por evaporación, distribución y almacenamiento de la gasolina (Vintimilla Jarrín P. , 2015).

1.22.2.1. Principales efectos en la salud y el medio ambiente

- Si el organismo humano se encuentra expuesto por mucho tiempo, tiene altas posibilidades de contraer cáncer, alteraciones genéticas, afecciones respiratorias y cardíacas.
- Puede provocar síntomas neurológicos, como somnolencia, falta de coordinación, estupor o convulsiones.
- También causa daño al medio ambiente por su reacción con los óxidos de nitrógeno en la formación de ozono troposférico y otros agentes fotoquímicos.

1.22.3. ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)

El óxido de nitrógeno es un gas pardo-rojizo, no es inflamable, pero si es tóxico y se caracteriza por su olor que es muy asfixiante, estos gases se producen mayormente en la combustión de productos fósiles siendo destacables las fuentes móviles como los vehículos, el carbón y la quema de madera (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) se produce de dos maneras: primero, por altas temperaturas a las que se llega en las combustiones que provocan la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno del aire para dar óxido nítrico, y este luego se oxida parcialmente a NO₂. Por lo tanto, los motores de combustión interna emiten óxidos de nitrógeno con proporciones variables de NO y NO₂ (Vintimilla Jarrín, 2015).

Las emisiones de óxidos de nitrógeno dependen significativamente de la potencia aplicada, eso porque la emisión de estos gases está en función de la temperatura del motor (Flores Meneses, 2017).

A continuación, tenemos la tabla 1.2 en donde nos muestra los valores máximos de concentración de emisiones permitidos para motores de combustión interna.

Tabla 1.2 Límites máximos permisibles de concentración de emisiones al aire para motores de combustión interna (mg/Nm³).

Tabla 1.2 Límites máximos permisibles de concentración de emisiones al aire para motores de combustión interna (mg/Nm³).

| Contaminante | Combustible | Fuente fija existente: con autorización de entrar antes de enero de 2003 (mg/Nm ³). | Fuente fija existente: con autorización de entrar desde enero de 2003 hasta marzo de 2013 (mg/Nm ³). | Fuente fija nueva: en funcionamiento a partir de marzo de 2013 (mg/Nm ³). |
|----------------------|-------------|---|--|---|
| Material particulado | Fuel oil | 150 | 150 | 100 |
| | Diésel | 150 | 150 | 100 |
| | Gaseoso | 2300 | 2000 | 1900 |
| Óxidos de nitrógeno | Fuel oil | 2300 | 2000 | 1900 |
| | Diésel | 2300 | 2000 | 1900 |
| | Gaseoso | 1500 | 1500 | 400 |
| Dióxido de azufre | Fuel oil | 700 | 700 | 200 |
| | Diésel | 500 | 500 | 250 |
| | Gaseoso | 500 | 500 | 250 |
| Monóxido de carbono | Fuel oil | 500 | 500 | 250 |
| | Diesel | 150 | 150 | 100 |
| | Gaseoso | 150 | 150 | 100 |

Fuente: (Cip.org.ec, s.f.)

1.22.3.1. Principales efectos en la salud y el medio ambiente

- La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida.
- Los niveles bajos de óxidos de nitrógeno en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posteriormente causar tos, sensación de falta de aliento, cansancio y náusea.
- Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y hasta la muerte.

1.23. TIPOS DE GASES NO CONTAMINANTES

1.23.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono es un componente natural que forma parte de la naturaleza y es indispensable para la vida de la tierra, porque de no existir el CO₂ las plantas no existirían, ya que estas lo necesitan para realizar la fotosíntesis (Instituto para la Salud Geoambiental, s.f.).

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, más denso que el aire, en realidad no puede considerarse como contaminante en sentido estricto ya que no es tóxico (Innovación y Cualificación, S.L., 2014).

El CO₂ no es realmente un tóxico, en el sentido de daño o envenenamiento por inhalación, ya que realmente es un gas que los seres vivos exhalan en su respiración. Se encuentra de forma natural en el aire ambiente en concentraciones que varían entre 300 ppm a 550 ppm dependiendo de si medimos en entornos rurales o urbanos (Instituto para la Salud Geoambiental, s.f.).

Las emisiones de CO₂ también se producen por la quema del combustible y son expulsadas a través del tubo de escape. La cantidad de CO₂ emitida, si atendemos únicamente al tipo del vehículo y no a la forma de conducción, depende de la cantidad de energía necesaria para circular y de la eficiencia del motor. La cantidad de energía necesaria depende del peso del vehículo y de su potencia. Por tanto, a mayor potencia y mayor peso, mayor consumo de combustible y mayores emisiones de CO₂ (Ecologistas en Acción, 2009).

A continuación, tenemos la tabla 1.3 del porcentaje de dióxido de carbono el cual es un excelente indicador de la eficiencia del motor.

Tabla 1.3 Combustión a porcentaje de dióxido de carbono CO₂

Tabla 1.3 Combustión a porcentaje de dióxido de carbono CO₂

| COMBUSTIÓN A PORCENTAJE DE DIÓXIDO DE CARBONO CO₂ | |
|---|-----------|
| 12% | Regular |
| 14% | Muy buena |
| 15% | Excelente |
| 16% | Óptima |

1.23.2. OXÍGENO (O₂)

El oxígeno es un gas incoloro, inodoro e insípido, este es el componente más importante del aire que respiramos y representa un 21 por ciento. Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape (Meganeboy, 2014).

1.23.3. FACTOR LAMBDA (λ)

El factor lambda se define como la relación entre la cantidad de aire y combustible que se hallan mezclados en una proporción determinada, esta proporción entre el aire y el combustible es lo que se llama "relación estequiométrica" (Meganeboy, Aficionados a la Mecánica, 2014).

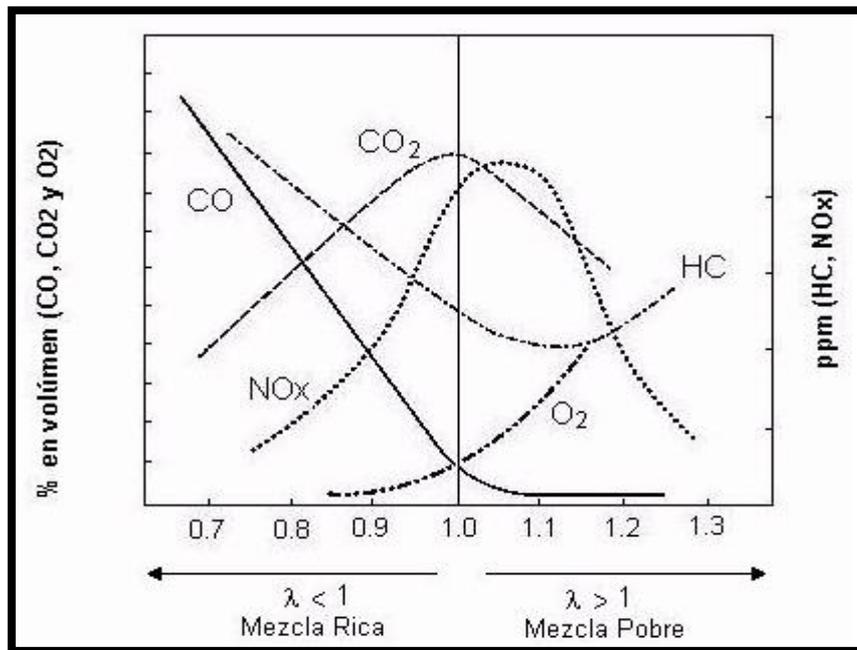


Figura 1.14 Tabla estequiométrica

(Alegria Barrios, 2007)

Figura 1.14 Tabla estequiométrica

Teóricamente se necesita aproximadamente de 14.5 a 15 Kg. de aire para quemar 1 Kg. de combustible, por lo que se toma un promedio de 14.7:1, como mezcla ideal o relación estequiométrica ($\lambda = 1$), es decir se considera una reacción completa de los HC del combustible y la cantidad exacta de O₂ del aire admitido, para que la mezcla se queme lo mejor posible (Alegria Barrios, 2007).

En la práctica esta proporción varía ligeramente, pudiendo alcanzar valores de 12 a 16, que serían los límites de funcionamiento de la combustión en el motor. Con 12 gramos de aire por gramo de gasolina la mezcla que se obtiene es excesivamente "rica" en gasolina mientras que, con una relación de 16, el motor no arrancaría por escasez "pobre" de gasolina (Meganeboy, Aficionados a la Mecánica, 2014).

1.24. ENSAYOS

Es un método de medición de gases (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x y el factor lambda λ), en el tubo de escape de los vehículos con motores a gasolina y diésel, quedando el vehículo en condiciones estáticas. Las tres etapas de medición son:

- Revisión visual
- Prueba en marcha de cruceo
- Prueba en ralentí a revoluciones establecidas.

1.24.1. PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTÁTICOS

Para realizar las pruebas de gases de escape en los vehículos se debe seguir el siguiente procedimiento:

Ubicar el vehículo en el lugar en donde se va a realizar las pruebas y realizar una revisión de seguridad para evitar cualquier inconveniente, comprobar que el vehículo se encuentre en neutro y bien estacionado.

Se realizará visualmente una revisión por parte de la persona encargada de realizar las pruebas, con el propósito de descartar fugas de gases en el transcurso del tubo de escape y cañerías en mal estado o rotas.

El equipo con el cuál se va a realizar las pruebas de medición debe estar perfectamente calibrado, se debe realizar la respectiva prueba de estanqueidad en el conducto de la sonda para descartar fuga para que los datos sean correctos.

Para finalizar, con el analizador de gases de escape previamente encendido y revisado, se introduce la sonda en el tubo de escape del vehículo, manteniendo así por unos 30 segundos y se procede a tomar las respectivas mediciones que arroja el vehículo encendido en ralentí a revoluciones mínimas y a plena carga; al final del día se tendrá los datos de los valores de CO, CO₂, HC, NO_x, O₂ y el factor lambda λ , que arroja el motor del vehículo.

1.24.2. EQUIPOS

Los analizadores de gases son aparatos capaces de medir, generalmente en porcentajes, determinados compuestos químicos contenidos en la masa de los productos, gaseosos o no, emitidos por el escape de un motor de combustión interna (MOTORGIGA, s.f.).

La necesidad de analizar los gases de escape de los motores de combustión interna deriva del hecho que, sobre todo en los motores alternativos, la combustión de los hidrocarburos nunca es perfecta, razón por la cual los gases de escape no son solamente anhídrido carbónico (CO₂), agua (H₂O), oxígeno (O₂) y nitrógeno (N). La combustión real da lugar también a la formación de productos sin quemar y otros residuos. Puesto que en la combustión influyen varios factores, algunos de tipo mecánico y otros dependientes de las características del combustible, mediante el análisis de los gases es posible determinar el tipo de combustible y la influencia que sobre aquélla tienen los factores indicados (MOTORGIGA, s.f.).

1.25. NORMATIVA

Una normativa establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire, hoy en día la utilización de vehículos es mayor y por lo tanto, es necesario regular las emisiones de gases contaminantes, estas regulaciones cada vez van progresando dando lugar a normativas cada vez más estrictas; en particular, los motores de ciclo Otto producen emisiones de CO₂, este tipo de gas es nocivo porque influye en el calentamiento global, aunque no afecta gravemente en la salud de las personas, por otro lado los motores Diésel producen emisiones de dióxido de nitrógeno y partículas, lo cual supone una mayor cantidad de contaminación.

Para realizar la evaluación de los gases de escape de cada vehículo se tomó como reseña la: “Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015”, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

1.25.1 NORMATIVA REGULADORA ECUATORIANA

En la actualidad muchos países han establecido sus propios procedimientos y normas en cuanto a emisiones de gases, por eso Ecuador tiene su norma técnica vigente que regula los límites máximos de emisiones de gases de escape.

En cuanto a normas vigentes tenemos: La Norma Ecuatoriana NTE INEN 2204: 2002 de Gestión Ambiental Aire Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan gasolina. La cuál establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.4 (NTE INEN 2204:2002, 2002).

Tabla 1.4 Valores límites de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Tabla 1.4 Valores límites de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

| Año modelo | % CO* | | ppm HC* | |
|---|------------|---------------|------------|---------------|
| | 0 - 1500** | 1500 - 3000** | 0 - 1500** | 1500 - 3000** |
| 2000 y posterior | 1,0 | 1,0 | 200 | 200 |
| 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 (m.s.n.m). | | | | |

Fuente: (NTE INEN 2204:2002, 2002)

Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15* (prueba dinámica). Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas (NTE INEN 2204, 2016).

Tabla 1.5 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

Tabla 1.5 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

| Categoría | Peso bruto del vehículo Kg | Peso del vehículo cargado Kg | CO g/Km | HC g/Km | NOX g/Km | Ciclos de prueba | Evaporativas g/ensayo SHED |
|--------------------|----------------------------|------------------------------|---------|---------|----------|------------------|----------------------------|
| Vehículos livianos | | | 2,1 | 0,25 | 0,62 | FTP - 75 | 2 |
| Vehículos medianos | =<3860 | =<1700 | 6,2 | 0,5 | 0,75 | | 2 |
| | | 1700 - 3860 | 6,2 | 0,5 | 1,1 | | 2 |
| Vehículos pesados | >3860 = | | | | | Transiente | 3 |
| | <6350 | | 14,4 | 1,1 | 5 | | |
| | >6350 | | 37,1 | 1,9 | 5 | pesado | 4 |

* prueba realizada a nivel del mar
 ** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power – hora)

Fuente: (NTE INEN 2204:2002, 2002)

1.2.5.2. NORMATIVA INTERNACIONAL

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece entre otras cosas, las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

La Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes como el monóxido de carbono, hidrocarburos no quemado, oxígeno, óxidos de nitrógeno y el factor lambda provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, como se muestra en la tabla 1.6

Tabla 1.6 Límites máximos permisibles de emisiones del método dinámico.

Tabla 1.6 Normativa mexicana de los límites máximos permisibles de emisiones del método estático

| Año - modelo vehicular | Hidrocarburos (HC hppm) | Monóxido de Carbono (CO % vol.) | Oxígeno (O ₂ % vol.) | Dilución (CO + CO ₂ % vol.) | | Factor Lambda Máx. |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|------|--------------------|
| | | | | Min | Max | |
| 1990 y Anteriores | 400 | 3.0 | 2.0 | 13 | 16.5 | 1.05 |
| 1991 y posteriores | 100 | 1.0 | 2.0 | 13 | 16.5 | 1.05 |

1.26. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico automotriz es el procedimiento con el cual se realiza un análisis sobre el funcionamiento de los componentes o sistemas de un automotor, puede usarse muchos instrumentos al momento de realizar un diagnóstico, pero todo depende del componente o sistema que se desee analizar (Reyes Cualchi, 2018).

1.26.1. DIAGNÓSTICO DE FALLAS

El diagnóstico es un proceso mediante el cual se desea establecer el tipo de falla que ha ocurrido, para luego realizar las acciones correctivas que sean necesarias. Consiste en identificar o determinar la naturaleza y causa básica de un problema, a partir de síntomas resultantes de medidas seleccionadas, chequeos o pruebas (Lameda, 2015).

1.26.2. OBD-II

El sistema OBD - II, es un sistema utilizado para realizar diagnósticos a vehículos. Con el sistema OBD - II se puede monitorear y controlar tanto los motores como también algunos dispositivos integrados a estos; Adicional, se puede revisar y conocer los niveles de emisiones de gases que generan los vehículos y determinar si contaminan o no el ambiente (CODIGOSDTC, 2020).

Este sistema OBD-II funciona con un conjunto de sensores que se conectan a una unidad electrónica de control y que conjuntamente con la computadora del carro, pueden detectar o diagnosticar las fallas que se generan en las partes más sensibles (CODIGOSDTC, 2020).

Cuando los sensores de un coche detectan que algo está mal, accionan un mensaje conocido como “código de falla”, que puede manifestarse a través de una luz de advertencia en el tablero. Los códigos de fallas se expresan como una mezcla entre letras y números. Generalmente comienzan con una letra e incluyen cuatro o cinco números, que juntos señalan algo más específico y un posible problema (Vaisman, 2018).

En la presente NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, se busca incorporar avances tecnológicos como es el OBD (On Board Diagnostics), que controla los límites máximos de emisiones de los vehículos, es un sistema que verifica todos los sensores del vehículo.

1.26.3. EMISIONES

Para analizar los gases se utiliza el analizador de gases modelo AGS – 688 BRAIN BEE, el cual permite medir cinco tipos de gases como: monóxido de carbono, medido en porcentaje (CO), dióxido de carbono, medido en porcentaje (CO₂), hidrocarburos, medido en partículas por millón (HC), oxígeno, medido en porcentaje (O₂) y los óxidos de nitrógeno, medido en partículas por millón (NO_x), por medio de una sonda que se introduce al final del tubo de escape.

