



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

Punín Itás, Leonado Javier

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

01 de marzo del 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

PunínLeonardo_UIC.docx

Leonardo Punín
0502509995

Scan details

Scan time: March 1th, 2024 at 21:1 UTC
 Total Pages: 78
 Total Words: 19491

Plagiarism Detection

| Types of plagiarism | Words |
|---------------------|----------|
| Identical | 2.8% 554 |
| Minor Changes | 1% 189 |
| Paraphrased | 1% 190 |
| Omitted Words | 0% 0 |

4.8%

AI Content Detection

| Text coverage | Words |
|---------------|------------|
| AI text | 0% 0 |
| Human text | 100% 19491 |

0%

[Learn more](#)

Plagiarism Results: (38)

ESTUDIOS DE LA CAPACIDAD DE MOVILIDAD EN FUTBOLISTAS - Fisioterapi... 0.7%

<https://es.studenta.com/content/132715592/estudios-de-la-capacidad-de-movilidad-en-futbolistas>

Logo Studenta Iniciar sesión Volver Compartir Ver el material completo ESTUDIOS DE LA CAPACIDAD DE MOVILIDAD EN FUTBOLISTAS Fisi...

FormatosTrabajosdeTitulacion2022.docx 0.7%

<https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/formatostrabajosdetitulacion2022.docx>

Calderon Garcia Angel David

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos [image:] Nota: Colocar únicamente la página que ...

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA ... 0.6%

<https://docplayer.es/86907707-universidad-internacional-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-automotriz-pres...>

Iniciar la sesión ...

Altitud y Generadores Eléctricos: Cómo Afecta la Altura al Rendimiento - ... 0.5%

<https://enertekcr.com/blog/la-altitud-afecta-los-generadores-electricos/>

Somos Energía Pura Enertek Solutions es la empresa integradora por ...



Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular, "Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentado con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión." fue realizado por el señor Punín Itás, Leonardo Javier, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos é por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permitió acreditar autorizar para que lo sustente públicamente .

Latacunga, 01 de marzo del 2024

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and appears to be 'Quiroz Erazo'.

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc

C.C.0502509995



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Punín Itás, Leonardo Javier**, con cédula de ciudadanía C.C.1727654921, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **“Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 01 de marzo del 2024

Punín Itás, Leonardo Javier

C.C: 1727654921



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo, **Punín Itás, Leonardo Javier**, con cédula de ciudadanía C.C.1727654921, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 01 de marzo del 2024


.....
Punín Itás, Leonardo Javier
C.C.: 1727654921

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, quien me permitió llegar a esta etapa en mi carrera profesional, por darme salud, bienestar y sabiduría mientras escribía esta tesis. Espero que este trabajo sea un pequeño reflejo de mi agradecimiento hacia Él.

A mi padre Jaime Punín y madre Lilian Itás, quienes siempre han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración. Gracias por su amor incondicional, su constante aliento y su inagotable sacrificio que han hecho para que yo pudiera alcanzar mis metas académicas. Este logro no sería posible sin su sabiduría y apoyo incondicional a lo largo de este camino.

A mi hermana mayor Abigail y a mi hermanita Daniela que, a través de los altibajos de este viaje académico, ustedes han sido mi constante fuente de apoyo, motivación y amor. Sus presencias han sido mi roca en momentos de duda y desafío tanto, mi hermana mayor de quien he aprendido cosas y de mi hermana menor a quien he tenido el privilegio de enseñarle a no rendirse nunca.

A mi novia Priscila por su constante apoyo, comprensión y amor incondicional durante todo el trayecto después de haberla conocido. Su presencia en mi vida ha sido un regalo maravilloso.

Finalmente, a todas las personas que se han cruzado en mi camino, quienes con su ayuda, apoyo y sabiduría han enriquecido mi vida y han sido parte importante de mi viaje académico. A aquellos que me brindaron su tiempo, espacio, conocimiento y ánimo en los momentos más difíciles, y a quienes compartieron conmigo momentos de conflictos, tristezas, alegría y risas durante esta travesía. Cada uno de ustedes han dejado una huella imborrable en mi corazón y han contribuido para mi crecimiento personal y universitario.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por su guía constante, salud, bienestar y la sabiduría necesaria para llegar a esta etapa en mi carrera profesional.

A mis padres, Jaime Punín y Lilian Itás, les debo eternamente por ser mi mayor apoyo y fuente de sabiduría. Su amor incondicional, su constante aliento y su sacrificio han sido la fuerza que me impulsó a alcanzar mis metas académicas. Sin su guía y apoyo incondicional, este logro no sería posible.

Al Ingeniero Leonidas Quiroz, por su orientación y apoyo durante esta tesis. Su dedicación y experiencia fueron fundamentales para mi éxito académico.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga y a los docentes del departamento de Energía y Mecánica, les agradezco por su paciencia y apoyo a lo largo de mi trayectoria estudiantil y profesional. Sus acciones han sido fundamentales en mi crecimiento tanto académico como personal.

A mi novia Priscila, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su constante apoyo, comprensión y amor. Su presencia en mi vida ha sido importante, y agradezco su constante búsqueda de mi bienestar, especialmente en los momentos difíciles.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mis sinceros agradecimientos a todas las personas que han aparecido en mi vida y han contribuido de alguna manera a mi crecimiento personal y académico. Desde mis profesores y compañeros de clase hasta mis amigos y familiares, cada uno de ustedes han enriquecido mi experiencia de vida de innumerables maneras. Su ayuda, su apoyo y su sabiduría han sido fundamentales para alcanzar este logro, y siempre estaré agradecido por su generosidad y amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| Carátula..... | 1 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | 8 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 13 |
| INDICE DE TABLAS | 19 |
| Resumen | 21 |
| Abstract..... | 22 |
| Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación | 23 |
| Antecedentes investigativos | 23 |
| Planteamiento del problema | 26 |
| Descripción detallada del proyecto | 28 |
| Justificación, importancia y alcance | 30 |
| Objetivos del proyecto | 31 |
| <i>Objetivo general</i> | 31 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 32 |
| Hipótesis | 32 |
| Capítulo II: Marco teórico..... | 33 |
| Puesta a punto del motor de combustión interna..... | 33 |
| Vehículo de prueba | 33 |
| Influencia de los factores atmosféricos en el rendimiento de un motor | 34 |

| | |
|---|----|
| Dispositivos compensadores de altitud..... | 34 |
| <i>Efectos en el rendimiento del motor</i> | 35 |
| Transductor de presión | 35 |
| Formas de onda de presión del cilindro | 36 |
| Sensores automotrices | 36 |
| <i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP)</i> | 36 |
| <i>Sensor MAP</i> | 37 |
| USB Autoscope IV..... | 37 |
| Analizador de gases Brain Bee Mahle AGS-688..... | 38 |
| Norma Técnica Ecuatoriana..... | 38 |
| <i>NTE INEN 2204:2017</i> | 38 |
| <i>Válvula ecológica Marclais</i> | 39 |
| <i>Emisiones contaminantes</i> | 39 |
| Capítulo III: Diseño de la propuesta en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud..... | 41 |
| Protocolos..... | 41 |
| <i>Verificación del estado del vehículo</i> | 41 |
| <i>Emisiones de gases</i> | 42 |
| <i>Prueba de transductor de presión</i> | 43 |
| <i>Prueba de sensor de posición del cigüeñal</i> | 44 |
| <i>Prueba de sensor de presión/vacío</i> | 45 |
| <i>Guardar información de scripts</i> | 45 |

| | |
|---|----|
| Equipos de medición | 46 |
| <i>Analizador gráfico en tiempo real</i> | 46 |
| <i>Aplicación móvil de medida de altitud</i> | 47 |
| <i>Scanner automotriz</i> | 47 |
| Adaptación del compensador de altitud | 48 |
| <i>Fundamentación de funcionamiento</i> | 49 |
| <i>Implementación de válvula en el vehículo</i> | 51 |
| <i>Acoples</i> | 51 |
| <i>Sistema conectado</i> | 52 |
| <i>Presión y velocidad de aire en la válvula</i> | 53 |
| Escenarios | 57 |
| <i>Escenario 1</i> | 57 |
| <i>Escenario 2</i> | 58 |
| <i>Escenario 3</i> | 59 |
| <i>Escenario 4</i> | 59 |
| <i>Escenario 5</i> | 60 |
| <i>Escenario 6</i> | 60 |
| <i>Escenario 7</i> | 61 |
| <i>Adaptabilidad del vehículo en los escenarios</i> | 62 |
| Diseño experimental | 62 |
| Recopilación de resultados | 64 |

| | |
|--|-----|
| Resultados sin la válvula | 64 |
| <i>Evolución de la presión en el cilindro</i> | 64 |
| <i>Fases de distribución de gases</i> | 68 |
| <i>Avance al encendido</i> | 75 |
| Resultados con la válvula | 79 |
| <i>Evolución de presión en el cilindro</i> | 79 |
| <i>Fases de distribución de gases</i> | 83 |
| <i>Avance al encendido</i> | 90 |
| Capítulo IV: Análisis de la evolución de la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste al encendido..... | 94 |
| Análisis de resultados | 94 |
| <i>Evolución de la presión en el cilindro</i> | 94 |
| Interpretación de resultados..... | 95 |
| <i>Avance al encendido</i> | 98 |
| <i>Fases de distribución de gases</i> | 101 |
| Análisis de gases de escape | 103 |
| <i>Temperatura del Motor (°C)</i> | 104 |
| <i>RPM (Revoluciones Por Minuto)</i> | 105 |
| <i>CO (%vol.) (Monóxido de Carbono)</i> | 105 |
| <i>CO2 (%vol.) (Dióxido de Carbono)</i> | 105 |
| <i>O2 (%vol.) (Oxígeno)</i> | 105 |
| <i>HC (ppm Vol.) (Hidrocarburos)</i> | 105 |