1.26.4. AFECTACIONES AL MOTOR

Los motores de gasolina son máquinas termodinámicas encargadas de convertir la energía química de la ignición, provocada por la mezcla del aire y el combustible, en energía mecánica para producir el desplazamiento de un vehículo. Podemos considerar que los motores de gasolina tienen un mejor rendimiento gracias a que su combustión genera un mayor poder energético, determinado siempre por el octanaje del carburante empleado, sobre todo si tenemos en cuenta criterios como la velocidad o la capacidad de aceleración (Rodes.com, 2020). Sin embargo, por el rendimiento que brindan estos motores son propensos a sufrir daños comunes, necesitando un diagnóstico de fallas.

El desarrollo tecnológico en la industria automotriz es constante, por lo que es muy importante el estar actualizado con las nuevas tecnologías, para el diagnóstico de fallas; el detectar una falla se ha convertido en un trabajo más complejo pero a la vez más simple para quien cuenta con las herramientas necesarias, la aplicación de esta nueva tecnología permite detectar y corregir fallas, con el objetivo de que la eficiencia de los autos sea mayor y a la vez conseguir reducir el consumo de combustible y reducir contaminación (Acuña, 2019).

Estudiando los componentes que sufren desgastes y que provocan el incremento de gases de escape contaminantes, se ha podido recopilar los siguientes datos que se describen en la tabla 1.7 en la cual están expuestos los gases de escape frente a los componentes que inciden en la formación de gases de escape.

Tabla 1.7 Componentes y afectaciones del motor

Tabla 1.7 Componentes y afectaciones del motor

| ÁREA DE CONTROL | COMPONENTES QUE INCIDEN A LA FORMACIÓN DE GASES | GASES | | | | |
|--------------------------|---|----------|----------|-----|-----------------------|----------------------|
| | | CO altos | HC altos | Nox | CO ₂ bajos | O ₂ altos |
| Sistema de alimentación | Filtro de combustible | | X | | | |
| | Válvula PCV | X | | | | |
| | Inyectores | X | X | | X | |
| | Bomba de alimentación | | X | | | |
| | Válvulas | X | X | | | X |
| | Regulador de presión combustible | X | X | X | | |
| | Filtro de aire | X | | | | |
| Sistema de refrigeración | Aceite | | X | | | |
| | Sensor de temperatura (ECT) | X | X | X | | |
| Sistema de encendido | Sensor de O ₂ | X | | | | X |
| | Sensor IAT | X | X | | | |
| | Sensor MAF | X | X | X | | |
| | Sensor MAP | X | X | X | | |
| | Sensor CKP | | X | | | |
| | Sensor posición de mariposa (TPS) | | | X | X | |
| | Sensor CMP | X | X | | X | |
| | Tiempo de encendido | X | X | | | |
| | Bujías | X | X | | X | X |
| | Cable de bujías | X | X | | | |
| | Bobina de encendido | | X | | X | |
| | Batería | | X | | | |
| Sistema de escape | Múltiple es escape | | | | | X |
| | Conductos de evacuación | | | | | X |
| | Cánister o sistema EVAP | | X | | | X |
| | Sistema EGR | | | X | | |
| | Catalizador | X | | X | X | |
| | Sonda lambda | | | | | X |

1.26.5. REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR

La revisión técnica vehicular a la que se someterán todos los vehículos a motor, es de carácter obligatorio para cumplir con el objetivo de garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos, relacionadas con el diseño y la fabricación de los mismos; así también como identificar fallas mecánicas previsibles y en general las fallas de mantenimiento de los

vehículos; optimizar la seguridad vial y principalmente reducir las emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente (fielweb, 2015).

El proceso de revisión técnica vehicular es una inspección técnica del estado de los sistemas mecánicos y elementos de seguridad de un automotor, bajo parámetros nacionales exigidos por la ley competente y donde se autoriza o no la circulación del automotor en el territorio ecuatoriano para garantizar la seguridad de los ciudadanos (Rosero Obando, 2014).

Con la implementación de los centros de revisión técnica vehicular se logra reducir los altos índices de accidentabilidad, ocasionados por las malas condiciones de funcionamiento de los vehículos y por ende la reducción de los niveles de emisiones contaminantes, logrando el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes (Rosero Obando, 2014).

Para cumplir con el proceso de revisión técnica vehicular, los vehículos deben cumplir con los parámetros establecidos en la norma técnica ecuatoriana 2349:2003, a continuación, se muestra la tabla 1.8 en donde consta los parámetros y requerimientos para aprobar la revisión técnica vehicular.

Tabla 1.8 Parámetros y requerimientos para la aprobación de la revisión técnica vehicular

Tabla 1.8 Parámetros y requerimientos para la aprobación de la revisión técnica vehicular.

| PARÁMETROS | REQUERIMIENTO | |
|--|---|--------------------------|
| Características generales | Capacidad de medición y reporte automáticos de la concentración en volumen de CO, CO ₂ , HC y O ₂ , en los gases emitidos por el tubo de escape de vehículos equipados con motores de ciclo Otto de 4 tiempos alimentados por gasolina, GLP o GNC. | |
| Especificaciones adicionales | Capacidad de medición y reporte automáticos de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda y temperatura de aceite. La capacidad de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional, electrónico, DIS, EDIS, bobina independiente, descarga capacitiva u otro. | |
| Rangos de medición | Variable | Rango de medición |
| | Monóxido de carbono (CO) | 0 – 10 % |
| | Dióxido de carbono (CO ₂) | 0 – 16 % |
| | Oxígeno (O ₂) | 0 - 21 |
| | Hidrocarburos no combustionados (HC) | 0 – 5000 rpm |
| | Velocidad de giro del motor | 0 - 10 000 rpm |
| | Temperatura de aceite | 0 – 150 °C |
| | Factor lambda | 0 - 2 |
| Condiciones ambientales de funcionamiento | Temperatura de aceite | 5 – 40 °C |
| | Humedad relativa | 0 – 90 % |
| | Altitud | Hasta 3000 m.s.n.m |
| | Presión | 500 - 760 mm Hg |
| Ajuste | automático, mediante una mezcla certificada de gases | |
| Sistema de toma de muestra | la toma de muestra se la realizara mediante una sonda flexible a ser insertada en la parte final del tubo de escape. | |

Para la aprobación de la revisión técnica vehicular, todos los vehículos deben cumplir con las condiciones mínimas de seguridad establecidos en los criterios de diseño, fabricación y normas técnicas que constan en el instructivo de revisión técnica vehicular creada en el año 2014.

1.27. PLAN DE MANTENIMIENTO

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos y maquinarias en servicio durante el mayor tiempo posible, y con el máximo rendimiento (García Garrido, 2010).

Un plan de mantenimiento adecuado debe posibilitar la consecución de estos objetivos garantizando la disponibilidad de los vehículos, disminuyendo las averías imprevistas, aumentando la fiabilidad, permitiendo la optimización de los recursos y en definitiva reduciendo los costos y contribuyendo a la conservación del medio ambiente (Ballester Bauset, Olmeda González, Macián Martínez, & Tormos Martínez, 2002).

La ejecución de un plan de mantenimiento permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones con el objetivo de prolongar la vida útil de los bienes, y obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas (Molina , 2006).

1.27.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO

1.27.1.1. Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado” es un mantenimiento basado en inspecciones regulares a las máquinas, de forma planificada, programada y controlada, con el fin de anticipar desgastes y fallas funcionales. Consiste en prevenir o corregir el deterioro sufrido en un equipo o maquinaria, por variables como el uso normal, el clima, o fallas de algún accesorio que no repercuta en la función principal, en tanto las actividades se ejecutan previendo que el equipo presente fallas mayores (Grupo Electrotécnica, 2018).

Un plan de mantenimiento preventivo óptimo nos permite comprender que este tiene unos límites en los cuales no mejoramos la fiabilidad más que si consideramos la posibilidad de realizar modificaciones sobre los sistemas, por lo tanto un plan de mantenimiento preventivo

(PMP) va a definir la estrategia del mantenimiento más pertinente que aplicar sobre un equipo, frente a las consecuencias de no aplicarlo (Rey Sacristán, 2014).

Existen dos tipos de mantenimientos preventivos como el tiempo y la condición.

El tiempo como es lógico, la probabilidad de fallo de un componente aumenta conforme pasa el tiempo de funcionamiento; por este motivo, los fabricantes establecen intervalos de mantenimiento para componentes vitales, en función de los estudios de duración que hayan realizado durante la fase de desarrollo del vehículo, normalmente expresados en kilómetros recorridos, meses o años (González Calleja, 2016).

El mantenimiento por condición suele realizarse sobre componentes cuya vida útil no está definida con exactitud, debido a la dependencia que tiene con el uso o intensidad del uso (González Calleja, 2016).

Para ejecutar el mantenimiento preventivo de los vehículos se están poniendo varias actividades de mantenimiento preventivo las cuales son claves y de gran importancia para mantener un vehículo en perfecto estado de funcionamiento.

Reemplazar: ✓

Limpiar: ★

Cambiar: ●

Tabla 1.9 Mantenimiento preventivo por kilómetros

Tabla 1.9 Mantenimiento preventivo por kilómetros

| KILÓMETROS (X 1.000) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| Filtro de combustible | | | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| Aceite SAE 10 W 30 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Filtro aceite motor | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Bujías de encendido | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● |
| Filtro de aire | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| Cambiar termostato | | | | | | | | | | ✓ | | | | | | | | | | ✓ |
| Cuerpo de aceleración IAC / MAF | | | | | | | | ★ | | | | | | | | ★ | | | | |
| Limpieza sistema de inyección | | | | ★ | | | | ★ | | | | ★ | | | | ★ | | | | ★ |
| Limpiador de inyectores de combustible | | | | ★ | | | | ★ | | | | ★ | | | | ★ | | | | ★ |

1.27.1.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel que se ocupa de la reparación una vez que se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación (Molina , 2006).

Mantenimiento correctivo es el proceso mediante el cual se realizan las correcciones de las averías o fallas, de un equipo o maquinaria, cuando se presentan. Un mantenimiento correctivo trata de todas las actividades de mantenimiento orientadas hacia la restitución de las características de funcionamiento de un equipo o sistema después de ocurrida la falla.

Generalmente estas fallas generan retrasos y por consecuencia pérdidas. Los costos de un mantenimiento correctivo son originados cuando el equipo falla o no puede ser operado a un costo razonable, sin embargo, el costo de un mantenimiento correctivo puede ser impredecible, porque no siempre se tiene certeza de cuál es la falla exacta, por tal motivo siempre se realiza un diagnóstico para detectar el posible daño.

1.28.1.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la maquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento (Clará Díaz, Domínguez de Paz, & Pérez Medrano, 2013).

También se basa en inspecciones de síntomas con una frecuencia mínima que es, normalmente, submúltiplo del periodo base. Su objetivo es anticiparse a la aparición de averías mediante el conocimiento del estado o condición del elemento, para ello se debe aplicar técnicas de diagnóstico, idealmente no intrusiva, para monitorear el estado de los distintos sistemas del vehículo (Ballester Bauset, Olmeda González, Macián Martínez, & Tormos Martínez, 2002).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se basó principalmente en el análisis de gases de escape por medio de pruebas experimentales realizadas a diferentes vehículos de motor de encendido provocado; en donde se analizaron dos casos: a) vehículo nuevo y b) vehículos usados con un kilometraje superior a los 100.000 km. Las mediciones fueron realizadas con la ayuda de un analizador de gases modelo AGS – 688 BRAIN BEE; donde se obtuvo los datos de los gases de escape como CO, CO₂, HC, O₂ y NO_x y el factor lambda para realizar el diagnóstico de los vehículos y obtener los resultados.

2.1. MATERIALES

2.1.1. SELECCIÓN DE LOS VEHÍCULOS

Para realizar esta investigación se utilizó vehículos con motores de encendido provocado de diferentes modelos; los cuales tienen en común el sistema de inyección multipunto y el tipo de combustible que usan; A continuación, se detalla las especificaciones técnicas de los vehículos que se utilizaron para el análisis de gases de escape.

2.1.1.1. Especificaciones técnicas del vehículo nuevo

Para realizar las mediciones de los gases de escape en un motor de encendido provocado MEP, se utilizó un vehículo marca Chevrolet modelo Aveo Family; a continuación, la tabla 2.1 en donde consta las especificaciones técnicas de del antes mencionado vehículo.

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas Aveo Family.

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas Aveo Family

| | |
|-----------------------------------|---|
| Tipo de motor | Gasolina, 4 cilindros, Inyección Multipunto |
| Cilindrada | 1.500 L SOHC |
| Válvulas | 8 |
| Potencia máxima (HP @ rpm) | de 83 @ 5.600 |
| Torque (Nm @ rpm) | 128 @ 3.000 |
| Relación final | 3,944 |
| Relación de compresión | 9,5 |
| Peso bruto vehicular (kg) | 1365 |

El vehículo nuevo antes mencionado es una parte fundamental en el desarrollo de esta investigación, ya que permitió establecer los parámetros estándares de funcionamiento, porque su motor se encuentra en perfectas condiciones, debido a que se encontró con un kilometraje de 38 kilómetros como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1. Kilometraje de vehículo nuevo

Figura 2.1 Kilometraje de vehículo nuevo

De igual manera se procedió a la toma de mediciones de un vehículo usado de las mismas especificaciones técnicas de la tabla 2.1. este vehículo sirvió para realizar en análisis de gases porque presento un kilometraje de 35,670 kilómetros, como se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2. Kilometraje de vehículo usado (a)

Figura 2.2 Kilometraje de vehículo usado (a)

De igual manera se procedió a la toma de mediciones de un vehículo de las mismas especificaciones técnicas de la tabla 2.1. este vehículo sirvió para realizar en análisis de gases, porque presento un kilometraje mayor a los 100.000 kilómetros, este vehículo sirvió porque tiene 157,708 kilómetros, como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3. Kilometraje de vehículo usado (b)

Figura 2.3 Kilometraje de vehículo usado (b)

De igual manera se procedió a la toma de mediciones de un vehículo de las mismas especificaciones técnicas de la tabla 2.1. este vehículo sirvió para realizar en análisis de gases porque presento un kilometraje de 328,428 kilómetros, como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4. Kilometraje de vehículo usado (c)

Figura 2.4 Kilometraje de vehículo usado (c)

De igual manera se procedió a la toma de mediciones de un vehículo de las mismas especificaciones técnicas de la tabla 2.1. este vehículo sirvió para realizar en análisis de gases porque presento un kilometraje de 406,058 kilómetros, como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5. Kilometraje de vehículo usado (d)

Figura 2.5 Kilometraje de vehículo usado (d)

2.1.2. ANALIZADOR DE GASES MODELO AGS – 688 BRAIN BEE

El analizador de gases AGS – 688 Brain Bee, es un equipo de marca italiana que permite analizar y determinar, en porcentaje y en partículas por millón los compuestos químicos emitidos por el escape de un motor de combustión interna.

El analizador puede operar de modo estático o dinámico, extrayendo el gas de los tubos de escape como: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de carbono (CO₂) y oxígeno (O₂). A continuación, en la figura 2.6. se muestra el analizador de gases en trabajo.



Figura 2.6. Analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee

Figura 2.6 Analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee

2.1.2.1. Ficha técnica del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee

El analizador de gases AGS – 688 Brain Bee, que se utilizó en las pruebas para medir los gases de la combustión muestra una serie de características principales que se detallan a continuación, en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características principales del analizador de gases AGS – 688 Brain Bee.

Tabla 2.2. Características principales del analizador de gases AGS – 688 Brain Bee.

| | |
|--|--|
| Tiempo de calentamiento | Menor a 10 minutos a 20°C |
| Sistema de filtrado | Reforzado y con trampa de agua |
| pruebas automáticas | Residuos de HC y vacío |
| Capacidad de medir 5 gases | HC, CO, CO ₂ , O ₂ y NOX 15seg |
| Temperatura de funcionamiento | 5 a 40°C |
| Alimentación | 12 VD C típica (11-15VD C) |
| Consumo | 1.5 A DC |
| Compensación automática de la presión | Ambiente de 850 a 1060 kPa |
| Normas | Europeas de calidad y precisión |
| Garantía real | Un año |

2.1.2.2. Descripción del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee

El analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, es un equipo capaz de medir en porcentajes los compuestos químicos emitidos por el escape de un motor de combustión interna.

Es una herramienta ideal para el técnico que desee realizar un trabajo de diagnóstico automotriz, como el control de las emisiones o la reparación de los vehículos, por ser el más completo y versátil del mercado.

El instrumento puede operar de modo estático o dinámico, extrayendo el gas de los tubos de escape utilizando la sonda suministrada. Con la ayuda del teclado intuitivo, el usuario tiene a disposición todas las funciones del analizador.

El analizador AGS – 688, esta provisto con seis unidades de display a cristales líquidos retroiluminadas, en los cuales se visualizan los valores relativos a la prueba que esté en progreso, al finalizar los análisis, se podrá imprimir los resultados de las mediciones tomadas.

2.1.2.3. Rangos de medición

Para medir los gases de escape de un vehículo con el analizador de gases debe ser en porcentajes (% Vol.) o en partículas por millón (ppm), utiliza rangos de medición que a continuación, se detallan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Rangos de medición

Tabla 2.3. Rangos de medición

| Parámetros | Escala | Unidad | Resolución |
|---------------------------|---------------|---------------|-------------------|
| CO | 0 - 9.99 | % | RES.: 0.01 |
| CO₂ | 0 - 19.9 | % | RES.: 0.1 |
| HC | 0 - 9999 | ppm | RES.: 1 |
| O₂ | 0 - 25 | % | RES.: 0.01 |
| NO_x | 0 - 5000 | ppm | RES.: 1 |
| Lambda | 0.5 - 5 | L | RES.: 0.001 |
| Revoluciones motor | 300 - 9990 | RPM | RES.: 10 |
| Temperatura aceite | 20 - 250 | °C | RES.: 1 |

Fuente: (Manual AGS 688, 2017)

2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación que se llevó a cabo, es una investigación combinada, tanto bibliográfico como tecnológica.

La investigación bibliográfica consta en la recolección de información, entre los documentos más importantes se tiene: artículos científicos, tesis, libros, revistas, trabajos de pregrado e internet.

La investigación tecnológica consta en obtener conocimiento útil para resolver un problema concreto y aplicar los conocimientos adquiridos previos a la investigación.

2.2.1. MÉTODO DE MEDICIÓN

Para esta investigación, se pudo afirmar el siguiente método práctico:

- Recolección de datos

Este método se aplicó al realizar las pruebas de medición de gases con el analizador de gases de escape.

El método de medición se utilizó para generar la información y datos numéricos referentes a la concentración de gases contaminantes. Estos valores fueron relacionados con la norma NTE INEN 2204:2002 sobre los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.

2.2.2. MÉTODO ANALÍTICO

El método analítico es un camino para llegar a un resultado que permitió distinguir y revisar de forma ordenada cada uno de los resultados de las pruebas por separado examinando las emisiones de gases contaminantes en cantidad promedio y máximo.

2.3. MÉTODOS

La presente investigación se basó primeramente en la identificación de los vehículos que se usaron para las mediciones y el equipo que se usó para dichas mediciones de gases de escape. Para posteriormente analizar los datos obtenidos y así efectuar el plan de diagnóstico en motores de encendido provocado (MEP).

2.3.1 METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO

Con el analizador de gases AGS – 688 Brain Bee, se procedió a la obtención de datos de los vehículos con motor de encendido provocado MEP, tomando en cuenta los siguientes puntos: la temperatura del motor, el kilometraje y el régimen de trabajo del motor.

Para realizar el diagnóstico del estado del motor del vehículo Aveo Family, se utilizó la norma oficial mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible y la norma ecuatoriana NTE INEN 2204 – 2002 sobre los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.

2.3.2 ESPECIFICACIONES DEL LUGAR EN DÓNDE SE TOMÓ LAS PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES

Los datos de emisiones de gases que se tomó a los diferentes vehículos fueron en la provincia de Imbabura en ciudad de Ibarra, a continuación, se observa en la tabla 2.4 las condiciones atmosféricas en las que se trabajó.

Tabla 2.4 Condición atmosférica de San Miguel de Ibarra

Tabla 2.4 Condición atmosférica de San Miguel de Ibarra

| CUIDAD | CONDICIÓN ATMOSFÉRICA | | | |
|--------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| | Presión atmosférica | Temperatura máxima | Temperatura mínima | Altura |
| IBARRA | 1027 hPa | 21.4 °C | 11.1°C | 2.225 m.s.n.m |

2.3.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE GASES

Para el procedimiento de medición de gases, se estableció cinco pruebas de análisis de gases de escape a cada uno de los vehículos antes mencionados cumpliendo con las normas establecidas. Las pruebas son las siguientes:

- Prueba en ralentí (810 rpm)
- Prueba a 1500 rpm
- Prueba a 2500 rpm
- Prueba a 3500 rpm
- Prueba a 4500 rpm

2.3.4. PRUEBA EN RALENTÍ

Se calentó previamente en analizador de gases, después se hizo la prueba de vacío y se conectó el cuentarrevoluciones en la batería del vehículo para verificar las revoluciones exactas.

Se encendió el motor y se dejó en ralentí entre 810– 1100 rpm, para alcanzar una temperatura mayor o igual a 80°C, esperar 30 segundos aproximadamente para que se estabilicen los datos y así poder capturar los datos que arroja el analizador de gases.

La prueba en ralentí se hizo primero al vehículo nuevo, porque presenta características especificadas en la ficha técnica y sus valores son altamente confiables.

Posteriormente se hizo las pruebas en ralentí a los vehículos usados que tenían un kilometraje superior a los 100.000 kilómetros, para proceder a comparar los datos obtenidos con los parámetros estándares establecidos y así poder verificar el estado de los motores.

2.3.5. PRUEBA EN ACELERACIÓN

Las pruebas en aceleración se las hizo sometidas a un régimen de carga de 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm y 4500 rpm.

Para realizar estas pruebas se sometió al motor a un régimen de carga hasta alcanzar los rangos indicados, se dejó que se estableciera 30 segundos aproximadamente y se procedió a capturar los datos que arrojó el analizador de gases para el posterior análisis.

2.3.6. COMO UTILIZAR EL ANALIZADOR DE GASES

El analizador de gases AGS – 688 Brain Bee, es de fácil instalación, conexión y manejo, para empezar, se debe conectar a una fuente de alimentación de 110 voltios y dejar que se caliente. La conexión de la sonda es muy fácil porque consta de un acople y desacople que se puede hacer de forma manual, una vez calentado el analizador se debe hacer la prueba de vacío y estanqueidad para proceder a colocar la sonda en la salida del tubo de escape, drenar el agua del filtro circuito agua antes de realizar la medición. Limpiar la sonda después de cada medición de gases, así quedará libre de impurezas que impidan el ingreso de los gases de escape.

2.4. MEDICIONES DE GASES DE ESCAPE

Las pruebas de análisis de los gases de escape se realizaron cumpliendo con la metodología establecida durante la investigación basada en la NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

2.4.1. DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO NUEVO

A continuación, en la tabla 2.5. se muestra los 7 datos obtenidos durante la prueba de emisiones de gases de escape al vehículo nuevo, marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2019, realizando las pruebas a ralentí (810), 1500, 2500, 3500 y 4500 rpm.

Tabla 2.5 Vehículo nuevo

Tabla 2.5. Vehículo nuevo

| Vehículo marca Chevrolet modelo Aveo Family (nuevo) | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Mínima | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,03 | 14,9 | 0 | 0,29 | 1,012 |
| 2 | 0 | 14,7 | 6 | 0,55 | 1,025 |
| 3 | 0,01 | 15 | 2 | 0,18 | 1,008 |
| 4 | 0 | 15,1 | 7 | 0,3 | 1,013 |
| 5 | 0,01 | 14,9 | 2 | 0,52 | 1,023 |
| 6 | 0,01 | 15 | 2 | 0,4 | 1,018 |
| 7 | 0,01 | 15,2 | 11 | 0,25 | 1,01 |
| Promedio | 0,01 | 14,971 | 4,285 | 0,355 | 1,015 |
| 1500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,03 | 14,9 | 0 | 0,19 | 1,008 |
| 2 | 0 | 15 | 5 | 0,16 | 1,007 |
| 3 | 0,02 | 15 | 11 | 0,14 | 1,005 |
| 4 | 0 | 15,1 | 5 | 0,16 | 1,007 |
| 5 | 0,01 | 15,1 | 4 | 0,14 | 1,006 |
| 6 | 0,01 | 15,1 | 2 | 0,14 | 1,006 |
| 7 | 0,01 | 15,3 | 8 | 0,16 | 1,007 |
| Promedio | 0,01 | 15,071 | 5 | 0,155 | 1,006 |
| 2500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0 | 14,9 | 7 | 0,2 | 1,009 |
| 2 | 0,01 | 15 | 1 | 0,13 | 1,006 |

| | | | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| 3 | 0,01 | 15 | 5 | 0,13 | 1,005 |
| 4 | 0,01 | 15 | 7 | 0,15 | 1,006 |
| 5 | 0,01 | 15,1 | 4 | 0,13 | 1,005 |
| 6 | 0,01 | 15,2 | 0 | 0,12 | 1,005 |
| 7 | 0,01 | 15,3 | 0 | 0,12 | 1,005 |
| Promedio | 0,00 | 15,071 | 3,428 | 0,14 | 1,005 |
| 3500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) | (%Vol.) | (%ppm.) | (%Vol.) | λ |
| | CO | CO2 | HC | O2 | |
| 1 | 0 | 14,9 | 6 | 0,25 | 1,011 |
| 2 | 0,01 | 14,9 | 1 | 0,16 | 1,007 |
| 3 | 0,01 | 14,7 | 1 | 0,48 | 1,022 |
| 4 | 0 | 14,6 | 6 | 1,18 | 1,055 |
| 5 | 0 | 15,3 | 0 | 0,17 | 1,008 |
| 6 | 0,01 | 15,1 | 0 | 0,16 | 1,007 |
| 7 | 0 | 15,3 | 0 | 0,24 | 1,011 |
| Promedio | 0,00 | 14,971 | 2 | 0,377 | 1,017 |
| 4500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) | (%Vol.) | (%ppm.) | (%Vol.) | λ |
| | CO | CO2 | HC | O2 | |
| 1 | 0 | 14,8 | 5 | 0,22 | 1,01 |
| 2 | 0,01 | 14,9 | 2 | 0,21 | 1,009 |
| 3 | 0,01 | 15 | 15 | 0,21 | 1,009 |
| 4 | 0 | 14,9 | 6 | 0,34 | 1,017 |
| 5 | 0,01 | 15 | 5 | 0,22 | 1,01 |
| 6 | 0,01 | 15,1 | 0 | 0,17 | 1,007 |
| 7 | 0 | 15,3 | 0 | 0,17 | 1,008 |
| Promedio | 0,005 | 15 | 4,714 | 0,22 | 1,01 |

2.4.2. DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 35,670 KM

En la siguiente tabla 2.5. nos muestra los 7 datos obtenidos durante la prueba de emisión de gases de escape al vehículo usado, marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2017, realizando las pruebas a ralentí (810), 1500, 2500, 3500 y 4500 rpm.

Tabla 2.6 Vehículo usado a 35,670 Km

Tabla 2.6. Vehículo usado a 35,670 Km

| Vehículo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2017 Km 35,670 | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|
| Mínima | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO₂ | (%ppm.) HC | (%Vol.) O₂ | λ |
| 1 | 0,02 | 15,2 | 0 | 0,18 | 1,008 |
| 2 | 0 | 15,1 | 1 | 0,26 | 1,012 |
| 3 | 0,01 | 15,1 | 1 | 0,2 | 1,009 |
| 4 | 0 | 15,2 | 5 | 0,28 | 1,012 |
| 5 | 0,01 | 15,4 | 1 | 0,26 | 1,011 |
| 6 | 0,01 | 15,4 | 1 | 0,18 | 1,008 |
| 7 | 0,01 | 15,4 | 3 | 0,18 | 1,008 |
| Promedio | 0,008 | 15,257 | 1,714 | 0,22 | 1,009 |
| 1500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO₂ | (%ppm.) HC | (%Vol.) O₂ | λ |
| 1 | 0 | 15,1 | 2 | 0,2 | 1,009 |
| 2 | 0 | 15,1 | 0 | 0,17 | 1,008 |
| 3 | 0,01 | 15,2 | 1 | 0,11 | 1,005 |
| 4 | 0 | 15,4 | 2 | 0,12 | 1,005 |
| 5 | 0,01 | 15,4 | 0 | 0,12 | 1,005 |
| 6 | 0,01 | 15,6 | 6 | 1,58 | 1,073 |
| 7 | 0,01 | 15,4 | 1 | 0,08 | 1,003 |
| Promedio | 0,005 | 15,314 | 1,714 | 0,34 | 1,015 |
| 2500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO₂ | (%ppm.) HC | (%Vol.) O₂ | λ |
| 1 | 0 | 12,6 | 1 | 4,4 | 1,238 |
| 2 | 0,01 | 15,1 | 0 | 0,17 | 1,007 |
| 3 | 0 | 15,3 | 4 | 0,23 | 1,01 |
| 4 | 0 | 15,3 | 1 | 0,16 | 1,007 |
| 5 | 0,01 | 15,3 | 1 | 0,17 | 1,007 |
| 6 | 0,01 | 15,3 | 1 | 0,15 | 1,006 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|
| 7 | 0,01 | 15,4 | 0 | 0,09 | 1,004 |
| Promedio | 0,005 | 14,9 | 1,142 | 0,767 | 1,039 |
| 3500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO₂ | (%ppm.) HC | (%Vol.) O₂ | λ |
| 1 | 0 | 15 | 2 | 0,45 | 1,02 |
| 2 | 0,01 | 15,1 | 0 | 0,17 | 1,007 |
| 3 | 0 | 15,3 | 4 | 0,23 | 1,01 |
| 4 | 0,01 | 15,3 | 1 | 0,11 | 1,005 |
| 5 | 0,01 | 15,3 | 0 | 0,2 | 1,009 |
| 6 | 0,01 | 15,3 | 6 | 0,16 | 1,007 |
| 7 | 0 | 15,5 | 7 | 0,2 | 1,009 |
| Promedio | 0,005 | 15,257 | 2,857 | 0,217 | 1,009 |
| 4500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO₂ | (%ppm.) HC | (%Vol.) O₂ | λ |
| 1 | 0 | 12,7 | 1 | 4,06 | 1,218 |
| 2 | 0,01 | 15,1 | 0 | 0,12 | 1,005 |
| 3 | 0 | 15,3 | 8 | 0,22 | 1,009 |
| 4 | 0,01 | 15,3 | 3 | 0,18 | 1,008 |
| 5 | 0,01 | 15,4 | 0 | 0,15 | 1,006 |
| 6 | 0,01 | 15,3 | 4 | 0,19 | 1,008 |
| 7 | 0 | 15,5 | 8 | 0,14 | 1,006 |
| Promedio | 0,005 | 14,942 | 3,428 | 0,722 | 1,037 |

2.4.3. DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 157,708 KM

En la siguiente tabla 2.6. nos muestra los 7 datos obtenidos durante la prueba de emisión de gases de escape al vehículo usado, marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015, realizando las pruebas a ralentí (810), 1500, 2500, 3500 y 4500 rpm.