| | |
|---|-----|
| <i>Lambda (Relación Aire/Combustible)</i> | 106 |
| Capítulo V: Marco Administrativo | 107 |
| Recursos | 107 |
| <i>Recursos Humanos</i> | 107 |
| <i>Recursos Tecnológicos</i> | 107 |
| <i>Recursos Materiales</i> | 108 |
| Requerimientos adicionales | 109 |
| <i>Costo neto del proyecto</i> | 109 |
| Financiamiento | 109 |
| Conclusiones | 110 |
| Recomendaciones | 111 |
| Bibliografías | 113 |
| Anexos | 119 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | <i>Transductor de presión.....</i> | 35 |
| Figura 2 | <i>Forma de onda de presión en el cilindro.....</i> | 36 |
| Figura 3 | <i>Accesorios del USB Autoscope IV.....</i> | 37 |
| Figura 4 | <i>Analizador de gases de escape.....</i> | 38 |
| Figura 5 | <i>Proceso de verificación del estado del vehículo.....</i> | 41 |
| Figura 6 | <i>Protocolo de prueba de gases de escape.....</i> | 42 |
| Figura 7 | <i>Diagrama de flujo de prueba de transductor de presión.....</i> | 43 |
| Figura 8 | <i>Procedimiento de prueba de sensor de posición de cigüeñal.....</i> | 44 |
| Figura 9 | <i>Procedimiento de prueba de vacío en múltiple de admisión.....</i> | 45 |
| Figura 10 | <i>Proceso para guardar información de scripts.....</i> | 46 |
| Figura 11 | <i>Analizador gráfico con su software de visualización.....</i> | 46 |
| Figura 12 | <i>Interfaz de aplicación ALTÍMETRO PRECISO.....</i> | 47 |
| Figura 13 | <i>Componentes del scanner automotriz.....</i> | 48 |
| Figura 14 | <i>Ubicación de entradas de aire.....</i> | 48 |
| Figura 15 | <i>Unión de válvulas con un acople.....</i> | 49 |
| Figura 16 | <i>Esquema de funcionamiento de la válvula compensadora de aire.....</i> | 50 |
| Figura 17 | <i>Forma de entrada y salida de presión.....</i> | 51 |
| Figura 18 | <i>Acople en T.....</i> | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 19 <i>Manguera en acople en T</i> | 52 |
| Figura 20 <i>Sistema de conexión completo de las válvulas</i> | 52 |
| Figura 21 <i>Implementación de la válvula en el vehículo</i> | 53 |
| Figura 22 <i>Simulación de temperatura a 3000 msnm</i> | 54 |
| Figura 23 <i>Simulación de presión a 0 m.s.n.m.</i> | 54 |
| Figura 24 <i>Simulación de velocidad a 0 m.s.n.m.</i> | 54 |
| Figura 25 <i>Simulación de velocidad a 3000m.s.n.m.</i> | 56 |
| Figura 26 <i>Simulación de presión a 3000 m.s.n.m.</i> | 56 |
| Figura 27 <i>Simulación de temperatura a 3000 m.s.n.m.</i> | 56 |
| Figura 28 <i>0°04'15"N 80°03'29"W, Pedemales</i> | 58 |
| Figura 29 <i>0°14'57"S 79°12'06"W., Provincia de Santo Domingo</i> | 58 |
| Figura 30 <i>0°20'11"S 78°53'56"W, Cascada Rio Napa, San Augusto</i> | 59 |
| Figura 31 <i>0°25'11"S 78°47'35"W ,Estación de servicio ESNAL2</i> | 59 |
| Figura 32 <i>0°26'33"S 78°44'44"W ,Santuario Católico Virgen de la Merced</i> | 60 |
| Figura 33 <i>0°26'22.8"S 78°41'40.0"W</i> | 60 |
| Figura 34 <i>0°31'08"S 78°35'03"W, Pichincha</i> | 61 |
| Figura 35 <i>Proceso de adaptaviliad del vehículo</i> | 62 |
| Figura 36 <i>Protocolo de pruebas para la obtención de datos en los diferentes escenarios</i> | 63 |

| | |
|--|----|
| Figura 37 <i>Evolución de presión en el cilindro a 7m.s.n.m.</i> | 64 |
| Figura 38 <i>Evolución de presión en el cilindro a 501m.s.n.m.</i> | 65 |
| Figura 39 <i>Evolución de presión en el cilindro a 1003m.s.n.m.</i> | 65 |
| Figura 40 <i>Evolución de presión en el cilindro a 1500m.s.n.m.</i> | 66 |
| Figura 41 <i>Evolución de presión en el cilindro a 2002m.s.n.m.</i> | 66 |
| Figura 42 <i>Evolución de presión en el cilindro a 2503m.s.n.m.</i> | 67 |
| Figura 43 <i>Evolución de presión en el cilindro a 3000m.s.n.m.</i> | 67 |
| Figura 44 <i>Distribución de gases a 1240 rpm</i> | 68 |
| Figura 45 <i>Hoja de cantidad a 1190 rpm</i> | 69 |
| Figura 46 <i>Distribución de gases a 1110 rpm</i> | 69 |
| Figura 47 <i>Hoja de cantidad a 1060 rpm</i> | 70 |
| Figura 48 <i>Distribución de gases a 1050 rpm</i> | 70 |
| Figura 49 <i>Hoja de cantidad a 1100 rpm</i> | 71 |
| Figura 50 <i>Distribución de gases a 1290 rpm</i> | 71 |
| Figura 51 <i>Hoja de Cantidad a 1080 rpm</i> | 72 |
| Figura 52 <i>Distribución de gases a 1260 rpm</i> | 72 |
| Figura 53 <i>Hoja de Cantidad a 1090 rpm</i> | 73 |
| Figura 54 <i>Distribución de gases a 1310 rpm</i> | 73 |

| | |
|---|----|
| Figura 55 <i>Hoja de cantidad a 1090 rpm</i> | 74 |
| Figura 56 <i>Distribución de gases a 1120 rpm</i> | 74 |
| Figura 57 <i>Hoja de cantidad a 1140rpm</i> | 75 |
| Figura 58 <i>Avance de encendido a 7m de altura</i> | 75 |
| Figura 59 <i>Avance de encendido a 501m de altura</i> | 76 |
| Figura 60 <i>Avance de encendido a 1003m de altura</i> | 76 |
| Figura 61 <i>Avance de encendido a 1500m de altura</i> | 77 |
| Figura 62 <i>Avance de encendido a 2002m de altura</i> | 77 |
| Figura 63 <i>Avance de encendido a 2503m de altura</i> | 78 |
| Figura 64 <i>Avance de encendido a 3000m de altura</i> | 78 |
| Figura 65 <i>Evolución de presión en el cilindro a 7m.s.n.m</i> | 79 |
| Figura 66 <i>Evolución de presión en el cilindro a 501m.s.n.m</i> | 80 |
| Figura 67 <i>Evolución de presión en el cilindro a 1003m.s.n.m</i> | 80 |
| Figura 68 <i>Evolución de presión en el cilindro a 1500m.s.n.m</i> | 81 |
| Figura 69 <i>Evolución de presión en el cilindro a 2002m.s.n.m</i> | 81 |
| Figura 70 <i>Evolución de presión en el cilindro a 2503m.s.n.m</i> | 82 |
| Figura 71 <i>Evolución de presión en el cilindro a 3000m.s.n.m</i> | 82 |
| Figura 72 <i>Distribución de gases a 7 m de altura</i> | 83 |