Tabla 2.7 Vehículo usado a 157,708 Km

Tabla 2.7 Vehículo usado a 157,708 Km

| Vehículo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015 157,708 Km | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Mínima | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,03 | 14,1 | 11 | 1,7 | 1,081 |
| 2 | 0 | 14 | 1 | 1,82 | 1,089 |
| 3 | 0,01 | 14 | 0 | 1,87 | 1,091 |
| 4 | 0 | 13,2 | 3 | 3,08 | 1,159 |
| 5 | 0 | 14 | 1 | 2,01 | 1,098 |
| 6 | 0 | 13,8 | 4 | 2,32 | 1,115 |
| 7 | 0 | 13,9 | 2 | 2,33 | 1,114 |
| Promedio | 0,005 | 13,857 | 3,142 | 2,161 | 1,106 |
| 1500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0 | 14,7 | 8 | 0,81 | 1,037 |
| 2 | 0 | 14,8 | 0 | 0,63 | 1,029 |
| 3 | 0,01 | 14,8 | 0 | 0,59 | 1,027 |
| 4 | 0 | 14,8 | 3 | 0,75 | 1,034 |
| 5 | 0 | 14,9 | 0 | 0,6 | 1,027 |
| 6 | 0 | 14,6 | 1 | 1,42 | 1,066 |
| 7 | 0,01 | 13,6 | 0 | 2,28 | 1,114 |
| Promedio | 0,002 | 14,6 | 1,714 | 1,011 | 1,047 |
| 2500 | | | | | |
| Datos No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,01 | 15 | 13 | 0,37 | 1,016 |
| 2 | 0 | 14,8 | 0 | 0,9 | 1,042 |
| 3 | 0,01 | 15,1 | 1 | 0,3 | 1,013 |
| 4 | 0 | 15 | 4 | 0,38 | 1,017 |
| 5 | 0 | 15,1 | 1 | 0,31 | 1,014 |
| 6 | 0,01 | 14,9 | 1 | 0,72 | 1,033 |
| 7 | 0,01 | 14,8 | 1 | 1,25 | 1,057 |
| Promedio | 0,005 | 14,957 | 3 | 0,604 | 1,027 |

| 3500 | | | | | |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,01 | 14,8 | 10 | 0,52 | 1,023 |
| 2 | 0,01 | 14,7 | 0 | 1,02 | 1,047 |
| 3 | 0,01 | 13,9 | 2 | 2,75 | 1,135 |
| 4 | 0 | 15 | 16 | 0,55 | 1,024 |
| 5 | 0,01 | 14,9 | 5 | 0,93 | 1,042 |
| 6 | 0,01 | 15 | 1 | 0,66 | 1,03 |
| 7 | 0,01 | 15 | 2 | 0,71 | 1,032 |
| Promedio | 0,008 | 14,757 | 5,142 | 1,02 | 1,047 |
| 4500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0 | 14,8 | 8 | 0,57 | 1,026 |
| 2 | 0,01 | 14,9 | 0 | 0,41 | 1,018 |
| 3 | 0,01 | 15 | 1 | 0,33 | 1,015 |
| 4 | 0,02 | 14,8 | 11 | 0,97 | 1,044 |
| 5 | 0 | 15,1 | 1 | 0,34 | 1,015 |
| 6 | 0,01 | 15,1 | 0 | 0,37 | 1,016 |
| 7 | 0,02 | 14,9 | 1 | 0,66 | 1,03 |
| Promedio | 0,01 | 14,942 | 3,142 | 0,521 | 1,023 |

2.4.4 DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 328,428 KM

En la siguiente tabla 2.7. nos muestra los 7 datos obtenidos durante la prueba de emisión de gases de escape al vehículo usado, marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015, realizando las pruebas a ralentí (810), 1500, 2500, 3500 y 4500 rpm.

Tabla 2.8 Vehículo usado a 328,428 Km

Tabla 2.8 Vehículo usado a 328,428 Km

| Vehículo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015 Km 328,428 | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Mínima | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,58 | 14,1 | 197 | 0,98 | 1,02 |
| 2 | 0,09 | 14,9 | 10 | 0,39 | 1,015 |
| 3 | 0,1 | 14,9 | 3 | 0,39 | 1,015 |
| 4 | 0,07 | 14,9 | 0 | 0,3 | 1,012 |
| 5 | 0,14 | 15,1 | 3 | 0,39 | 1,013 |
| 6 | 0,1 | 15,2 | 0 | 0,19 | 1,006 |
| 7 | 0,1 | 15,1 | 1 | 0,5 | 1,02 |
| Promedio | 0,168 | 14,885 | 30,571 | 0,448 | 1,014 |
| 1500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,21 | 14,6 | 107 | 0,6 | 1,017 |
| 2 | 0,11 | 14,7 | 26 | 0,4 | 1,014 |
| 3 | 0,15 | 14,8 | 16 | 0,42 | 1,014 |
| 4 | 0,38 | 13,4 | 36 | 2,12 | 1,091 |
| 5 | 0,32 | 13,9 | 18 | 1,67 | 1,07 |
| 6 | 0,05 | 15,2 | 4 | 0,2 | 1,007 |
| 7 | 0,21 | 15,1 | 0 | 0,29 | 1,007 |
| Promedio | 0,204 | 14,528 | 29,571 | 0,814 | 1,031 |
| 2500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,1 | 14,7 | 54 | 0,48 | 1,017 |
| 2 | 0,05 | 14,7 | 26 | 0,42 | 1,017 |
| 3 | 0,21 | 14,6 | 28 | 0,8 | 1,03 |
| 4 | 0,14 | 15 | 18 | 0,46 | 1,016 |
| 5 | 0,09 | 15 | 14 | 0,37 | 1,014 |
| 6 | 0,43 | 14,2 | 63 | 1,47 | 1,053 |
| 7 | 0,25 | 14,8 | 14 | 0,69 | 1,023 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Promedio | 0,181 | 14,714 | 31 | 0,67 | 1,024 |
| 3500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,13 | 14,7 | 39 | 0,48 | 1,017 |
| 2 | 0,22 | 14,6 | 34 | 0,59 | 1,019 |
| 3 | 0,2 | 14,6 | 21 | 0,48 | 1,015 |
| 4 | 0,27 | 14,8 | 25 | 0,65 | 1,021 |
| 5 | 0,24 | 14,7 | 35 | 1,21 | 1,047 |
| 6 | 0,45 | 14 | 40 | 1,57 | 1,059 |
| 7 | 0,11 | 14,9 | 11 | 0,6 | 1,024 |
| Promedio | 0,231 | 14,614 | 29,285 | 0,797 | 1,028 |
| 4500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,16 | 14,7 | 32 | 0,49 | 1,017 |
| 2 | 0,14 | 14,6 | 25 | 0,55 | 1,02 |
| 3 | 0,15 | 14,7 | 16 | 0,51 | 1,018 |
| 4 | 0,19 | 14,8 | 22 | 0,55 | 1,019 |
| 5 | 0,49 | 13,6 | 29 | 2,49 | 1,014 |
| 6 | 0,35 | 14 | 24 | 1,86 | 1,077 |
| 7 | 0,21 | 14,9 | 6 | 0,51 | 1,077 |
| Promedio | 0,241 | 14,471 | 22 | 0,994 | 1,034 |

2.4.5 DATOS DE PRUEBA VEHÍCULO USADO CON 406,058 KM

En la siguiente tabla 2.8. nos muestra los 7 datos obtenidos durante la prueba de emisión de gases de escape al vehículo usado, marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015, realizando las pruebas a ralentí (810), 1500, 2500, 3500 y 4500 rpm.

Tabla 2.9 Vehículo usado a 406,058 Km

Tabla 2.9 Vehículo usado a 406,058 Km

| Vehículo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015 406,058 Km | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Mínima | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,93 | 14,3 | 147 | 0,88 | 1,007 |
| 2 | 0,53 | 14,2 | 146 | 1,62 | 1,053 |
| 3 | 0,6 | 14,4 | 141 | 1,16 | 1,029 |
| 4 | 0,53 | 14,2 | 139 | 1,56 | 1,051 |
| 5 | 0,52 | 14,3 | 154 | 1,46 | 1,045 |
| 6 | 0,51 | 13,9 | 129 | 2,46 | 1,095 |
| 7 | 0,56 | 14,1 | 148 | 1,55 | 1,054 |
| Promedio | 0,597 | 14,2 | 143,428 | 1,527 | 1,047 |
| 1500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,62 | 13,2 | 267 | 2,7 | 1,1 |
| 2 | 0,59 | 14,5 | 107 | 0,85 | 1,017 |
| 3 | 0,61 | 14,5 | 117 | 0,86 | 1,016 |
| 4 | 0,62 | 14,5 | 156 | 1,07 | 1,024 |
| 5 | 0,57 | 14,6 | 127 | 0,87 | 1,019 |
| 6 | 0,57 | 14,7 | 94 | 0,83 | 1,017 |
| 7 | 0,56 | 14,7 | 122 | 0,84 | 1,017 |
| Promedio | 0,591 | 14,385 | 141,428 | 1,145 | 1,03 |
| 2500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,55 | 14,5 | 83 | 0,88 | 1,021 |
| 2 | 0,58 | 14,6 | 85 | 0,82 | 1,017 |
| 3 | 0,57 | 14,6 | 88 | 0,81 | 1,016 |
| 4 | 0,55 | 14,7 | 104 | 0,87 | 1,019 |
| 5 | 0,54 | 14,6 | 96 | 0,81 | 1,017 |
| 6 | 0,56 | 14,6 | 111 | 0,98 | 1,023 |
| 7 | 0,58 | 14,5 | 125 | 1,02 | 1,024 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Promedio | 0,561 | 14,585 | 98,857 | 0,884 | 1,019 |
| 3500 | | | | | |
| Datos No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO2 | (%ppm.) HC | (%Vol.) O2 | λ |
| 1 | 0,59 | 14,4 | 94 | 1,05 | 1,027 |
| 2 | 0,61 | 14,5 | 95 | 0,91 | 1,02 |
| 3 | 0,63 | 14,2 | 123 | 1,27 | 1,035 |
| 4 | 0,64 | 12,9 | 195 | 2,97 | 1,119 |
| 5 | 0,58 | 14,7 | 74 | 0,72 | 1,013 |
| 6 | 0,7 | 14,3 | 113 | 1,28 | 1,033 |
| 7 | 0,65 | 14,6 | 98 | 0,76 | 1,011 |
| Promedio | 0,628 | 14,228 | 113,142 | 1,28 | 1,0368 |
| 4500 | | | | | |
| Dato No | (%Vol.) CO | (%Vol.) CO₂ | (%ppm.) HC | (%Vol.) O₂ | λ |
| 1 | 0,66 | 14,6 | 104 | 0,77 | 1,011 |
| 2 | 0,65 | 14,5 | 98 | 0,74 | 1,011 |
| 3 | 0,62 | 14,6 | 94 | 0,71 | 1,01 |
| 4 | 0,56 | 14,3 | 180 | 1,56 | 1,048 |
| 5 | 0,62 | 14,5 | 119 | 1,19 | 1,031 |
| 6 | 0,61 | 14,2 | 140 | 1,88 | 1,063 |
| 7 | 0,71 | 12,7 | 166 | 4,32 | 1,188 |
| Promedio | 0,632 | 14,2 | 128,714 | 1,595 | 1,051 |

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos mediante la prueba de análisis de gases de escape, efectuados a cinco vehículos: un vehículo liviano nuevo 0 Km; un vehículo liviano con 35670 Km; un vehículo liviano con 157708 Km; un vehículo liviano con 328428 Km; un vehículo liviano con 406058 Km, todos los vehículos de prueba son de marca Chevrolet modelo Aveo Family; cumpliendo con la metodología utilizada durante la investigación basada en la NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

El análisis basado en las emisiones de gases de escape es una prueba que no requiere del desmontaje de los componentes del vehículo, ya que solo se necesita cumplir con el protocolo de medición y obtención de los datos de gases por medio del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee; las pruebas se realizaron en estado estático, con el motor del vehículo encendido a ralentí y a plena carga, tanto en el vehículo nuevo como en los usados con kilometrajes superiores a 100000, todos del mismo tipo y modelo.

3.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN VEHÍCULO NUEVO

Con las diferentes pruebas de análisis de gases realizadas utilizando el analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee en 5 tipos de vehículos, se procedieron a evaluar las emisiones

de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), hidrocarburos no combustión (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y el factor lambda (λ), en cada uno de los vehículos, con la intención de establecer un plan de diagnóstico del estado actual de los vehículos y un conocer las posibles fallas que podrían llegar a tener los vehículos, esto lo lograremos mediante unas pruebas no invasivas por medio del análisis de gases de escape.

3.2.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO NUEVO

El análisis de gases de escape que se desarrolló en el vehículo nuevo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2019, se obtuvo los siguientes datos expresados a continuación en la figura 3.1.

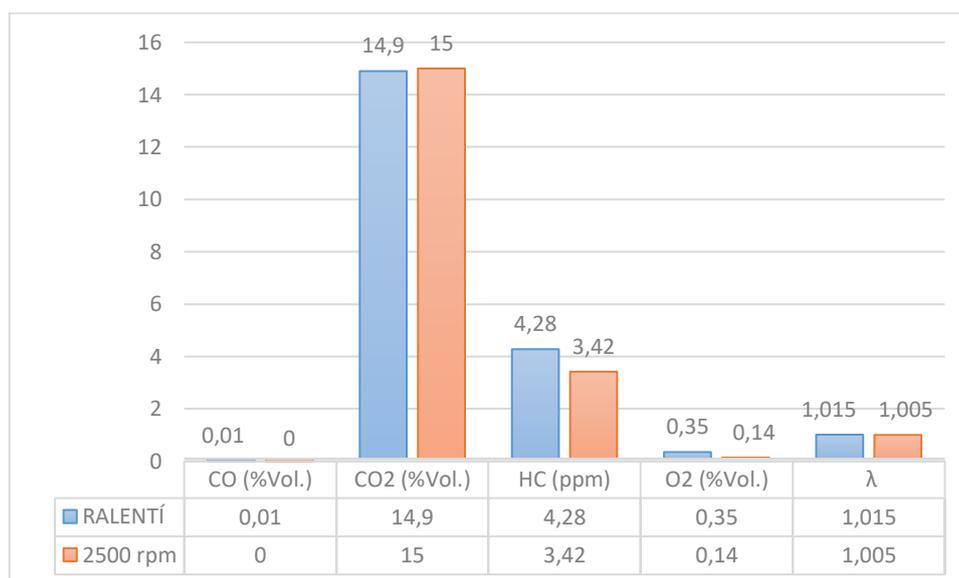


Figura 3.1 Promedio de gases de escape vehículo nuevo

Figura 3.1 Promedio de gases de escape vehículo nuevo

Los valores mostrados en la figura 3.1. se obtuvieron con la ayuda del analizador de gases de escape modelo AGS – 688 BRAIN BEE, cumpliendo con cada uno de los parámetros para realizar la correcta adquisición de los datos, obteniendo como resultados los valores de monóxido de carbono (CO) en %, dióxidos de carbono (CO₂) en %, los hidrocarburos no

quemado (HC) en ppm, el oxígeno (O₂) en %, los óxidos de nitrógeno (NO_x) en ppm y el factor lambda (λ).

En este caso existen cinco pruebas que se realizaron, pero solo se tomó en cuenta dos de ellas; una de ellas que se tomó en cuenta para el análisis fue con el motor del vehículo en ralentí y otra con el motor del vehículo sometido a un régimen de carga de 2500 rpm.

Al analizar la figura 3.1 se dedujo que todos los gases medidos (CO, CO₂, HC, O₂ y NO_x, el factor lambda λ) cuando el vehículo se encuentra en ralentí son mayores a los valores de cuando el vehículo está a 2500 rpm; en cuanto al CO, HC y O₂ los valores que arrojan son excelentes porque no superan los límites estándares permitidos. El CO₂ en los dos análisis está en un estado excelente, siendo 12% regular, 14% muy buena, 15% excelente y 16% optima.

En cuanto al factor lambda λ , se tiene 1,015 ppm en ralentí frente a 1,005 ppm a 2500rpm; teniendo en cuenta que la mezcla normal va desde 0,95 ppm a 1,05 ppm, indicándonos que es un valor ideal, la proporción es exacta.

3.2.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM

El análisis de gases de escape que se desarrolló en el vehículo nuevo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2017, se obtuvo los siguientes datos expresados a continuación en la figura 3.2.

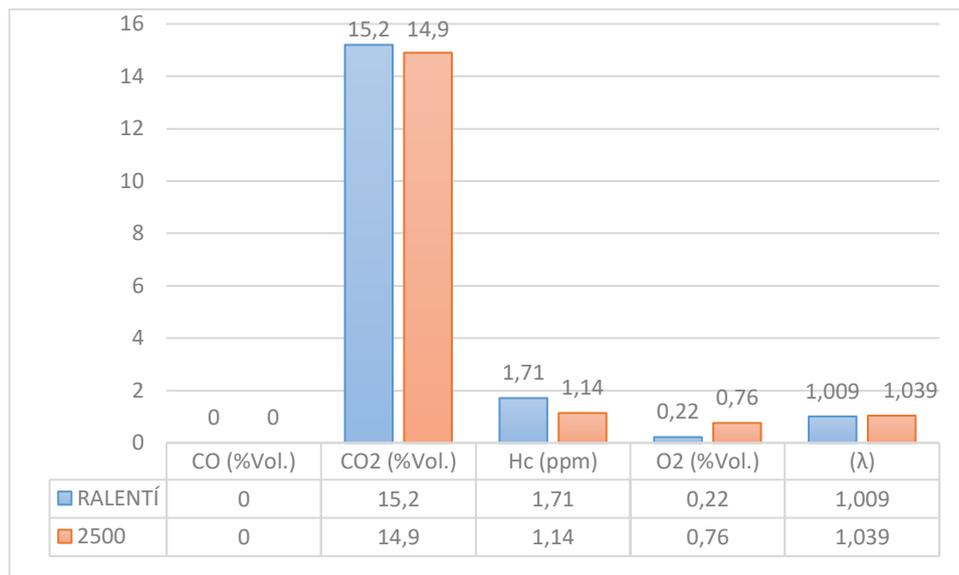


Figura 3.2 Promedio de gases de escape vehículo usado (a) con 35,670 Km

Figura 3.2 Promedio de gases de escape vehículo usado (a) con 35,670 Km

Los valores de los datos obtenidos mostrados en la figura 3.2. son del vehículo usado (a) analizando las pruebas con el motor del vehículo en ralentí y otra con el motor del vehículo sometido a un régimen de carga de 2500 rpm.