| | |
|--|----|
| Figura 73 <i>Hoja de cantidad a 7m de altura</i> | 84 |
| Figura 74 <i>Distribución de gases a 501m de altura</i> | 84 |
| Figura 75 <i>Hoja de cantidad a 501m de altura</i> | 85 |
| Figura 76 <i>Distribución de gases a 1003m de altura</i> | 85 |
| Figura 77 <i>Hoja de cantidad a 1003m de altura</i> | 86 |
| Figura 78 <i>Distribución de gases a 1500m de altura</i> | 86 |
| Figura 79 <i>Hoja de cantidad a 1500m de altura</i> | 87 |
| Figura 80 <i>Fases de distribución de gases a 2002m de altura</i> | 87 |
| Figura 81 <i>Hoja de cantidad a 2000m de altura</i> | 88 |
| Figura 82 <i>Distribución de gases a 2503 de altura</i> | 88 |
| Figura 83 <i>Hoja de cantidad a2503m de altura</i> | 89 |
| Figura 84 <i>Distribución de gases a 3000m de altura</i> | 89 |
| Figura 85 <i>Hoja de cantidad a 3000m de altura</i> | 89 |
| Figura 86 <i>Avance de encendido de 1120 rpm</i> | 90 |
| Figura 87 <i>Avance de encendido de 1130 rpm</i> | 91 |
| Figura 88 <i>Avance de encendido de 1150 rpm</i> | 91 |
| Figura 89 <i>Avance de encendido de 1130 rpm</i> | 92 |
| Figura 90 <i>Avance de encendido de 1060 rpm</i> | 92 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 91 | <i>Avance de encendido de 1160 rpm</i> | 93 |
| Figura 92 | <i>Avance de encendido de 1120 rpm</i> | 93 |
| Figura 93 | <i>Evolución de presión en el cilindro</i> | 95 |
| Figura 94 | <i>Gráfico de pérdidas de potencia en el escape sin válvula</i> | 97 |
| Figura 95 | <i>Gráfico de pérdidas de potencia en el escape con válvula</i> | 97 |
| Figura 96 | <i>Gráfica del avance al encendido con carga máxima sin válvula</i> | 100 |
| Figura 97 | <i>Gráfica del avance al encendido con carga máxima con válvula</i> | 101 |
| Figura 98 | <i>Gráfico de las fases de distribución de gases sin válvula</i> | 102 |
| Figura 99 | <i>Gráfico de las fases de distribución de gases con válvula</i> | 103 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 <i>Datos generales del motor</i> | 33 |
| Tabla 2 <i>Límites máximos de emisiones en motor de gasolina.</i> | 39 |
| Tabla 3 <i>Parámetros de entrada a una altitud de 0 m.s.n.m</i> | 53 |
| Tabla 4 <i>Resultados de simulación CFD salida a 0 m.s.n.m.</i> | 55 |
| Tabla 5 <i>Valores de entrada a 3000 m.s.n.m.</i> | 55 |
| Tabla 6 <i>Resultados de Simulación CFD a 3000 m.s.n.m.</i> | 57 |
| Tabla 7 <i>Tabla de lugares de realización de puebas</i> | 61 |
| Tabla 8 <i>Valores de la presión en el cilindro</i> | 94 |
| Tabla 10 <i>Pérdidas de potencia en la carrera de escape a diferentes alturas</i> | 96 |
| Tabla 11 <i>Avance de encendido a carga máxima de diferentes alturas</i> | 99 |
| Tabla 12 <i>Fases de distribución de gases a diferentes alturas</i> | 101 |
| Tabla 13 <i>Datos antes de la instalación de la válvula</i> | 104 |
| Tabla 14 <i>Datos después de la instalación de la válvula</i> | 104 |
| Tabla 15 <i>Recursos humanos</i> | 107 |
| Tabla 16 <i>Recursos Tecnológicos</i> | 108 |
| Tabla 17 <i>Recursos materiales</i> | 108 |
| Tabla 18 <i>Requerimientos adicionales</i> | 109 |
| Tabla 19 <i>Costo neto del proyecto</i> | 109 |

Resumen

El análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con un dispositivo externo compensador de altitud mediante la transducción de presión, tiene un rol importante en la eficiencia y rendimiento del motor, de tal manera visualizar y comprender cómo varía la presión durante el ciclo de combustión, ajustando del avance al encendido a las condiciones específicas de presión atmosférica. Estas fases determinan el momento el que se introduce la mezcla aire – combustible en el cilindro, así como, la apertura y cierre de las válvulas.

Mediante la implementación de la válvula compensadora de altitud en un vehículo sobrealimentado se desarrollaron pruebas con el uso adecuado de un analizador gráfico en tiempo real, se analizó la evolución de la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste al encendido sobre el vehículo sobrealimentado a diferentes alturas. La presión en los cilindros es mayor a 0 m.s.n.m. y disminuyen gradualmente conforme se avanza hasta los 3000 m.s.n.m. Adicionalmente, la válvula compensadora de altitud es eficiente para aumentar la presión en los cilindros a diferentes altitudes donde una mayor presión en los cilindros mejora el rendimiento del motor. La diferencia porcentual de presiones en el entre los valores sin modificar el vehículo respecto a su modificación es de un 24.61% de rendimiento extra al momento de instalar la válvula compensadora de altitud.

Palabras clave: presión cilíndrica, fases de distribución, ajuste al encendido, compensador de altitud, válvula compensadora.

Abstract

The illustration analysis of the pressure development in the cylinder, the gas distribution phases and the ignition adjustment in supercharged Otto reciprocating engines with an external altitude adjusting device through compression transduction, plays a fundamental role in effectiveness, and engine performance. As well, it allows perceiving and understanding how the pressure varies during the combustion cycle, adjusting from advance to ignition timing to specific environmental pressure conditions. These phases determine the timing of introducing the air-fuel mixture into the cylinder, as well as the opening and closing of the valves. By applying the altitude compensating valve in a forced induction vehicle, tests were enhanced with the suitable use of a real-time graphic analyzer, the evolution of the pressure in the cylinder, the gas distribution stages and the ignition adjustment were reviewed on the supercharged vehicle at different heights. Cylinder pressure is higher at the sea level and progressively reduces as altitude rises up to 3000 meters above sea level. Additionally, the altitude compensating valve is efficient in boosting cylinder pressure at different altitudes were higher cylinder pressure advances engine achievement. The percentage difference in pressures in the cylinder between the values without modifying the vehicle with respect to its modification is 26.61% of extra performance at the time of installing the altitude compensating valve.

Keywords: cylinder pressure, distribution phases, ignition adjustment, altitude compensator, compensating valve.

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes investigativos

Según (Zurita, 2007), los tiempos reales del motor de combustión interna son los siguientes: Admisión dura más de 180° de giro. La válvula de admisión tiene un adelanto de apertura de 10° a 15° (AAA) y el cierre de la válvula no se produce a lo que el pistón alcanza el punto muerto inferior, sino que se retrasa el cierre de la válvula de 40° a 45° (RCA). La compresión de este tiempo dura menos de 180° de giro. Antes de que el pistón alcance el punto muerto superior se produce el salto de la chispa, avance de encendido (AE). Explosión es donde las válvulas se mantienen cerradas y el pistón desciende del punto muerto superior al punto muerto inferior. Antes de que el pistón haya terminado su recorrido la válvula de escape abre. Escape la válvula de escape y adelanta su apertura de 40° a 50° (AAE), esto para aprovechar la presión interna y que los gases salgan rápidamente.

Existe un método de análisis de oscilogramas en función de las presiones que existen internamente en el cilindro, con la finalidad de detectar fallos mecánicos y la interacción de la masa de aire que se encuentra en todo el proceso de combustión del motor.

Según (Cahueñas, Chaves, & Torres, 2018), un transductor de presión convierte señales de presión en señales eléctricas utilizando un osciloscopio automotriz y produce señales analógicas donde el criterio de los técnicos es fundamental para interpretar o determinar si la cámara de combustión u otros componentes relacionados con la presión están funcionando de manera óptima o adecuada en caso de una falla.

Un transductor de presión instalado en lugar de la bujía, mediante un script permite verificar las características del cilindro, el sistema de admisión, el sistema de escape y el sistema de cronometraje para evaluar el impacto relativo de estos sistemas entre sí.

(Docplayer, 2023)

Este software específico realiza un análisis automatizado de la señal de presión en el cilindro, a partir de la cual genera un informe que incluye una serie de parámetros y características adicionales relacionadas con el motor y la unidad de control correspondiente. Los valores que se calculan se refieren a las propiedades neumáticas y geométricas del cilindro, y cualquier desviación identificada se presenta en forma de mensajes de texto. Para mejorar la velocidad y precisión en la investigación de la sincronización de las válvulas, la forma de onda de la presión del cilindro se convierte en un gráfico que representa la cantidad de gas en el cilindro y se muestra de dos maneras distintas a través de un guion o script. (Gladso, 2014)

Además, se incluye un gráfico detallado que representa el proceso cíclico de llenado del cilindro durante la fase de admisión, lo cual proporciona información sobre las propiedades del colector de admisión del motor en su totalidad. Asimismo, se ofrece un gráfico que ilustra el consumo de energía necesario para la evacuación de los gases de escape del cilindro. A partir de estos gráficos y la señal de tiempo de encendido, se elabora un diagrama que muestra la secuencia temporal del encendido, y este puede ser visualizado. (Gladso, 2014)

Los motores de combustión interna tienen problemas para conseguir un óptimo equilibrio en relación a los cambios de altitud, sin embargo, las condiciones atmosféricas cambian de forma radical conforme se aleja del nivel del mar. A más altitud, la cantidad de oxígeno se reduce de manera considerable. (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Sánchez, 2006)

Muchos creen que esta reducción se debe a una baja concentración de dicho elemento, sin embargo, lo que ocurre es que hay menos aire en el ambiente. De forma precisa, la concentración de oxígeno en el aire, que se ubica alrededor del 21%, es la misma tanto en la playa como en la parte alta de una montaña. La diferencia reside en la cantidad de aire que hay en el lugar. (Docplayer, 2023)

Dado que en las zonas elevadas existe menos aire en circulación, esto se traduce en una baja presión atmosférica. Mientras que la presión a nivel del mar es de 1 Atm (atmósfera), el indicador cae a 0.78 Atm a los 2,000 metros y a 0.53 Atm a los 5,000 metros de altitud. Esto ocasiona que nuestro auto con motor de combustión interna trabaje con un porcentaje mermado, lo que deriva en la pobre entrega de potencia. Un equipo de diagnóstico que complementa al osciloscopio, utilizada para obtener lecturas de información del comportamiento del motor siendo preciso estos datos. La información obtenida mediante la lectura de códigos de falla no es suficiente para diagnosticar y dar una solución, incluyendo las pruebas realizadas a los sensores y actuadores mediante un osciloscopio. (Pico Technology)

En teoría, los autos modernos con motor de combustión interna no deberían experimentar la pérdida de potencia, ya que cuentan con dichos sensores y dispositivos para adaptarse a los cambios de altitud. Sin embargo, todavía se escuchan a algunos usuarios quejarse de este fenómeno. De acuerdo con algunos especialistas, la pérdida de potencia es de aproximadamente 10% por cada 1,000 metros de ascenso. Esto aplica de forma diferente a los motores turbo cargados, ya que aseguran una inyección de aire a presión en los cilindros para obtener una explosión contundente. (Parera)

La turbo alimentación proporciona un mayor par motor en un rango más amplio de RPM, lo que significa una aceleración más rápida y una mayor capacidad de respuesta del motor. (Fidalgo, 2014)

La sobrealimentación se ha utilizado en motores desde los inicios de la industria automotriz. El primer modelo de compresor para su uso en un motor de combustión interna fue desarrollado por Gottlieb Daimler y producido en 1885. Desde entonces hasta hoy, la historia de la inducción forzada continúa junto con la de los motores de combustión interna. (Hatzive, 2013)

En los motores convencionales de aspiración natural, el aire ingresa a los cilindros a presión atmosférica, mientras que los motores turboalimentados utilizan una turbina para hacer pasar aire comprimido a través de los gases de escape. Esto significa que en la mayoría de los motores modernos la presión aumenta entre 0,5 y 1,5 bares en comparación con la presión atmosférica. (Mapfre, 2022)

Planteamiento del problema

De acuerdo con (de Solminihac & Thenoux, 2011), la presión y temperatura atmosférica varían en cada ciudad, lo que puede afectar negativamente a muchos motores de combustión interna. La altitud en la que funcionan estos motores puede causar problemas debido a la menor cantidad de oxígeno disponible, lo que resulta en una combustión incompleta y un aumento de las emisiones contaminantes. En términos de contaminación en motores de encendido por chispa atmosférica, el mayor problema radica en los hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono y el dióxido de carbono, que pueden tener graves efectos en la salud humana y en el medio ambiente.

La altitud tiene un impacto significativo en la relación aire-combustible estequiométrica, lo que obliga al motor a ajustar los parámetros como la presión atmosférica, la temperatura del aire de admisión y la humedad. Esto puede llevar a que la mezcla de aire y combustible no coincida con las especificaciones del fabricante.

Con la instalación de la válvula compensadora en vehículos ubicados por encima de los 1500 metros sobre el nivel del mar se busca mejorar el rendimiento del motor en términos de potencia, torque y emisiones contaminantes además de una mejor autonomía. Esto busca validar sus capacidades en Ecuador, donde es un dispositivo desconocido para muchos propietarios, pero accesible para su economía.

El rendimiento de los motores de combustión interna tiene directa incidencia con la regulación de la combustión controlada por la evaluación de la presión de cilindros, la gestión del motor tiene en cuenta la evolución de la presión interna del cilindro durante la combustión, está información de tal forma que se ajuste eficientemente el momento del avance al encendido, consecuentemente mejorando la evolución de la presión durante la combustión a través de cálculos de las unidades de control electrónico a valores para la corrección de la arco eléctrico y la duración de la excitación de la bobina para el accionamiento de la bujía.

Las pérdidas de performance de los motores de combustión están vinculadas a defectos electrónicos y mecánicos, es así que, los fallos mecánicos producidos por las fases de distribución de gases, está directamente vinculado a la regulación de la entrada y salida de gases en el cilindro; el sistema debe estar en perfecto sincronismo con el tren motriz de la maquina térmica, para que las aperturas y cierres de las válvulas se produzcan con arreglo a las sucesivas posiciones del pistón dentro del cilindro y en los momentos en que se produce el tiempo de admisión y escape en el motor.

En motores de encendido provocado con lazo de control cerrado, el requerimiento de dosado estequiométrico obliga a la unidad de control electrónico del motor a inyectar menos cantidad de combustible a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar (menor disponibilidad de aire atmosférico).

La menor temperatura exterior obliga a avanzar el ángulo de encendido ya que disminuye la velocidad de combustión, basado en el flujo a través de válvulas, que permite corregir los parámetros de la unidad de control electrónico en función de la presión barométrica.

Los motores de combustión interna tipo Otto sobrealimentados han experimentado un crecimiento significativo en su uso en diversas aplicaciones, desde automóviles de alto rendimiento hasta aplicaciones industriales. A pesar de su creciente popularidad y la promesa

de un mayor rendimiento y eficiencia, existe una necesidad apremiante de investigaciones exhaustivas que aborden las complejidades y los desafíos asociados con esta tecnología.

La comprensión completa de los motores Otto sobrealimentados es esencial para aprovechar al máximo su potencial y abordar cuestiones fundamentales, como la eficiencia energética, las emisiones y la durabilidad del motor. En este contexto, esta tesis tiene como objetivo principal investigar y analizar a fondo los motores Otto sobrealimentados, identificando los obstáculos actuales y proponiendo soluciones innovadoras para mejorar su rendimiento y sostenibilidad en un mundo cada vez más preocupado por la eficiencia de los recursos y la reducción de emisiones.

Descripción detallada del proyecto

El desenvolvimiento de este proyecto de investigación sobre el “ANÁLISIS GRÁFICO DE LA EVOLUCIÓN DE LA PRESIÓN EN EL CILINDRO, FASES DE DISTRIBUCIÓN DE GASES Y AJUSTE AL ENCENDIDO EN MOTORES DE CICLO OTTO SOBREALIMENTADOS CON DISPOSITIVO EXTERNO COMPENSADOR DE ALTITUD POR TRANSDUCCIÓN DE PRESIÓN”, considera lo siguiente:

El análisis de manera gráfica la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión, de acuerdo a lo siguiente:

Se fundamentó científico – técnico mediante bibliografía con sustento académico en temáticas a fines a la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

Se desarrolló un protocolo de ensayo para el equipo USB AUTOSCOPE, a fin de visualización, grabación y análisis de todas las señales por transducción de presión con rango de 0 m.s.n.m. a 3000 m.s.n.m. en el vehículo de prueba para la medición, cálculo y análisis de las principales características neumáticas de los sistemas de admisión – escape del sistema de distribución y sistema de control de avance al encendido a través de script en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

Se desarrolló la visualización y grabación para medición de presión de gas de un rango entre -0.95...+35 Bar a fin de obtener oscilogramas de presión en los cilindros del motor funcionando sin combustión, mediante la configuración del USB Autoscope IV en el modo de prueba Px+Longer con las formas de onda de presión del cilindro de un vehículo con sincronización temprana de válvulas, a través del software para detectar automáticamente las desviaciones de los gráficos normales y las marca mediante punteros en el motor de combustión interna ciclo Otto, antes y después de la implementación del dispositivo externo compensador de altitud.

Se analizó los datos obtenidos en el informe del script Px, estableciendo la relación de la variación de la altitud respecto de la sincronización de válvulas, sincronización de encendido con el tiempo de encendido en el rango operativo y evolución de la presión en el cilindro.

Se evaluó con mayor precisión y rapidez todo lo relacionado con el tiempo de apertura y cierre de las válvulas se representa en forma de un diagrama como se desarrolla la cantidad de gases en el cilindro en cualquier momento del ciclo de trabajo, a través del script con los detalles del llenado del cilindro durante la fase de admisión, características del sistema de inducción y cantidad de potencia absorbida en motores de combustión interna sobrealimentados antes y después de la implementación del dispositivo externo compensador de altitud.

Se analizó de manera gráfica de las fases de distribución de gases, presión en el cilindro y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión; considerando valores típicos de pérdidas de presión y/o masa de gases en motores de la onda de presión del cilindro para estado aceptable entre un 10% a un 18%.

Se evaluó la incidencia ambiental en motores de combustión interna sobrealimentados antes y después de la implementación del dispositivo externo compensador de altitud mediante pruebas de emisiones en ciclos urbanos y extraurbanos.

Justificación, importancia y alcance

Los automóviles se enfrentan a desafíos constantes para cumplir con las normativas de emisiones, mejorar la economía de combustible y ofrecer un rendimiento óptimo en diversas condiciones de altitud.

La transducción de presión en tiempo real se ha convertido en una tecnología crucial para medir y controlar las condiciones de funcionamiento del motor. Este análisis busca comprender cómo los sistemas compensadores de altitud, que ajustan automáticamente la mezcla aire-combustible en función de la altitud, afectan el rendimiento y la eficiencia de estos motores. Los resultados de esta investigación pueden tener un impacto significativo en el diseño y la optimización de motores de ciclo Otto, contribuyendo a la reducción de emisiones contaminantes y al desarrollo de vehículos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Los fabricantes de automóviles están constantemente buscando maneras de mejorar la eficiencia de sus motores y cumplir con las regulaciones ambientales cada vez más estrictas. Comprender cómo los sistemas compensadores de altitud interactúan con los motores de ciclo

Otto puede ayudar a desarrollar estrategias de control más efectivas y sistemas de inyección de combustible más avanzados.