Al analizar la figura 3.2 se dedujo que los valores de monóxido de carbono CO en ralentí y a 2500 rpm es 0 % dando un porcentaje óptimo. El dióxido de carbono CO₂ en las dos pruebas nos muestra valores que nos tiene mayor diferencia, dando como resultado un 15,2 % siendo excelente en ralentí con referencia al 14,9 % siendo muy buena a 2500rpm, dando como resultado una excelente eficiencia del motor.

En cuanto a los hidrocarburos no quemados HC, tenemos un 1,71 en ralentí con referencia al 1,14 a 2500 rpm, no siendo mayor la diferencia, evidenciando que las partículas de combustible no quemados son excesivamente bajas debido al poco ingreso de combustible y sobrante de oxígeno.

Por otro lado, el oxígeno O₂, nos muestra el 0,22% en ralentí frente al 0,76% a 2500 rpm; dando como resultado una mezcla ligeramente rica.

Finalmente, con referencia al factor lambda (λ), se tiene 1,009 ppm en ralentí frente a 1,039 ppm a 2500 rpm, teniendo una relación lambda ideal.

3.2.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM

El análisis de gases de escape que se desarrolló en el vehículo nuevo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015, se obtuvo los siguientes datos expresados a continuación en la figura 3.3.

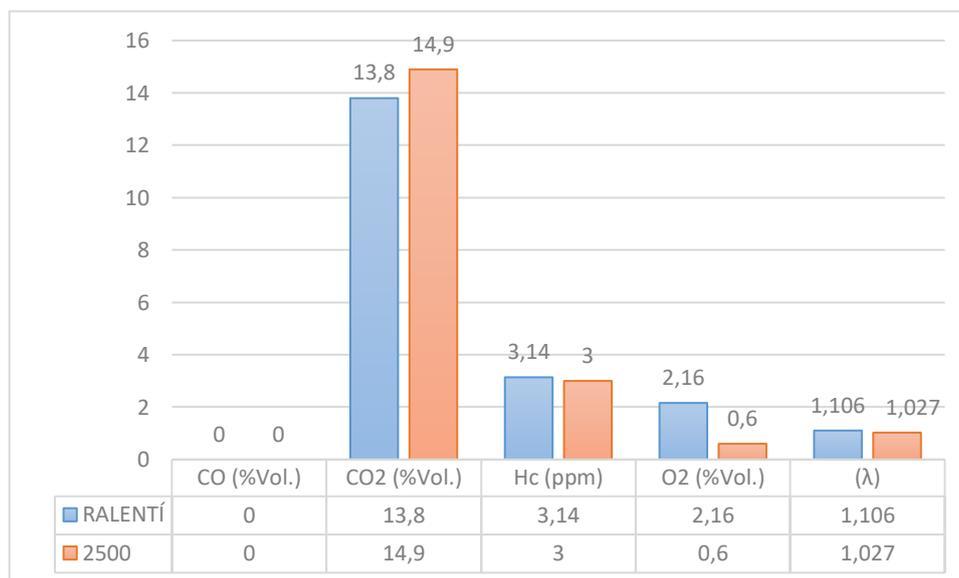


Figura 3.3 Promedio de gases de escape vehículo usado (b) con 157,708 Km

Figura 3.3 Promedio de gases de escape vehículo usado (b) con 157,708 Km

Los valores de los datos obtenidos mostrados en la figura 3.3. son del vehículo usado (b), analizando las pruebas con el motor del vehículo en ralentí y con el motor del vehículo sometido a un régimen de carga de 2500 rpm.

Al analizar la figura 3.3 se dedujo que los valores de monóxido de carbono CO en ralentí y a 2500 rpm es 0 % dando a conocer que el sistema de inyección está funcionando de manera óptima. El dióxido de carbono CO₂, nos muestra valores de 13,8 % en ralentí frente a 14,9 % a 2500 rpm, indicándonos que el motor funciona correctamente ya que el valor porcentual se ubica entre el 12 – 15%.

En cuanto a los hidrocarburos no quemados HC, tenemos un 3,14 ppm en ralentí con referencia a un 3 ppm a 2500 rpm; no siendo mayor la diferencia, evidenciando que las partículas de combustible no quemados son excesivamente bajas debido al poco ingreso de combustible y sobrante de oxígeno.

Por otro lado, el oxígeno O₂, nos muestra el 2,16 % en ralentí frente al 0,6 % a 2500 rpm; comprobando que en ralentí tiene un valor alto con referencia a los límites estándares de aprobación, significa que hay fallas en la combustión, una mezcla levemente pobre.

Finalmente, el factor lambda (λ), se tiene 1,106 ppm en ralentí frente a 1,027 ppm a 2500 rpm; comprobando en ralentí una relación lambda mayor al valor estándar, esto significa que la mezcla se está dando en condición de pobreza con ligera pérdida de potencia.

3.2.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM

El análisis de gases de escape que se desarrolló en el vehículo nuevo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015, se obtuvo los siguientes datos expresados a continuación en la figura 3.4.

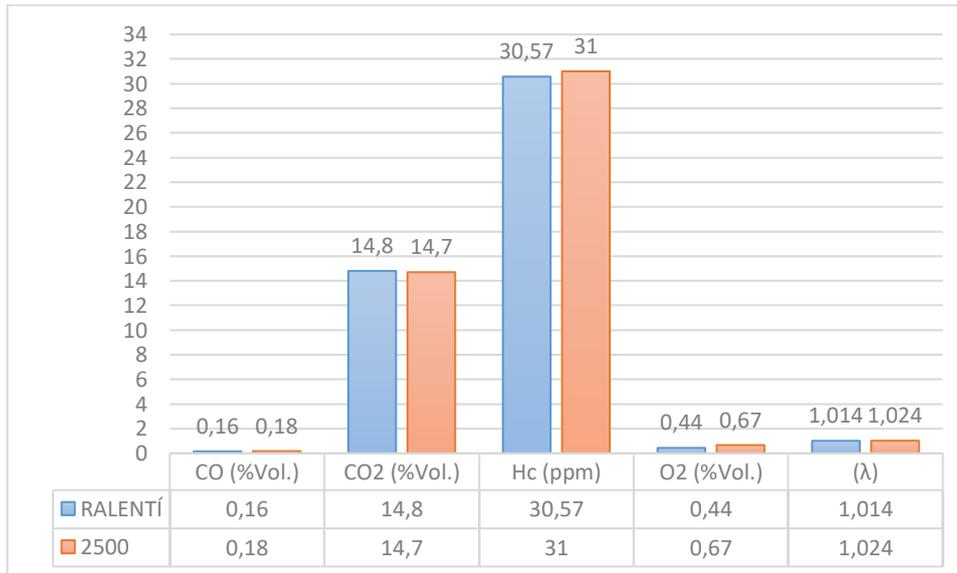


Figura 3.4 Promedio de gases de escape vehículo usado (c) con 328,428 Km

Figura 3.4 Promedio de gases de escape vehículo usado (c) con 328,428 Km

Los valores de los datos obtenidos mostrados en la figura 3.4. son del vehículo usado (c), analizando las pruebas con el motor del vehículo en ralentí y con el motor del vehículo sometido a un régimen de carga de 2500 rpm.

Al analizar la figura 3.4 se pudo deducir que los valores de monóxido de carbono CO del 0,16% en ralentí tiende a subir frente al 0,18% a 2500 rpm; comprobando que el sistema de inyección está funcionando de manera óptima. El dióxido de carbono CO₂, nos muestra valores de un 14,8 % en ralentí frente a un 14,7 % a 2500 rpm, indicándonos que el motor funciona correctamente cuando el CO₂ está en su nivel más alto, ya que el valor porcentual se ubica entre el 12% como regular y el 15% como óptima.

En cuanto a los hidrocarburos no quemados HC, tenemos un 30,57 ppm en ralentí con referencia a un 31 ppm a 2500 rpm; evidenciando que las partículas de combustible no quemados son excesivamente bajas debido al poco ingreso de combustible y sobrante de oxígeno, indicando que se economiza correctamente el sistema de alimentación.

Por otro lado, el oxígeno O₂, nos muestra el 0,44 % en ralentí frente al 0,67 % a 2500 rpm; comprobando que tenemos una mezcla ligeramente rica.

Finalmente, el factor lambda (λ), se tiene 1,014 ppm en ralentí frente a 1,024 ppm a 2500 rpm; comprobando una relación lambda mayor igual a 1, esto significa que la mezcla se está dando en condiciones ideales.

3.2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS AL VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM

El análisis de gases de escape que se desarrolló en el vehículo nuevo marca Chevrolet modelo Aveo Family año 2015, se obtuvo los siguientes datos expresados a continuación en la figura 3.5.

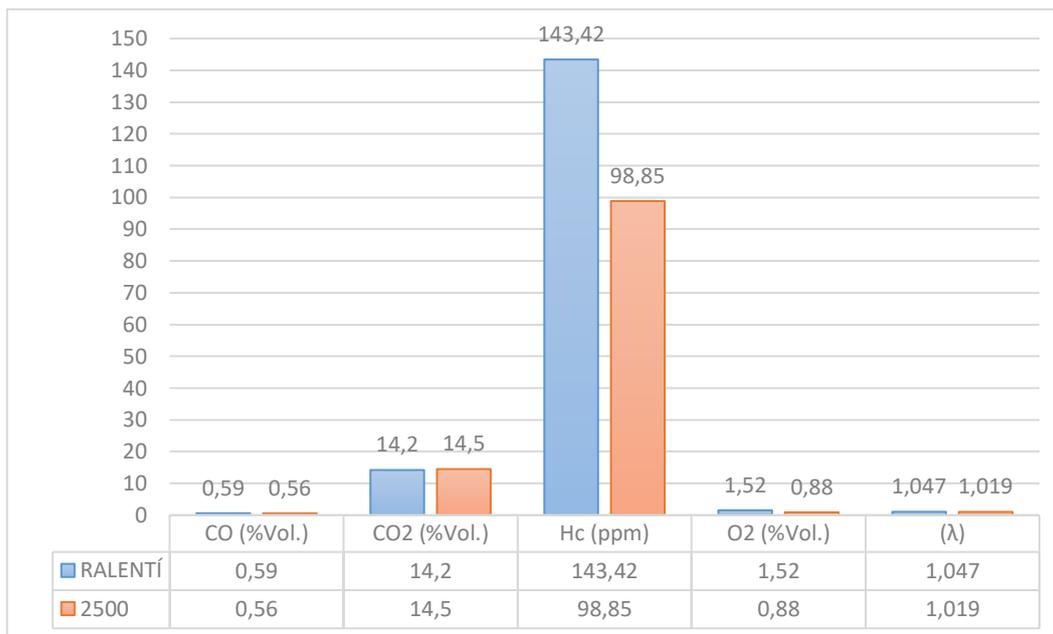


Figura 3.5 Promedio de gases de escape vehículo usado (d) con 406,058 Km

Figura 3.5 Promedio de gases de escape vehículo usado (d) con 406,058 Km

Los valores de los datos obtenidos mostrados en la figura 3.5. son del vehículo usado (d), analizando las pruebas con el motor del vehículo en ralentí y con el motor del vehículo sometido a un régimen de carga de 2500 rpm.

Al analizar la figura 3.5 se dedujo que los valores de monóxido de carbono CO del 0,59 % en ralentí descienden frente al 0,56 % a 2500 rpm; comprobando que el sistema de inyección está funcionando de manera óptima, ya que estos valores van descendiendo a medida que suben las revoluciones. El dióxido de carbono CO₂, nos muestra valores de un 14,8 % en ralentí frente a un 14,7 % a 2500 rpm, indicándonos que el motor funciona correctamente, cuando el CO₂ está en su nivel más alto en vehículos con inyección electrónica con mezcla estequiométrica nos da alrededor de 14% arrojando como resultado una combustión muy buena.

En cuanto a los hidrocarburos no quemados HC, tenemos un 143,42 ppm en ralentí frente a un 98,85 ppm a 2500 rpm; comprobando que dichos valores van descendiendo a medida que se aumentan las revoluciones, sin embargo, la figura 3.5. nos muestra un elevado porcentaje de HC frente a CO, comprobando que existe un exceso de combustible y falta de oxígeno en la mezcla, aun así, encontrándose en un estado bueno con referencia a los parámetros estándares.

Por otro lado, el oxígeno O₂, nos muestra el 1,52 % en ralentí frente al 0,88 % a 2500 rpm; comprobando que tenemos una mezcla ligeramente pobre, sin embargo no supera los parámetros estándares.

Finalmente, el factor lambda (λ), se tiene 1,047 ppm en ralentí frente a 1,019 ppm a 2500 rpm; comprobando una relación lambda igual a 1, esto significa que la mezcla se está dando en condiciones ideales.

3.3 PLAN DE DIAGNOSTICO

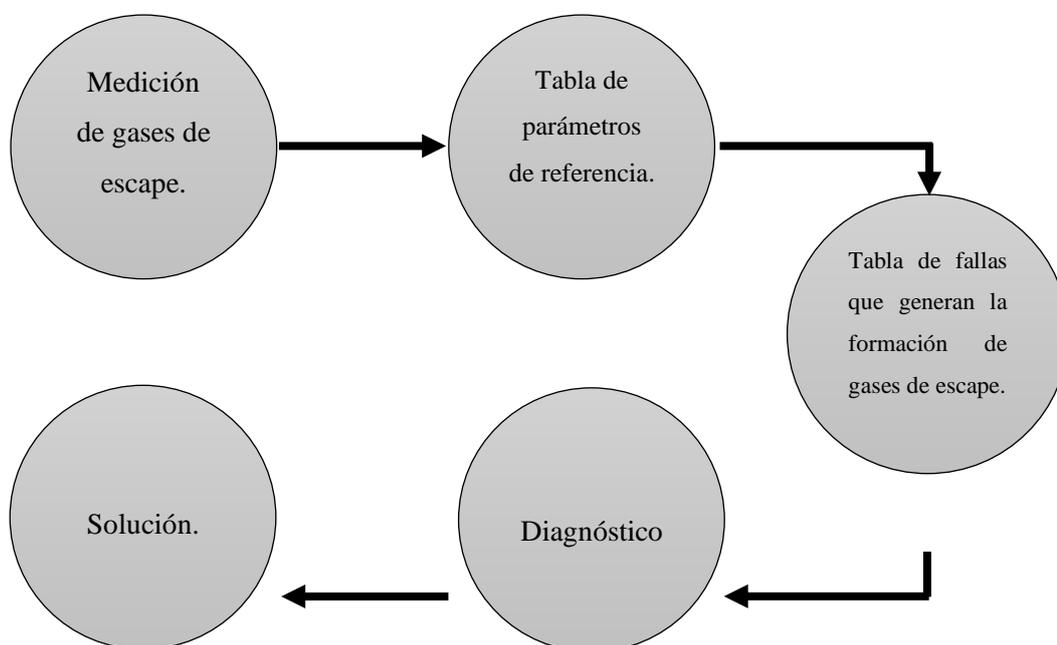


Figura. 3.6 Metodología aplicada al plan de diagnóstico

Figura 3.6 Metodología aplicada al plan de diagnóstico

Para ejecutar el diagnóstico de fallas en los vehículos con motores de encendido provocado MEP, a través de una prueba en estado estático, se escogieron 5 vehículos livianos, todos de la misma marca y modelo, pero con diferente kilometraje, los cuales utilizan gasolina como combustible.

Siguiendo el protocolo de medición dado, se obtienen los datos a través del analizador de gases modelo AGS – 688 BRAIN BEE, después se debe comparar con los valores de las tablas de parámetros de referencia de acuerdo al tipo de vehículo, para poder establecer en qué rango se encuentra. A continuación, se describirá la definición de algunos términos.

Rango establecido: es una sucesión de valores obtenidos de un vehículo nuevo por medio de un analizador de gases modelo AGS - 688 BRAIN BEE, los cuales son considerados como parámetros estándares debido a que el motor se encuentra nuevo, en perfectas condiciones de trabajo y emite una reducida contaminación ambiental, los valores mínimos obtenidos son el rango base, tanto en ralentí, como en plena carga.

Defecto tipo 1: son aquellos defectos que aparecen cuando se analiza un vehículo y tiene una similitud con el de los parámetros estándares, evidenciando que existe la presencia de defectos que no involucran un riesgo para el motor del vehículo y para el medio ambiente tanto en ralentí, como en plena carga.