Además, esta investigación puede tener implicaciones en la industria de la aviación, donde los motores de ciclo Otto también se utilizan en aeronaves ligeras. Por lo tanto, el alcance de este estudio no se limita solo a la industria automotriz, sino que se extiende a otras aplicaciones donde la altitud juega un papel crítico en el rendimiento del motor.

En resumen, el análisis de la incidencia de los sistemas compensadores de altitud en motores de ciclo Otto por transducción de presión en tiempo real es un tema de gran relevancia y alcance, con implicaciones significativas tanto en la mejora de la tecnología automotriz como en otras áreas donde se utilizan motores de este tipo.

El uso del Autoscope como medio de digitalización de datos y su transmisión hacia la PC continua, se basa en la cantidad de información registrada en tiempo real por software en conjunto con hardware, lo que permitió trabajar con diferentes scripts, proporcionan la posibilidad de realizar un análisis profundizado de las señales de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Analizar gráficamente la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

Objetivos específicos

- Fundamentar científicamente la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.
- Desarrollar un protocolo de ensayo para el equipo USB AUTOSCOPE, a fin de visualizar, grabar y analizar las señales por transducción de presión.
- Desarrollar la visualización y grabación para medición de las formas de onda de presión del cilindro de un vehículo del motor de combustión interna ciclo Otto sobrealimentado.
- Analizar los datos obtenidos en el informe del script Px, estableciendo la relación de la variación de la altitud respecto de la sincronización de válvulas, sincronización de encendido con el tiempo de encendido en el rango operativo y evolución de la presión en el cilindro.
- Evaluar todo lo relacionado con el tiempo de apertura y cierre de las válvulas a través del script.
- Analizar de manera gráfica las fases de distribución de gases, presión en el cilindro y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.
- Evaluar la incidencia ambiental en motores de combustión interna sobrealimentados antes y después de la implementación del dispositivo externo compensador de altitud.

Hipótesis

La incidencia del dispositivo externo compensador en motores de combustión interna sobrealimentados compensará en 20% valores típicos de pérdidas de presión y/o masa de gases en motores de la onda de presión del cilindro.

Capítulo II

Marco teórico

Puesta a punto del motor de combustión interna

El motor de un automóvil debe funcionar correctamente en diversas condiciones de funcionamiento. En caso contrario, es posible que sean necesarias una serie de operaciones para adaptar el motor a las condiciones óptimas de funcionamiento. El ajuste del motor restablece la capacidad de conducción, la potencia y el rendimiento del motor y debe realizarse en los intervalos especificados por el fabricante en el manual del vehículo. (Crouse & Anglin, 2005)

Operaciones que se realiza para la puesta a punto del motor son:

- Cambio de aceite y filtro.
- Cambio de filtro de aire y combustible.
- Limpieza o cambio de bujías e inyectores.
- Revisión de los niveles de líquido anticongelante.
- Revisión el sistema de distribución y batería.

Vehículo de prueba

El vehículo de prueba es un Chevrolet Ónix Sedán que ofrece un alto desempeño en el arranque a la vez permite una gran economía de combustible. (Onix Turbo Sedán)

Tabla 1

Datos generales del motor

| ONIX LTZ TURBO AC 1.0 4P 4X2 TM | |
|--|-------------------|
| Potencia máxima | 116 CV @ 5500rpm. |
| Potencia por litro | 116.1 CV/l |
| Par máximo | 160 Nm @ 2000rpm. |
| Velocidad máxima del motor | 6000rpm. |

| ONIX LTZ TURBO AC 1.0 4P 4X2 TM | |
|--|-----------------------------------|
| Disposición del motor | Frontal, transversal |
| Cilindrada -real- | 999 cm ³ |
| Número de cilindros | 3 |
| Configuración del motor | En línea |
| Diámetro del cilindro | 74 mm |
| Recorrido del cilindro | 77.49 mm |
| Número de válvulas por cilindro | 4 |
| Sistema de inyección de combustible | Inyección de colector multipuerto |
| Aspiración del motor | Turbocompresor, Intercooler |
| Distribución | DOHC |
| Capacidad de aceite del motor | 3.75 l |

Nota. En la tabla se muestra las características principales del motor del vehículo de prueba.
Tomado de (2019 Chevrolet Onix II Sedán 1.0T (116 CV))

Influencia de los factores atmosféricos en el rendimiento de un motor

Una disminución de la presión ambiental, aumento de la temperatura o humedad relativa reducirían la cantidad de oxígeno disponible para la combustión interna. Un motor de aspiración natural sería más vulnerable que un motor turbo donde por cada 100 m de altitud, un motor atmosférico pierde un 1,2% de su potencia y un motor turbo pierde un 0,8%. Además, por cada 10 °C de aumento de temperatura, las pérdidas son del 3,6% y 5,4%, respectivamente. (Yepes, 2023)

Dispositivos compensadores de altitud

Los dispositivos compensadores de altitud son dispositivos que se utilizan en los motores de combustión interna para compensar la disminución de aire a medida que se aumenta la altitud. Esto es importante debido a que la entrada de aire afecta la cantidad de oxígeno presente para el proceso de combustión, lo que a su vez afecta el rendimiento del motor. (Alonso & Pérez, 2023).

Efectos en el rendimiento del motor

(López & Sánchez, 2021), propone que los dispositivos compensadores de altitud tienen un impacto indicador sobre el rendimiento del motor. A medida que la presión del aire disminuye, la potencia y el par motor del motor también se ven afectadas. Esto debido a que el motor no puede quemar la cantidad adecuada de combustible para generar la misma potencia por lo cual estos dispositivos ayudan a aumentar la cantidad de aire que se inyecta en el motor ayudando a conservar la potencia y el par motor del motor a un nivel constante sobre cualquier altitud.

Transductor de presión

Según (Alonso & Pérez, 2023), el transductor de presión convierte una señal de presión en una señal eléctrica. Estos sensores de presión son dispositivos que pueden ser utilizados para registrar, medir o la presión encontrada en el cilindro del motor.

Figura 1

Transductor de presión



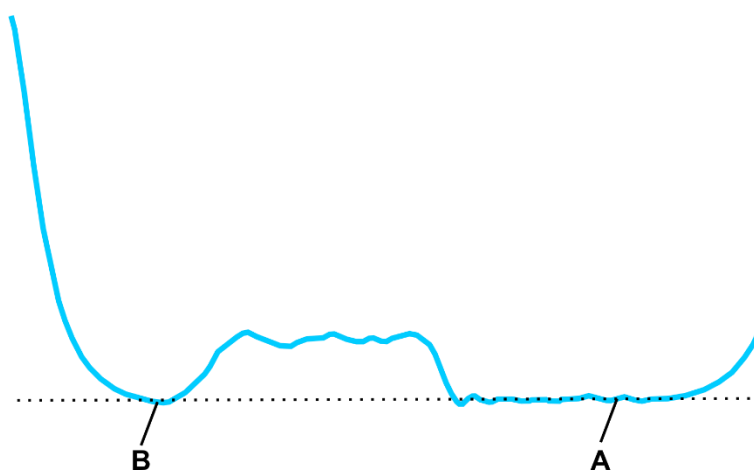
Nota. En la figura se puede observar un tipo de transductor de presión. Tomado de (Kolstan, 2020)

Formas de onda de presión del cilindro

Teniendo en cuenta a (Alonso & Pérez, 2023), la forma de onda de presión del cilindro es una representación gráfica de la presión a lo largo del tiempo que hay dentro de un motor de combustión interna específicamente en el interior del cilindro. Esta onda se la pueden conseguir utilizando un sensor de transducción de presión.

Figura 2

Forma de onda de presión en el cilindro



Nota. Forma de onda de presión en el cilindro donde (B) es el punto antes de que el pistón alcance al PMI, (A) es el punto donde la válvula de admisión se ha cerrado. Tomado de (<https://autoditex.com/cms/user/files/cylinder-pressure/2.png>)

Sensores automotrices

Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

La función del sensor del cigüeñal es determinar la posición del eje del cigüeñal y medir el número de revoluciones de giro. Esta información junto a la recibida del sensor del árbol de levas hace que la ECU determine el momento más apropiado para realizar los procesos de inyección e ignición. (Guarida, 2020)

Sensor MAP

El MAP mide la presión del aire que ingresa al motor a través del colector de admisión. Esta información es necesaria para que la ECU calcule la cantidad de combustible que se debe inyectar para obtener una mezcla óptima de aire y combustible. (Carrera, 2023)

USB Autoscope IV

Este equipo permite visualizar, grabar y analizar todos los tipos de señales presentes en sistemas eléctricos y electrónicos de los vehículos. Además, el análisis puede realizarse en tiempo real durante la visualización o posteriormente sobre oscilogramas grabados y guardados. Este equipo es universal y puede ser aplicado en todas las marcas y tipos de vehículos, motos, maquinaria pesada, náuticos y aviación ligera. (Autoscopio USB IV)

Figura 3

Accesorios del USB Autoscope IV



Nota. en la figura se muestra el USB Autoscope IV y sus diferentes accesorios como las puntas de medición, transductor de presión, transductor de vacío probador de chispa, sincronizador, cables universales, etc. Tomado de <https://usbautoscope.eu/wp-content/uploads/2023/01/ALite-Kit-1200.jpg> (Kit USB Autoscope Lite, 2022)

Analizador de gases Brain Bee Mahle AGS-688

Permite medir el porcentaje gases de escape producidos por la combustión del motor. Un analizador de gases puede ayudar a detectar fallas en componentes y otras causas que provocan una combustión inadecuada. (Analizador de Gases Brain Bee - Modelo AGS-688, 2019)

Figura 4

Analizador de gases de escape



Nota. La figura muestra la estructura del analizar de gases. Tomado de (<https://globaltechcar.com/wp-content/uploads/2019/01/Galeria02AGS-688.png>)

Norma Técnica Ecuatoriana

NTE INEN 2204:2017

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.

(OPENCHEC, 2020)

Tabla 2

Límites máximos de emisiones en motor de gasolina.

| Año modelo | % CO ^a | | ppm HC ^a | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 0 - 1500 ^b | 1500 - 3000 ^b | 0 - 1500 ^b | 1500 - 3000 ^b |
| 2000 y posteriores | 1 | 1 | 200 | 200 |

^a Volumen

^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Nota. En la tabla se muestra los límites máximos de emisiones permitidos para vehículos de gasolina en marcha mínima o ralentí. Tomado de (OPENCHEC, 2020)

Válvula ecológica Marclais

Esta válvula compensadora de altitud se utilizó para implementarlo en el vehículo sobrealimentado, fue hecho en Colombia y distribuido a diferentes países de Latinoamérica donde una distribuidora de la misma se encuentra en la ciudad de Ambato.

Patente acreditada como equipo de control ambiental No. 355 del 7 de mayo 1997 emitido por la oficina jurídica del ministerio de la misma a Marclais. (MARCLAIS)

Emisiones contaminantes

Los motores sobrealimentados pueden emitir diferentes tipos de gases contaminantes, los cuales se analizan los siguientes:

Monóxido de carbono (CO). Se produce cuando la combustión es incompleta. Los valores altos indican una mezcla rica o una combustión incompleta. Los valores correctos están entre 0,5 y 2%.

Dióxido de carbono (CO₂). Cuando el motor está funcionando al máximo nivel se dice que está funcionando correctamente. el porcentaje está entre el 12 y 15% de eficiencia en la

combustión. Los valores bajos muestran una combustión y mezcla deficiente o un encendido defectuoso.

Hidrocarburos no quemados (HC). Valores altos indican una mezcla rica, aceite o escape contaminado. El valor normal es de 100 y 400 ppm.

Oxígeno (O₂). Es la cantidad presente de aire que queda después de la de combustión. Altos valores indican una mezcla pobre, falta de combustión o un sistema de escape dañado. Normalmente el nivel de oxígeno debe ser inferior al 2%. (Augeri, 2011)

Capítulo III

Diseño de la propuesta en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud

Protocolos

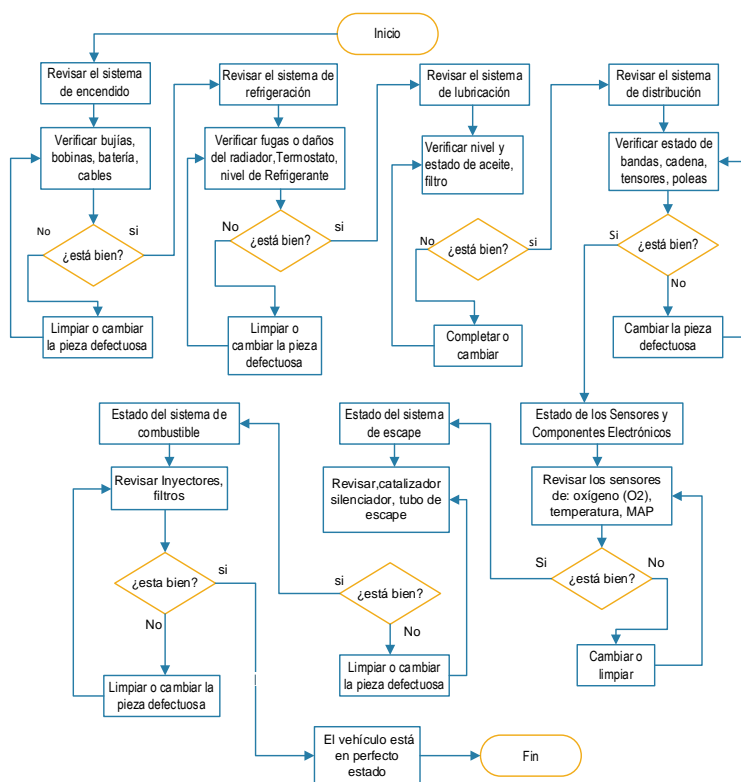
Los protocolos tienen una forma eficaz de garantizar la información a la hora de realizar una prueba de análisis donde se puede obtener un resultado lo más preciso posible dando así una validez y credibilidad a los resultados obtenidos

Verificación del estado del vehículo

La revisión vehicular exhaustiva en cada área de medición es fundamental antes de iniciar la recopilación de datos. Esto asegura la obtención de datos precisos y confiables.

Figura 5

Proceso de verificación del estado del vehículo



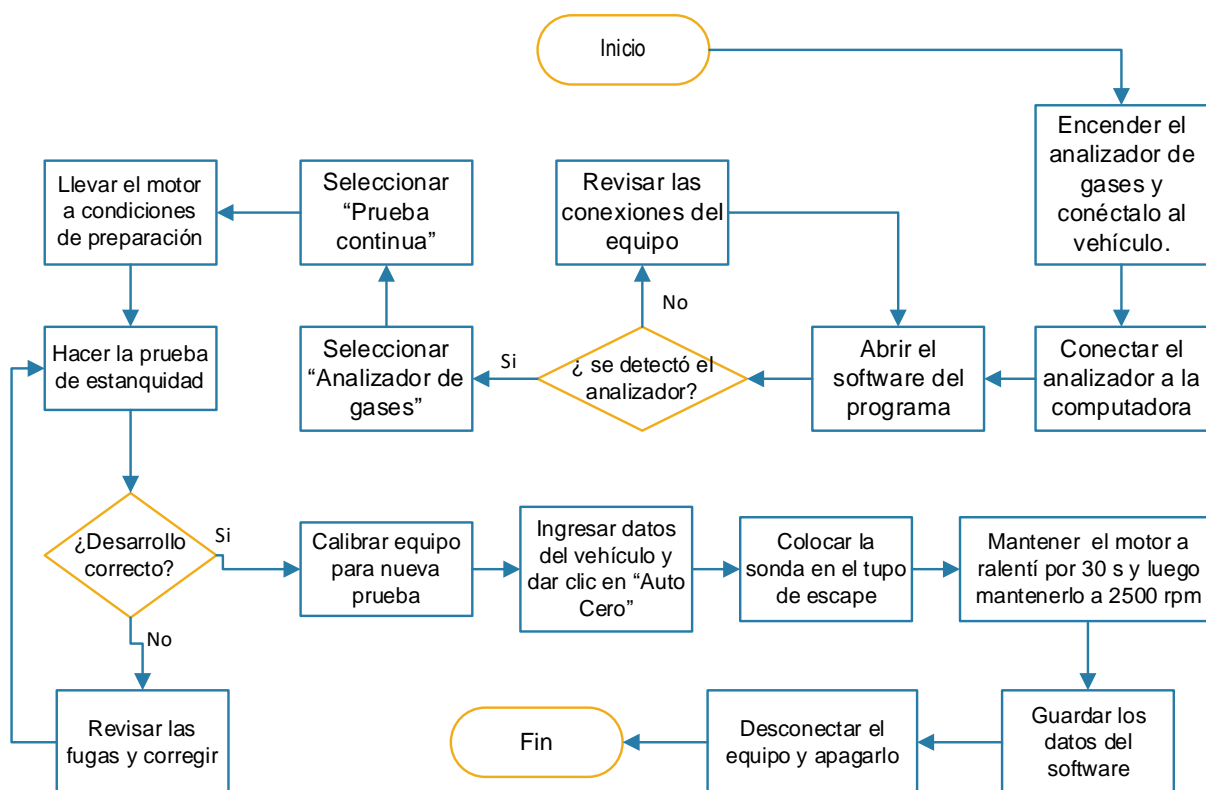
Nota: Diagrama de flujo para el proceso de verificación del estado del vehículo antes de realizar cualquier prueba para obtener un máximo rendimiento del vehículo

Emisiones de gases

Mide la cantidad de gases contaminantes que libera el vehículo por su tubo de escape. Los datos recopilados sirven para analizar la incidencia del impacto ambiental que tiene el motor a diferentes altitudes.