Defecto tipo 2: son aquellos defectos que aparecen cuando se analiza un vehículo y tiene una similitud con el de los parámetros estándares, evidenciando que existe la presencia de defectos que son un riesgo potencial para el motor del vehículo y para el medio ambiente tanto en ralentí, como en plena carga.

Defecto tipo 3: son aquellos defectos que aparecen cuando se analiza un vehículo y tiene una similitud con el de los parámetros estándares, evidenciando que existe un riesgo inminente para los componentes del automotor y el medio ambiente, estos defectos si condicionan al vehículo y a la revisión técnica del automotor.

Siguiendo con la metodología aplicada al plan de diagnóstico, se cuenta con la tabla 3.1. en la cual se expresa todos los componentes que más inciden en la formación de gases de escape; en esta tabla se puede evidenciar los componentes que presentan problemas, ya sean desde defectos tipo 1 (leves), hasta defectos tipo 3 (graves), y que son un hecho en la formación de los gases de escape CO, CO₂, HC, O₂, NO_x el factor lambda (λ).

Tabla 3.1 Componentes que más inciden en la formación de los gases de escape

Tabla 3.1 Componentes que más inciden en la formación de los gases de escape

| ÁREA DE CONTROL | COMPONENTES QUE INCIDEN A LA FORMACIÓN DE GASES | GASES | | | | | |
|--------------------------|---|----------|----------|-----------------|-----------------------|----------------------|---|
| | | CO altos | HC altos | N _{OX} | CO ₂ bajos | O ₂ altos | |
| Sistema de alimentación | Filtro de combustible | | X | | | | |
| | Válvula PCV | X | | | | | |
| | Inyectores | X | X | | X | | |
| | Bomba de alimentación | | X | | | | |
| | Válvulas | X | X | | | X | |
| | Regulador de presión combustible | X | X | X | | | |
| | Filtro de aire | X | | | | | |
| | Aceite | | X | | | | |
| Sistema de refrigeración | Sensor de temperatura (ECT) | X | X | X | | | |
| Sistema de encendido | Sensor de O ₂ | X | | | | X | |
| | Sensor IAT | X | X | | | | |
| | Sensor MAF | X | X | X | | | |
| | Sensor MAP | X | X | X | | | |
| | Sensor CKP | | X | | | | |
| | Sensor de posición de Mariposa (TPS) | | | X | X | | |
| | Sensor CMP | X | X | | X | | |
| | Tiempo de encendido | X | X | | | | |
| | Bujías | X | X | | X | X | |
| | Cable de bujías | X | X | | | | |
| | Bobina de encendido | | X | | X | | |
| | Batería | | X | | | | |
| | Múltiple es escape | | | | | | X |
| Sistema de escape | Conductos de evacuación | | | | | X | |
| | Cánister o sistema EVAP | | X | | | X | |
| | Sistema EGR | | | X | | | |
| | Catalizador | X | | X | X | | |
| | Sonda lambda | | | | | X | |

Para finalizar, se realiza un diagnóstico a los vehículos, llevando a cabo todo el proceso para tener un informe del estado actual de los componentes del motor, aplicando el protocolo de medición basada en las emisiones de gases de escape CO, CO₂, HC, O₂, N_{OX} y el factor lambda (λ).

3.3.1 VEHÍCULOS CON CILINDRADA DE 1500 CC

Los vehículos con que se trabajó, son de una cilindrada de 1500cc, estos vehículos han sido seleccionados porque se encuentran muy activos en el mercado automotriz, los vehículos tienen un motor de 1500 CC., con una potencia de 83 CV @ 5600 rpm y 128 Nm @ 3000 rpm, creado para trabajos liviano, pero soportan el kilometraje.

A continuación, en la tabla 3.2. se evidencia los parámetros estándares de referencia de las emisiones de gases para vehículos de 1500 CC., con esta tabla analizaremos los valores obtenidos de las pruebas del vehículo nuevo y de los usados, y así poder ubicar los defectos 1, 2 y 3 simultáneamente.

Tabla 3.2 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralenti y a 2500rpm.

Tabla 3.2 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralenti y a 2500rpm.

| GASES DE ESCAPE EN RALENTI | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |
| GASES DE ESCAPE A 2500 RPM | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |

3.4 VALIDACIÓN DE LOS DATOS

Realizada las pruebas de gases de escape en diferentes vehículos con la ayuda del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, se procedió a evaluar los análisis de emisiones de monóxido de carbono CO, hidrocarburos no combustionados HC, óxidos de nitrógeno NO_x, tanto del vehículo nuevo como de los vehículos de más de 100000 km, para comprobar en qué estado se encuentra los componentes y para saber que componentes inciden en la formación de gases de escape.

3.4.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL VEHÍCULO NUEVO

En la figura 3.7. se puede evidenciar los valores promedios obtenidos de las pruebas realizadas al vehículo nuevo marca Aveo modelo Family 1.5, cumpliendo con los regímenes de trabajo y con la metodología establecida para el desarrollo de la investigación planteada.

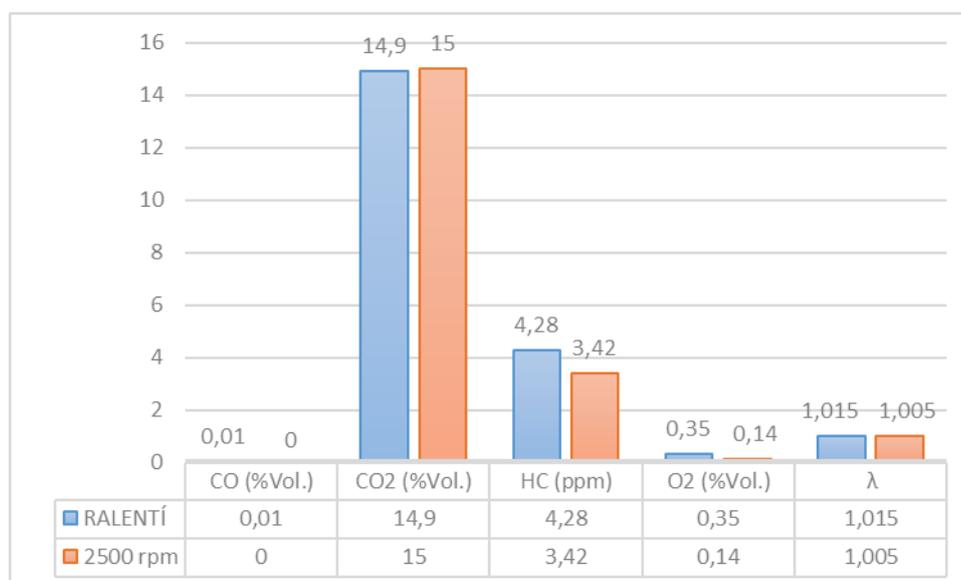


Figura 3.7 Promedio de gases de escape vehículo nuevo

Figura 3.7 Promedio de gases de escape vehículo nuevo

Para poder diagnosticar el estado en el que se encuentra el motor y sus componentes primero se debe revisar la figura 3.8. en la cual se encuentra los parámetros estándares para vehículos a gasolina, con estos valores se podrá realizar una evaluación del motor para saber en qué estado se encuentra el motor y sus componentes.

| GASES DE ESCAPE EN RALENTI | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |
| GASES DE ESCAPE A 2500 RPM | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |

Figura 3.8 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

Figura 3.8 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

A continuación, se debe examinar la tabla 3.1 en la cual claramente vemos los elementos del motor que inciden en la formación de los gases CO, HC, O₂, CO₂ y Nox y el factor lambda (λ), con la ayuda de esta tabla podremos ir relacionando los defectos que existen en el motor.

Siguiendo con la metodología, una vez analizado el estado actual del vehículo con la ayuda del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, tenemos la siguiente tabla 3.3 en donde consta los valores obtenidos.

Tabla 3.3 Estado actual del vehículo nuevo en ralentí

Tabla 3.3 Estado actual del vehículo nuevo en ralentí

| VEHICULO NUEVO | | | | | |
|--|------------|------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O ₂ (%Vol.) | CO ₂ (%Vol.) | λ |
| Gases de escape en ralentí (810) | 0,01 | 4,28 | 0,35 | 14,9 | 1,015 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango Ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Tabla 3.4 Estado actual del vehículo nuevo a 2500 rpm

Tabla 3.4 Estado actual del vehículo nuevo a 2500 rpm

| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O ₂ (%Vol.) | CO ₂ (%Vol.) | λ |
|--|------------|------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| Gases de escape a 2.500 rpm | 0 | 3,42 | 0,14 | 15 | 1,005 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango Ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Una vez analizado el vehículo nuevo, como se muestra en la tabla 3.3 se comprueba que los valores expuestos de monóxido de carbono CO, se encuentran en 0,01 % Vol. en ralentí y 0 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de hidrocarburos no quemados HC, se encuentran en 4,28 % ppm. en ralentí y 3,42 % ppm. a 2500 rpm; los valores obtenidos nos dan a entender que el vehículo se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento ya que sus valores están dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de oxígeno O₂, se encuentran en 0,35 % Vol. en ralentí y 0,14 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de dióxido de carbono CO₂, se encuentra en 14,9 % Vol. en ralentí y 15 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos tanto en ralentí como en plena carga nos revela que el vehículo se encuentra en excelentes condiciones.

Los valores del factor lambda (λ), se encuentra en 1,015 %ppm. en ralentí y 1,005 %ppm. a 2500 rpm; estos valores se encuentran dentro del valor ideal.

Se concluye que el vehículo nuevo al cual se realizó los análisis si se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

3.4.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL VEHÍCULO USADO (A) CON 35,670 KM

En la figura 3.9 se puede evidenciar los valores promedios obtenidos de las pruebas realizadas al vehículo usado (a) marca Aveo modelo Family 1.5, cumpliendo con los regímenes de trabajo y con la metodología establecida para el desarrollo de la investigación planteada.

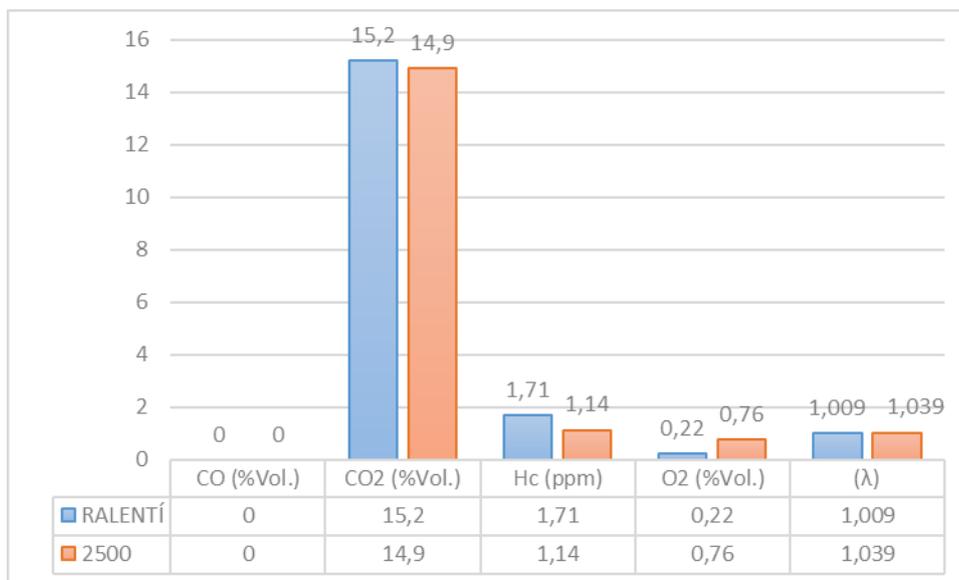


Figura 3.9 Promedio de gases de escape vehículo usado con 35,670 Km.

Figura 3.9 Promedio de gases de escape vehículo usado con 35,670 Km

Para poder diagnosticar el estado en el que se encuentra el motor y sus componentes primero se debe revisar la figura 3.10 en la cual se encuentra los parámetros estándares para vehículos a gasolina, con estos valores se podrá realizar una evaluación del motor para saber en qué estado se encuentra el motor y sus componentes.

| GASES DE ESCAPE EN RALENTI | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |
| GASES DE ESCAPE A 2500 RPM | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |

Figura 3.10 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

Figura 3.10 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2.500rpm

A continuación, se debe examinar la tabla 3.1 en la cual podemos ver el área de control y los componentes que inciden en la formación de los gases CO, HC, O₂, CO₂, NO_x y factor lambda (λ), con la ayuda de esta figura podremos ir relacionando los defectos que existen en el motor y en sus componentes.

Siguiendo con la metodología, una vez analizado el estado actual del vehículo usado (a) con la ayuda del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, tenemos la siguiente tabla 3.4 en donde consta los valores obtenidos.

Tabla 3.5 Estado actual del vehículo usado (a) con 35,670 Km a ralentí

Tabla 3.5 Estado actual del vehículo usado (a) con 35,670 Km a ralentí

| VEHICULO USADO CON A 35,670 KM | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-------------|
| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O ₂ (%Vol.) | CO ₂ (%Vol.) | λ |
| Gases de escape en ralentí (810) | 0 | 1,71 | 0,22 | 15,2 | 1,009 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Tabla 3.6 Estado actual del vehículo usado (a) con 35,670 Km a 2500 rpm

Tabla 3.6 Estado actual del vehículo usado (a) con 35,670 Km a 2500 rpm

| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O ₂ (%Vol.) | CO ₂ (%Vol.) | λ |
|--|---------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-------------|
| Gases de escape a 2.500 rpm | 0 | 1,14 | 0,76 | 14,9 | 1,039 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Una vez analizado el vehículo usado con 35,670 Km, como se muestra en la tabla 3.4 se comprueba que los valores expuestos de monóxido de carbono CO, se encuentran en 0 % Vol. en ralentí y 0 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de hidrocarburos no quemados HC, se encuentran en 1,71 % ppm. en ralentí y 1,14 % ppm. a 2500 rpm; los valores obtenidos nos dan a entender que el vehículo se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento ya que sus valores están dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de oxígeno O₂, se encuentran en 0,22 % Vol. en ralentí y 0,76 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de dióxido de carbono CO₂, se encuentra en 15,2 % Vol. en ralentí y 14,9 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos tanto en ralentí como en plena carga nos revela que el vehículo se encuentra en excelentes condiciones.

Los valores del factor lambda (λ), se encuentra en 1,009 %ppm. en ralentí y 1,039 %ppm. a 2500 rpm; estos valores se encuentran dentro del valor ideal.

Se concluye que el vehículo usado (a) al cual se realizó los análisis si se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

3.4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VEHÍCULO USADO (B) CON 157,708 KM

En la figura 3.11 se puede evidenciar los valores promedios obtenidos de las pruebas realizadas al vehículo usado (b) marca Aveo modelo Family 1.5, cumpliendo con los regímenes de trabajo y con la metodología establecida para el desarrollo de la investigación planteada.

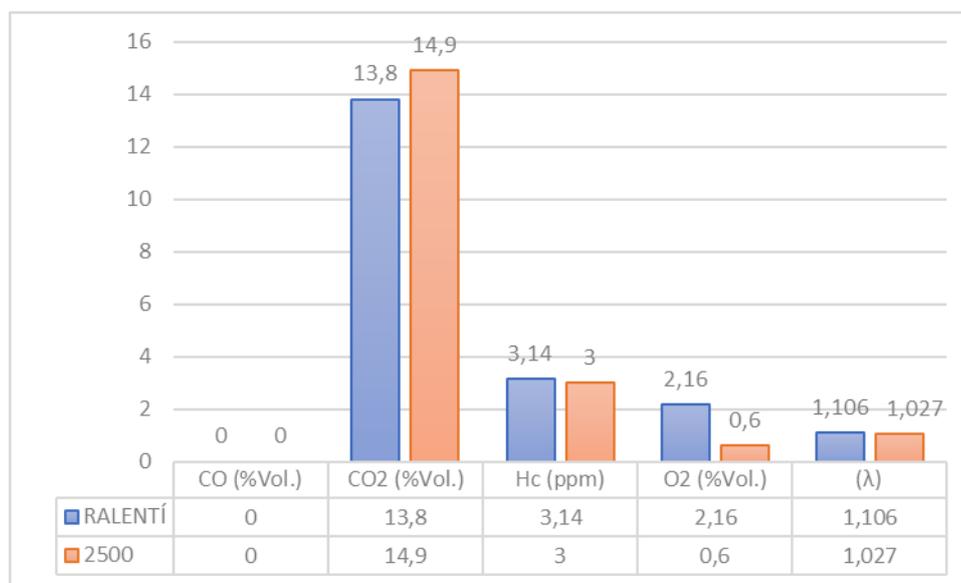


Figura 3.11 Promedio de gases de escape vehículo usado con 157,708 Km

Figura 3.11 Promedio de gases de escape vehículo usado con 157,708 Km

Para diagnosticar el estado en el que se encuentra el motor y sus componentes primero se debe revisar la figura 3.12 en la cual se encuentra los parámetros estándares para vehículos

a gasolina, con estos valores se podrá realizar una evaluación del motor para saber en qué estado se encuentra el motor y sus componentes.

| GASES DE ESCAPE EN RALENTI | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |
| GASES DE ESCAPE A 2500 RPM | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |

Figura 3.12 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500 rpm.