Figura 6

Protocolo de prueba de gases de escape



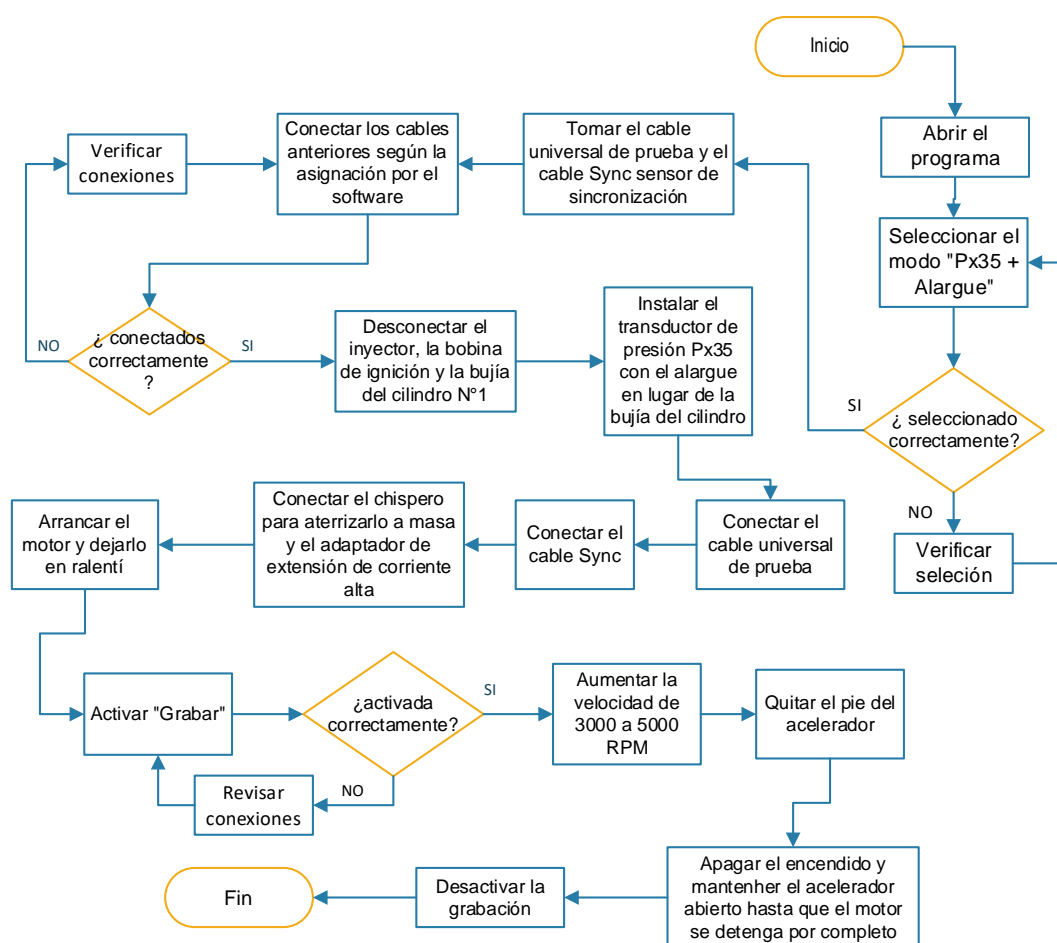
Nota: El Diagrama de flujo mostrado en la figura corresponde a los pasos a seguir para la obtención de valores de emisiones de gases de escape evacuadas por el motor.

Prueba de transductor de presión

Analiza automáticamente el gráfico de evolución de presión en el cilindro sin ignición generando múltiples informes con parámetros y características del motor. Adicionalmente, las fases de distribución de gases y el tiempo de encendido del motor, encontradas por medio de un script.

Figura 7

Diagrama de flujo de prueba de transductor de presión



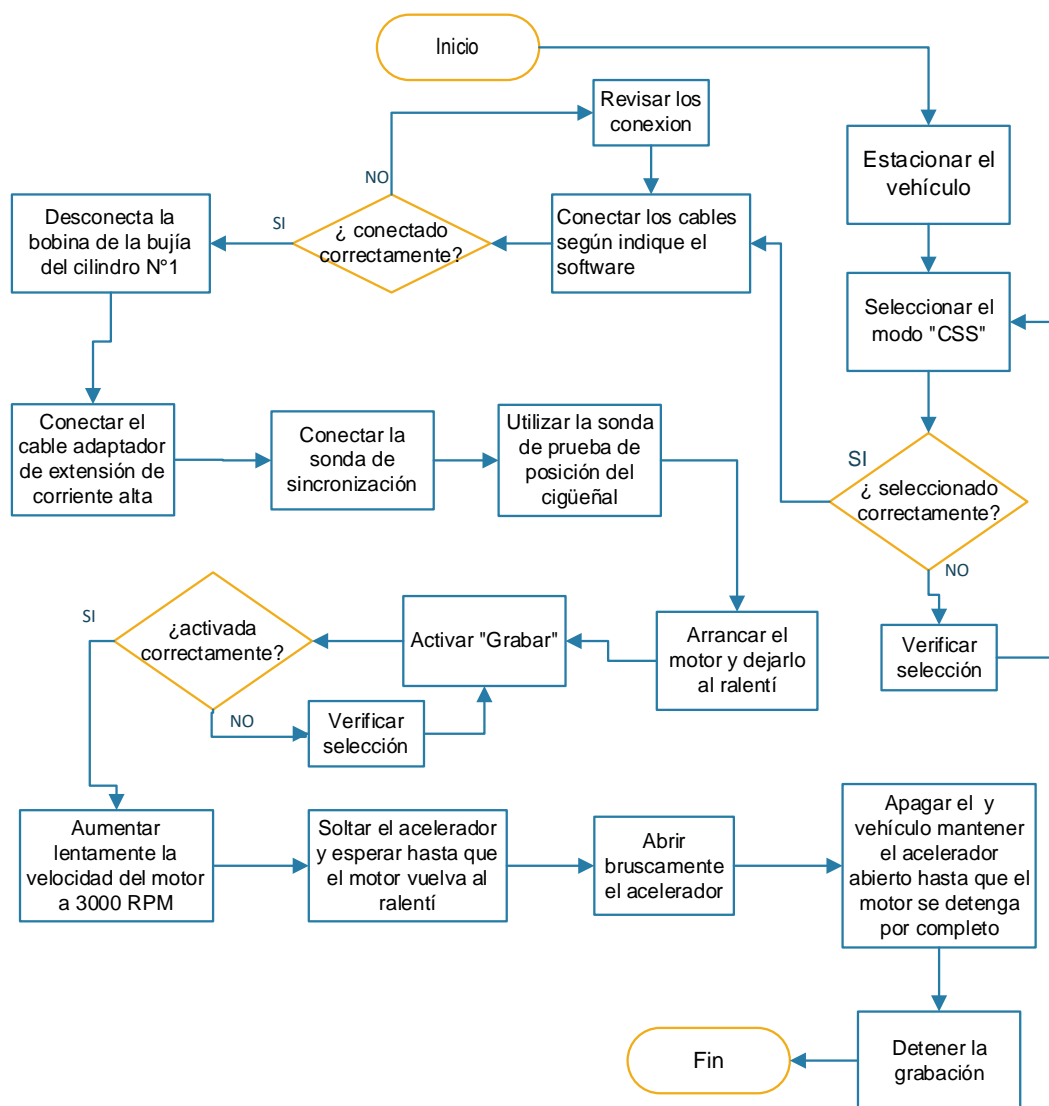
Nota. En el diagrama de flujo se muestra el procedimiento adecuado para la prueba de transductor de presión.

Prueba de sensor de posición del cigüeñal

Identifica problemas de rendimiento o mal funcionamiento en los cilindros. Además, es necesaria para la comprobación y verificación de una buena funcionalidad del vehículo.

Figura 8

Procedimiento de prueba de sensor de posición de cigüeñal



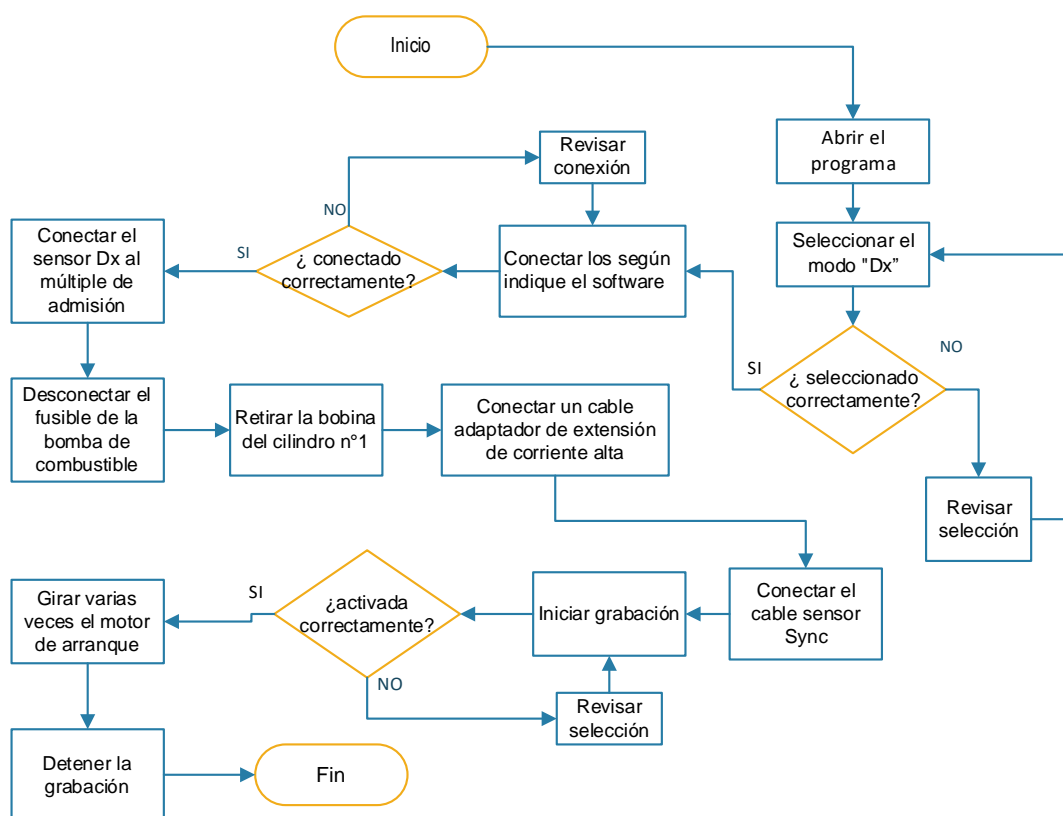
Nota. El diagrama de flujo presenta el procedimiento necesario para realizar la prueba del sensor del cigüeñal y así determinar información del vehículo.