Figura 3.12 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

A continuación, se debe examinar la figura 3.1. en la cual podemos ver el área de control y los componentes que inciden en la formación de los gases CO, HC, O₂, CO₂ y NO_x y el factor lambda (λ), con la ayuda de esta figura podremos ir relacionando los defectos que existen en el motor y en sus componentes.

Siguiendo con la metodología, una vez analizado el estado actual del vehículo usado (b) con la ayuda del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, tenemos la siguiente tabla 3.5 en donde consta los valores obtenidos.

Tabla 3.7 Estado actual del vehículo usado (b) con 157,708 km a ralentí

Tabla 3.7 Estado actual del vehículo usado (b) con 157,708 km a ralentí

| VEHICULO USADO B CON 157,708 KM | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%Vol.) | λ |
| Gases de escape en ralentí (810) | 0 | 3,14 | 2,16 | 13,8 | 1,106 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Tabla 3.8 Estado actual del vehículo usado (b) con 157,708 km a ralentí

Tabla 3.8 Estado actual del vehículo usado (b) con 157,708 km a 2500 rpm

| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%Vol.) | λ |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Gases de escape a 2.500 rpm | 0 | 1,14 | 0,76 | 14,9 | 1,039 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Una vez analizado el vehículo usado con 157,708 Km, como se muestra en la tabla 3.5 se comprueba que los valores expuestos de monóxido de carbono CO, se encuentran en 0 % Vol. en ralentí y 0 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de hidrocarburos no quemados HC, se encuentran en 3,14 % ppm. en ralentí y 3 % ppm. a 2500 rpm; los valores obtenidos nos dan a entender que el vehículo se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento ya que sus valores están dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de oxígeno O₂, se encuentran en 2.16 % Vol. en ralentí y 0,6 % Vol. a 2500 rpm; el valor obtenido en ralentí tiene un ligero aumento, pero no sobre pasa el valor estándar y

el valor en plena carga se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de dióxido de carbono CO₂, se encuentra en 13,8 % Vol. en ralentí y 14,9 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos tanto en ralentí como en plena carga nos revela que el vehículo se encuentra en excelentes condiciones de funcionamiento.

Los valores del factor lambda (λ), se encuentra en 1,106 %ppm. en ralentí y 1,027 %ppm. a 2500 rpm; el valor en ralentí no se encuentra dentro de los límites establecidos indicándonos que tenemos una mezcla levemente pobre, por otro lado, a 2500 rpm tenemos un valor ideal.

Se concluye que el vehículo usado (b) al cual se realizó los análisis si se encuentra dentro de los parámetros establecidos en instructivo de revisión técnica vehicular.

3.4.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VEHÍCULO USADO (C) CON 328,428 KM

En la figura 3.13 se puede evidenciar los valores promedios obtenidos de las pruebas realizadas al vehículo usado (c) marca Aveo modelo Family 1.5, cumpliendo con los regímenes de trabajo y con la metodología establecida para el desarrollo de la investigación planteada.

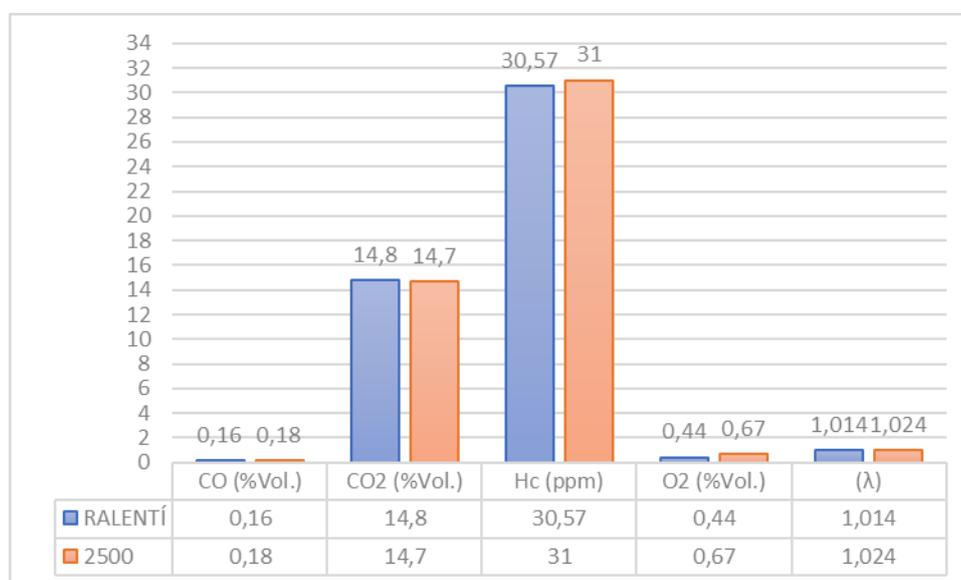


Figura 3.13 Promedio de gases de escape vehículo usado con 328,428 Km

Figura 3.13 Promedio de gases de escape vehículo usado con 328,428 Km

Para diagnosticar el estado en el que se encuentra el motor y sus componentes primero se debe revisar la figura 3.14 en la cual se encuentra los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular para vehículos a gasolina, con estos valores se podrá realizar una evaluación del motor para saber en qué estado se encuentra el motor y sus componentes.

| GASES DE ESCAPE EN RALENTI | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |
| GASES DE ESCAPE A 2500 RPM | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |

Figura 3.14 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

Figura 3.14 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

A continuación, se debe examinar la figura 3.1 en la cual podemos ver el área de control y los componentes que inciden en la formación de los gases CO, HC, O₂, CO₂, NO_x y el factor lambda (λ), con la ayuda de esta figura podremos ir relacionando los defectos que existen en el motor y en sus componentes.

Siguiendo con la metodología, una vez analizado el estado actual del vehículo usado (b) con la ayuda del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, tenemos la siguiente tabla 3.6 en donde consta los valores obtenidos.

Tabla 3.9 Estado actual del vehículo usado (c) con 328,428 km en ralentí

Tabla 3.9 Estado actual del vehículo usado (c) con 328,428 km en ralentí

| VEHICULO USADO C CON 328,428 KM | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%Vol.) | λ |
| Gases de escape en ralentí (810) | 0,16 | 30,57 | 0,44 | 14,8 | 1,014 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Tabla 3.10 Estado actual del vehículo usado (c) con 328,428 km a 2500 rpm

Tabla 3.10 Estado actual del vehículo usado (c) con 328,428 km a 2500 rpm

| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%Vol.) | λ |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Gases de escape a 2500rpm | 0,18 | 31 | 0,67 | 14,7 | 1,024 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Una vez analizado el vehículo usado con 328,428 Km, como se muestra en la tabla 3.6 se comprueba que los valores expuestos de monóxido de carbono CO, se encuentran en 0,16 % Vol. en ralentí y 0,18 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular, en donde nos muestra que se encuentra en excelentes condiciones.

Los valores de hidrocarburos no quemados HC, se encuentran en 30,57 % ppm. en ralentí y 31 % ppm. a 2500 rpm; los valores obtenidos nos dan a conocer que el vehículo se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento ya que sus valores están dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de oxígeno O₂, se encuentran en 0,44 % Vol. en ralentí y 0,67 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos en ralentí y en plan carga se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de dióxido de carbono CO₂, se encuentra en 14,8 % Vol. en ralentí y 14,7 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos tanto en ralentí como en plena carga nos revela que el vehículo se encuentra en muy buenas condiciones de funcionamiento como nos indica la figura 1.3.

Los valores del factor lambda (λ), se encuentra en 1,014 % ppm. en ralentí y 1,024 % ppm. a 2500 rpm; estos valores se encuentran dentro de los valores estándares indicándonos que el factor lambda se encuentra en un valor ideal.

Se concluye que el vehículo usado (c) al cual se realizó los análisis si se encuentra dentro de los parámetros establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

3.4.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VEHÍCULO USADO (D) CON 406,058 KM

En la figura 3.15 se puede evidenciar los valores promedios obtenidos de las pruebas realizadas al vehículo usado (d) marca Aveo modelo Family 1.5, cumpliendo con los regímenes de trabajo y con la metodología establecida para el desarrollo de la investigación planteada.

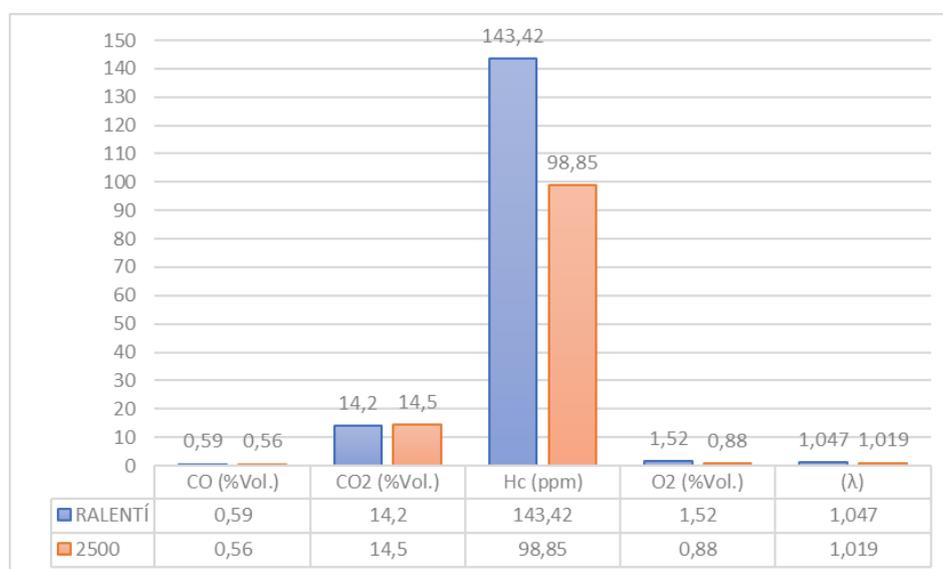


Figura 3.15 Promedio de gases de escape vehículo usado con 406,058 Km

Figura 3.15 Promedio de gases de escape vehículo usado con 406,058 Km

Para diagnosticar el estado en el que se encuentra el motor y sus componentes primero se debe revisar la figura 3.16 en la cual se encuentra los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular para vehículos a gasolina, con estos valores se podrá realizar una evaluación del motor para saber en qué estado se encuentra el motor y sus componentes.

| GASES DE ESCAPE EN RALENTI | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |
| GASES DE ESCAPE A 2500 RPM | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%) | Nox (%ppm.) | Factor Lambda (λ) |
| Rango Ok | 0 - 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 927 | 0.95 – 1.05 |
| Defecto 1 | 1.3 - 1.7 | 251 - 350 | 3.1 - 4 | | | |
| Defecto 2 | 1.8 - 2 | 351 - 400 | 4.1 - 7 | | | |
| Defecto 3 | > 2 | > 400 | > 7 | | | |

Figura 3.16 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

Figura 3.16 Parámetros estándares de referencia de emisiones de gases en ralentí y a 2500rpm

A continuación, se debe examinar la figura 3.1 en la cual podemos ver el área de control y los componentes que inciden en la formación de los gases CO, HC, O₂, CO₂, NO_x y el factor lambda (λ), con la ayuda de esta figura podremos ir relacionando los defectos que existen en el motor y en sus componentes.

Siguiendo con la metodología, una vez analizado el estado actual del vehículo usado (d) con la ayuda del analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee, tenemos la siguiente tabla 3.7 en donde constan los valores obtenidos.

Tabla 3.11 Estado actual del vehículo usado (d) con 406,058 km a ralentí

Tabla 3.11 Estado actual del vehículo usado (d) con 406,058 km a ralentí

| VEHICULO USADO D CON 406,058 KM | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%Vol.) | λ |
| Gases de escape en ralentí | 0,59 | 143,42 | 1,52 | 14,2 | 1,047 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Tabla 3.12 Estado actual del vehículo usado (d) con 406,058 km a 2500 rpm

Tabla 3.12 Estado actual del vehículo usado (d) con 406,058 km a 2500 rpm

| GASES DE ESCAPE | CO (%Vol.) | HC (%ppm.) | O₂ (%Vol.) | CO₂ (%Vol.) | λ |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Gases de escape a 2500rpm | 0,56 | 98,85 | 0,88 | 14,5 | 1,019 |
| Parámetros estándares | 0 – 1.2 | 0 - 250 | 0 - 3 | 12 - 16 | 0,95 – 1,05 |
| Rango ok | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Componentes que inciden en la formación de gases | | | | | |

Una vez analizado el vehículo usado (d) con 406,058 Km, como se muestra en la tabla 3.7 se comprueba que los valores expuestos de monóxido de carbono CO, se encuentran en 0,59 % Vol. en ralentí y 0,56 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos tanto en ralentí como en plena carga se encuentran dentro de los parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de hidrocarburos no quemados HC, se encuentran en 143,42 % ppm. en ralentí y 98,85 % ppm. a 2500 rpm; los valores obtenidos en este análisis tienen un ligero aumento y nos dan a entender que el vehículo puede tener en un futuro defectos tipo 1 si no se revisa a tiempo los componentes que inciden la formación de este gas, pero estos valores no superan los estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular.

Los valores de oxígeno O₂, se encuentran en 2.16 % Vol. en ralentí y 0,6 % Vol. a 2500 rpm; el valor obtenido en ralentí tiene un ligero aumento y nos dan a entender que el vehículo puede tener en un futuro defectos tipo 1, el valor en plena carga se encuentra dentro de los

parámetros estándares establecidos en el instructivo de revisión técnica vehicular indicando que el vehículo se encuentra en excelentes condiciones de funcionamiento.

Los valores de dióxido de carbono CO₂, se encuentra en 13,8 % Vol. en ralentí y 14,9 % Vol. a 2500 rpm; los valores obtenidos tanto en ralentí como en plena carga nos revela que el vehículo se encuentra en muy buenas condiciones de funcionamiento como se puede comprobar en la tabla 1.3.

Los valores del factor lambda (λ), se encuentra en 1,106 % ppm. en ralentí y 1,027 % ppm. a 2500 rpm; estos valores se encuentran dentro de los límites permisibles de concentración de emisiones indicándonos que la mezcla del factor lambda es ideal para el funcionamiento.

Se concluye que el vehículo usado (d) al cual se realizó los análisis si se encuentra dentro de los parámetros establecidos en instructivo de revisión técnica vehicular.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En base a los datos obtenidos de las pruebas estáticas de análisis de gases de escape y al estudio realizado se reveló los componentes que inciden a la formación de gases de escape como son: el monóxido de carbono (CO), para la formación de este gas inciden los siguientes componentes como son la válvula PCV, inyectores, válvulas, regulador de presión de combustible, filtro de aire, sensor de temperatura ECT, sensor O₂, sensor IAT, sensor MAF, sensor MAP, sensor CMP, tiempo de encendido, bujías, cable de bujías y catalizador. Los hidrocarburos no combustionados (HC), para la formación de este gas inciden los siguientes componentes como es el filtro de combustible, inyectores, válvulas, bomba de alimentación, regulador de presión de combustible, aceite, sensor de temperatura ECT, sensor IAT, sensor MAF, sensor MAP, sensor CKP, sensor CMP tiempo de encendido, bujías, cable de bujías, bobina de encendido, batería, cánister y sistema EVAP. El dióxido de carbono (CO₂), para la formación de este gas inciden los siguientes componentes como son los inyectores, sensor TPS, sensor CMP, bujías, bobina de encendido y catalizador. El oxígeno (O₂), para la formación de este gas inciden los siguientes componentes como son las válvulas, sensor O₂, bujías, fugas en el múltiple de escape, conductos de evacuación, cánister, sistema EVAP y sonda lambda. Los óxidos de nitrógeno (NO_x), para la formación de este gas inciden los siguientes componentes como es el regulador de presión de combustible, sensor de temperatura ECT, sensor MAF, sensor MAP, sensor de posición de la mariposa, sistema EGR y catalizador.
- Analizando a los cinco vehículos marca Chevrolet modelo Aveo Family, se puede obtener los siguientes promedios, a ralentí de 0 a 1.2 % volumen de CO, un 0 a 250 %

ppm de HC, un 0 a 3 % volumen de O₂, un 12 a 16 % de CO₂, un 927 % ppm de NO_x y un 0.95 a 1.05 de factor lambda (λ) y a un régimen de 2500 rpm se obtuvo un promedio de 0 a 1.2 % volumen de CO, un 0 a 250 % ppm de HC, un 0 a 3 % volumen de O₂, un 12 a 16 % de CO₂, un 927 % ppm de NO_x y un 0.95 a 1.05 de factor lambda (λ).

- Para la disminución de la contaminación ambiental y el cambio climático que provocan las emisiones de gases de escape es necesario mantenerse al margen de un plan de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil del motor y sus componentes y así evitar daños futuros al motor.
- El diagnóstico de un vehículo se lo realiza de la manera más sencilla por medio de una prueba no invasiva a través de un analizador de gases portátil, lo que reduce los costos y el resultado de las pruebas realizadas se obtiene de una manera rápida para comodidad del usuario.
- El aceite empleado en los cinco vehículos fue un super multigrado extra, de clasificación SAE 15W40 API CJ, esto por su elevada capacidad de lubricidad y propiedades detergentes, tanto a bajas como a elevadas temperaturas protegiendo así al motor en arranques en frío y a regímenes altos.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas de emisiones de gases de escape a los vehículos para determinar el estado en que se encuentra el motor y sus componentes, para así evitar la formación de los gases contaminantes como el CO, HC O₂ y NO_x aplicando la metodología usada en el presente proyecto y comprobar los parámetros estándares que se obtuvo en la investigación para mitigar la contaminación ambiental.
- Se recomienda elegir un aceite correcto para corroborar con la disminución de gases contaminantes, para un motor nuevo que no haya alcanzado el cuarto de vida útil, es decir que no supere los 100000 km, se debería elegir un aceite multigrado con grados de viscosidad no mayores a 5W30 o 10W30 bajo clasificación SAE. Para motores con el promedio de vida útil de un 25 a 75%, es decir de los 100000 a los 400000 km, se debería optar por un aceite de viscosidad 15W40 y para motores con vida útil mayor al 75%, es decir que exceda los 400000 km, se debería recomendar un aceite con mayor grado de viscosidad, como podría ser un 20W40 o un 25W60.
- Se recomienda realizar un mantenimiento predictivo programado a todos los vehículos, de acuerdo a las condiciones de conducción, climáticas y topográficas, para así prolongar la vida útil del motor y de sus componentes, de esta manera se coadyuvaría con la disminución de la contaminación climática ambiental y por ende mejorar la calidad de vida de las personas.

5. REFERENCIAS

1. Acuña, N. (12 de mayo de 2019). *Issuu*. Obtenido de Guia de Aprendizaje Diagnostico de motor diesel y gasolina: https://issuu.com/nikoaku/docs/guia_aprendizaje_diagnostico_del_mo
2. Águeda Casado, E., García Jiménez, J., Navarro, J. M., & Gómez Morales, T. (2002). *Fundamentos Tecnológicos del Automóvil*. España: Thomson.
3. Alegria Barrios, J. A. (28 de 11 de 2007). *mailxmail.com*. Obtenido de Emisión de gases: <http://www.mailxmail.com/curso-emision-gases/tabla-estequiometrica>
4. Arias Montaña, E. I., & Ludeña Ayala, J. A. (2018). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15325/1/UPS-CT007541.pdf>
5. Azcona Motor. (13 de Mayo de 2014). *Azcona Motor*. Obtenido de <http://www.azconamotor.com/2014/05/13/curvas-y-potencia-par/>
6. Ballester Bauset, S., Olmeda González, P. C., Macián Martínez, V., & Tormos Martínez, B. (Diciembre de 2002). *Es aquel que se ocupa de la reparacion una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación*. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/4/39/a39.pdf>
7. Buen Vivir Plan Nacional. (2013 - 2017). *Objetivo 7*.
8. Carpoint.com.ec. (2020). *DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ COMPUTARIZADO – Car Point – Centro de Servicio Automotriz multimarca*. Obtenido de <https://www.citethisforme.com/es/cite/sources/websiteautociteeval>
9. Carreras, R., Flórez, J., Callejón, I., Carrera, X., Balsells, D., Bonet, O., & Espada, I. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Barcelona: UPC.
10. Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujías con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*.
11. Cip.org.ec. (s.f.). Obtenido de <http://www.cip.org.ec/attachments/article/401/Anexo%203%20Emisiones%20a%20Aire.pdf>
12. Clará Díaz, O. A., Domínguez de Paz, R. A., & Pérez Medrano, E. A. (2013). *Sistema de gestión de mantenimiento productivo total para talleres automotices del sector público*. San Salvador.

13. CODIGOSDTC. (Agosto de 2020). *codigosDTC.com*. Obtenido de <https://codigosdte.com/obd/>
14. Ecologistas en Acción. (1 de Diciembre de 2009). *Emisiones de CO2 de los vehículos convencionales e híbridos • Ecologistas en Acción*. Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/16233/2-emisiones-de-co2-de-los-vehiculos-convencionales-e-hibridos/>
15. Ferreruela Ruiz, S., & Charif, S. (s.f.). *combust5SergioSofian*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/combust5sergiosofian/home>
16. fielweb. (2015). *Competencias.gob.ec*. Obtenido de Reglamento relativo a los procesos de la revisión de vehículos a motor: <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/03NOR2017-REGLAMENTO-PROCESOS-DE-REVISION-VEHICULOS-MOTOR.pdf>
17. Flores Meneses, O. F. (2017). Medición de emisiones vehiculares y de desempeño de potencia de un motor dedicado a gasolina convertido a gas natural vehicular. *Journal of the Selva Andina Biosphere*.
18. *Fundación Vida Sostenible.org*. (2016). Obtenido de <http://www.vidasostenible.org/informes/historia-de-las-tecnologias-de-reduccion-de-emisiones-contaminantes-en-vehiculos/>
19. García Garrido, S. (2010). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.S.A.
20. Giacosa , D. (1988). *Motores Endotérmicos*. Ediciones Omega S.A.
21. Giacosa, D. (1989). *Motores Endotérmicos*. Omega S.A.
22. González Calleja, D. (2016). *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
23. Grupo Electrotécnica. (2018). *Grupo Electrotécnica*. Obtenido de <http://www.grupoelectrotecnica.com/es/servicios/mantenimiento-preventivo-y-predictivo>
24. Guerrero, A. (Mayo de 2014). Aumento del parque automotor pesa más en la contaminación. *El Comercio*.
25. Imbabura, N. (23 de Noviembre de 2009). El aire de Ibarra lleno de contaminación. *La Hora*.
26. Innovación y Cualificación, S.L. (2014). *Gestión Ambiental de la Empresa*. Bogotá: ic.

27. Instituto para la Salud Geoambiental. (s.f.). *Dióxido de carbono CO2*. Obtenido de [https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20\(CO2,la%20vida%20en%20la%20Tierra.](https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20(CO2,la%20vida%20en%20la%20Tierra.)
28. Lameda, C. (mayo de 2015). MÉTODOS RELACIONADOS CON DIAGNÓSTICOS DE FALLAS CON SÍNTOMAS IMPRECISOS MEDIANTE COMPARACIÓN DE CASOS. *Revista Digital de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre"*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:uFttD22LHKwJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5329325.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>
29. Lopera Echavarría, J. D., Ramírez Gómez, C. A., Zuluaga Aristizábal, M. U., & Ortiz Vanegas, J. (2010). El método analítico como método natural. *Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*.
30. MAE. (2006).
31. Manual AGS 688. (2017). *Mexico Documents*. Obtenido de <https://vdocuments.mx/manual-ags-688.html>
32. Mapa Mental. (15 de Septiembre de 2013). *Mapa Mental*. Obtenido de <http://mimapamental.blogspot.com/2013/09/diferencias-entre-mep-y-mec.html>
33. Marlen, & C, P. (s.f.). *Monografias.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos88/clasificacion-contaminantes-quimicos/clasificacion-contaminantes-quimicos.shtml>
34. Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la mecánica*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
35. Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación: <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
36. Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>
37. Molina, J. (2006). *Mantenimiento y Seguridad Industrial*.
38. Moretton, J. (1996). *Contaminación del aire en la Argentina*. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/MonoxiCar.htm>

39. MOTORGIGA. (s.f.). *Diccionario.motorgiga.com*. Obtenido de ANALIZADOR DE LOS GASES DE ESCAPE - Definición - Significado: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/analizador-de-los-gases-de-escape-definicion-significado/gmx-niv15-con187.htm>
40. Norm Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-935 (Novena revisión). (22 de 02 de 2016). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nte-inen-935-9.pdf>
41. Norma Técnica Ecuatoriana. (10 de 01 de 2017). *SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
42. NTE INEN 2204. (14 de 11 de 2016). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE UTILIZAN GASOLINA*. Obtenido de <file:///C:/Users/Laptop%2015/OneDrive/Documentos/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>
43. NTE INEN 2204:2002. (30 de 09 de 2002). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA*. . Obtenido de <file:///C:/Users/Laptop%2015/OneDrive/Documentos/NORMATIVA%202204.2002.pdf>
44. Ortiz, M. (2010). Reducción de las emisiones de CO2. *Dialnet*.
45. Payri , F., & Desantes , J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Valencia: Reverté.
46. Piñón , J. (2010). La relación de compresión . *Excelencias Magazines*.
47. Redacción Negocios y Sierra Centro . (9 de Marzo de 2017). Ajuste en los motores por regla ambiental. *El Comercio*.
48. Redacción País Adentro. (5 de Agosto de 2017). Los vehículos son los que más contaminan el aire. *el telégrafo*.
49. Respira México. (s.f.). *Respira México*. Obtenido de <http://respiramexico.org.mx/emisiones-vehiculares/>

50. Respiro. (25 de Enero de 2013). *Respiro*. Obtenido de <https://www.respiro.es/blog/2013/01/25/que-efectos-tienen-las-emisiones-de-los-vehiculos/>
51. Rey Sacristán, F. (2 de Agosto de 2014). *Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo*. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/98/3064/a3064.pdf>
52. Reyes Cualchi, J. P. (Abril de 2018). *Repositorio.utn.edu.ec*. Obtenido de Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI): <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8354>
53. Rivera, N., Chica, J., Zambrano, I., & García, C. (2017). Estudio Del Comportamiento De Un Motor Ciclo Otto De Inyección Electrónica Respecto De La Estequiometría De La Mezcla Y Del Adelanto Al Encendido Para La Ciudad De Cuenca. *Revista Politécnica*.
54. Ro-des.com. (9 de julio de 2020). *Motores gasolina, cómo funciona, ventajas y desventajas*. Obtenido de <https://www.ro-des.com/mecanica/motores-gasolina/>
55. Rosero Obando, F. A. (ABRIL de 2014). *Repositorio.puce.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11281/TESIS-PUCE-Rosero%20Obando%20Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
56. Rueda Santander, J. (2013). *Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz*. Colombia: diseli.
57. Ruiz, L. (s.f.). *Academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/9312464/CICLOS_TE%3%93RICOS_Y_REALES_DE_LOS_MOTORES_DE_COMBUSTI%3%93N_INTERNA
58. Salazar Villalba, R. I. (2018). *IMPACTO DE LOS GASES PRODUCIDOS EN LOS TALLERES DE LA UTN POR LOS MOTORES MEC Y MEP CON EL FIN DE IMPLEMENTAR MEDIDAS DE CONTROL*. Ibarra: UTN.
59. Sánchez Hernández, Á. (2015). Nuevo reglamento Euro 5 y Euro 6. *CESVIMAP*. Obtenido de <file:///C:/Users/Laptop%2015/OneDrive/Documentos/Electromecanica.pdf>
60. Sandoval, L. (2020). *Academia.edu*. Obtenido de Ciclo OTTO teorico: https://www.academia.edu/7679980/Ciclo_OTTO_teorico
61. Sostenibilidad. (2016). *EDP*. Obtenido de <https://www.sostenibilidadedp.es/pages/index/que-es-el-ruido>

62. Vaisman, F. (24 de Enero de 2018). *Engie*. Obtenido de ¿Qué es la tecnología OBD y por qué es el mejor aliado de tu auto?: <https://engieapp.com/es/que-es-la-tecnologia-obd/>
63. Vintimilla Jarrín, P. (Febrero de 2015). *Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón de Cuenca*. Cuenca. Obtenido de file:///C:/Users/Laptop%2015/OneDrive/Documentos/Análisis%20Tesis.pdf
64. Vintimilla Jarrín, P. F. (2015). Análisis de resultados de la medición de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca. Cuenca - Ecuador, Ecuador.
65. Wikipedia. (3 de Febrero de 2020). Obtenido de Motor de combustión interna: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna#Historia
66. Wikipedia. (30 de Enero de 2020). *Ciclo Otto*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_Otto
67. Yepes Piqueras , V. (2020). Relación de compresión de un motor de combustión interna. *Universitat Politècnica de València*.

6. ANEXOS

ANEXOS I

TOMA DE DATOS DE GASES DE ESCAPE EN ESTADO ESTÁTICO



Figura A I 1. Analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee

Figura A I 1 Analizador de gases modelo AGS – 688 Brain Bee



Figura A I 2 Vehículo para prueba de emisiones de gases contaminantes de 35,670 km

Figura A I 2 Vehículo para prueba de emisiones de gases contaminantes de 35,670 km



Figura A I 3 Vehículo para prueba de emisiones de gases contaminantes de 406,058 km

Figura A I 3 Vehículo para prueba de emisiones de gases contaminantes de 406,058 km

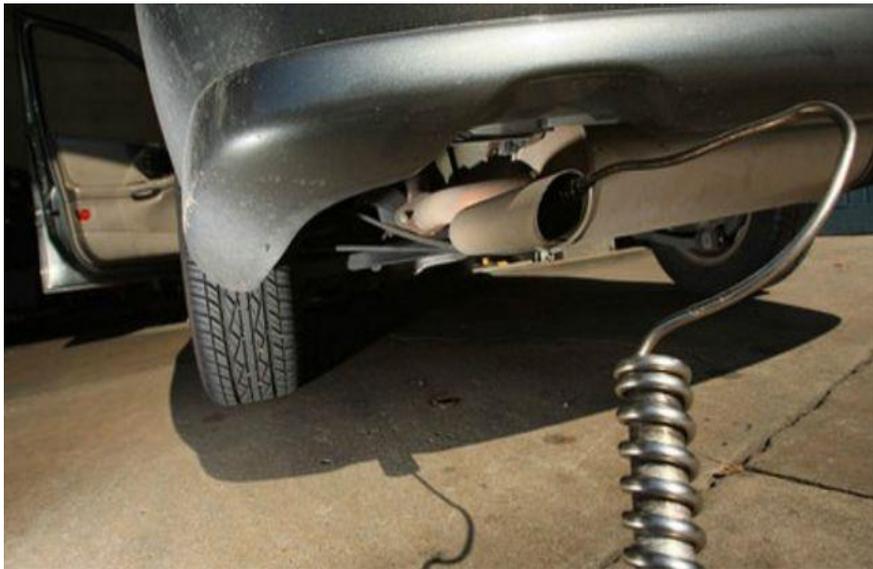


Figura A I 4 Toma de datos con el analizador de gases

Figura A I 4 Toma de datos con el analizador de gases



Figura A I 5 Verificador de tipo de aceite

Figura A I 5 Verificador de tipo de aceite

| PRUEBA | MÉTODO ASTM | RESULTADO | UNIDAD |
|---|-------------|--------------------|--------|
| | | GRADO SAE 15W40 | |
| Grav. Específica 15.6/15.6°C | D 1298 | 0.8735 | |
| Visc. Cinemática a 40 °C | D 7042 | 98.41 | cSt |
| Visc. Cinemática a 100 °C | D 7042 | 12.5 ≤ X < 16.3 | cSt |
| Índice de Viscosidad | D 2270 | 149 | |
| Color ASTM | D 1500 | 4.5 | |
| Punto de escurrimiento | D 97 | - 21 | ° C |
| Punto de inflamación | D 92 | 241 | ° C |
| Prueba de espuma, secuencia 1 (Tendencia/Estabilidad) | D 892 | 0/0 | ml |
| Análisis elemento Ca | D 4628 | 0.213 | % peso |
| Análisis elemento Zn | D 4628 | 0.116 | % peso |
| Agua Cualitativo | Visual | Negativo | |
| Apariencia | Visual | Claro-transparente | |

Figura A I 5 Análisis de aceite multigrado SAE 15W40 API

Figura A I 6 Análisis de aceite multigrado SAE 15W40 API