Prueba de sensor de presión/vacío

Evalúa posibles fallos en el funcionamiento mecánico del motor, además de posibilitar la medición de las fluctuaciones de presión tanto en el cárter del motor como en el sistema de escape.

Figura 9

Procedimiento de prueba de vacío en múltiple de admisión



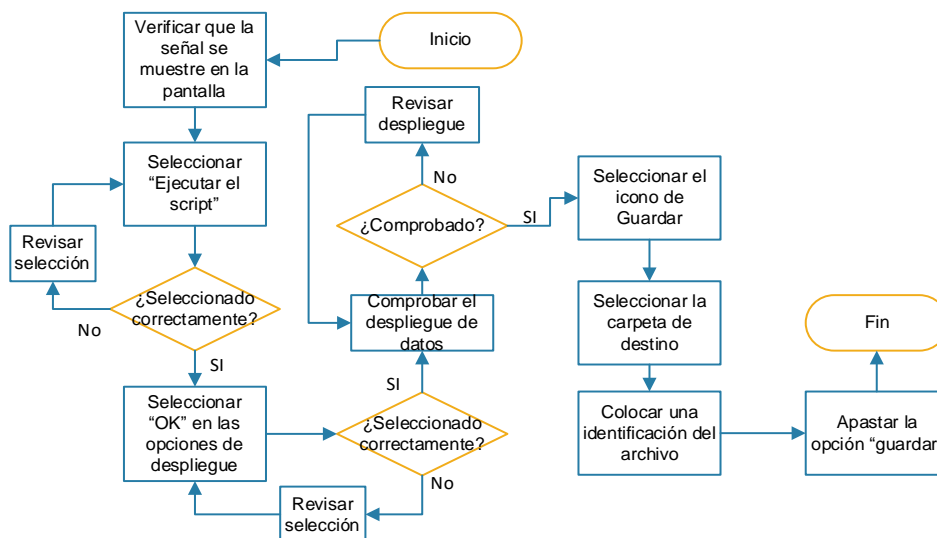
Nota. En diagrama de flujo se muestra los pasos necesarios para realizar la prueba de sensor de presión/vacío en el múltiple de admisión para luego comprobar el estado de llenado de aire del vehículo

Guardar información de scripts

Garantiza la preservación de la información obtenida, permitiendo la comparación de valores en cualquier momento gracias a la debida documentación que facilita el script.

Figura 10

Proceso para guardar información de scripts



Nota. El diagrama de flujo muestra la forma correcta en la que debe guardarse un documento obtenido por alguna prueba mediante el uso de analizador gráfico

Equipos de medición

Analizador gráfico en tiempo real

Este equipo proporcionó información detallada en tiempo real sobre la evolución de presión en los cilindros, tiempo de encendido y fases de distribución. Además, permitió analizar rápidamente el rendimiento del motor sobrealimentado utilizando scripts.

Figura 11

Analizador gráfico con su software de visualización



Nota. En la figura se observa en la parte Izquierda el equipo analizador gráfico y a su derecha el software complementario para la interpretación de datos.

Aplicación móvil de medida de altitud

Para determinar los escenarios de pruebas se usa la aplicación ALTÍMETRO PRECISO para mostrar la altura sobre el nivel del mar en la que se encuentra situada gracias a los factores de detección de “GPS” y “ubicación” encontrada en el dispositivo móvil.

Figura 12

Interfaz de aplicación ALTÍMETRO PRECISO



Nota. En la figura se observa la interfaz de la aplicación que muestra la altura en tiempo real.

Scanner automotriz

Se usó para eliminar códigos de fallas presentados al momento de desconectar los sensores o actuadores del vehículo después de realizar las pruebas de presión en el cilindro. Es necesario que el vehículo no presente errores detectados por la ECU, lo que hace que no esté en su máxima eficiencia.

Figura 13

Componentes del scanner automotriz



Nota. En la figura observa los componentes que tiene el escáner automotriz a bluetooth donde (A) interfaz del scanner, (B) estuche protector, (C), módulo del scanner, (D) cable de conexión OBD-II.

Adaptación del compensador de altitud

Se deben identificar los lugares donde haya entrada y circulación de gases producidas por el turbocompresor para la instalación de la válvula compensador de altitud. Esto se debe a que es necesario aprovechar la recirculación de los gases enviados desde el turbocompresor hacia la válvula compensadora para que esta última evacue la presión generada y la envíe a la otra válvula que controla el flujo de aire, la cual absorberá esa cantidad de aire y la envía hacia el múltiple de admisión.

Figura 14

Ubicación de entradas de aire



Nota. En la figura se muestra las entradas de aire del motor, a la izquierda está el múltiple de admisión en donde se encuentra el sensor MAP y a la derecha una manguera que se alimenta de los gases del turbocompresor.

Figura 15

Unión de válvulas con un acople



Nota. La imagen muestra dos válvulas conectadas con un acople central para transformarlo en un solo dispositivo compensador de altitud para motores sobrealimentados.

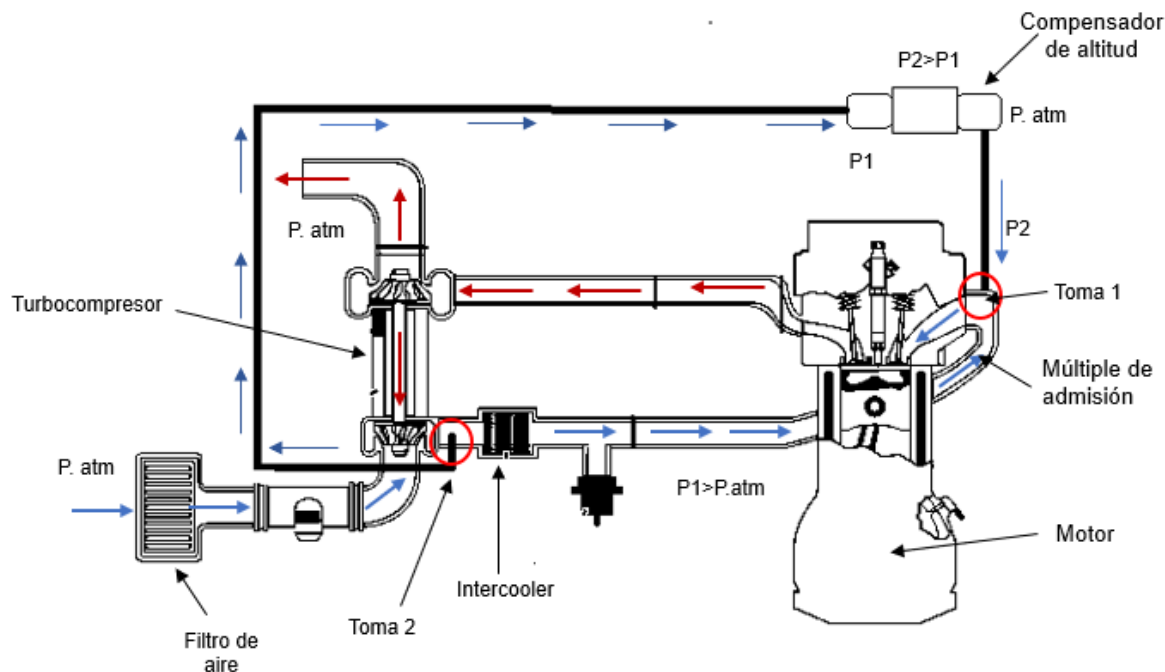
La primera válvula, va ubicada en el múltiple de admisión, actúa como una toma de aire normal. La segunda, está colocada después del turbocompresor. Esta válvula se abre cuando este genere una presión excesiva por el turbo y al abrirse, la válvula recircula el aire sobrante hacia la otra.

Fundamentación de funcionamiento

El vehículo funciona aspirando aire del ambiente a presión atmosférica, para luego ingresar a los cilindros. Los gases de escape del motor impulsan el turbocompresor iniciando la recirculación de gases. Cuando se requiere mayor potencia, el turbo se activa comprimiendo el aire e introduciendo más oxígeno en los cilindros, lo que aumenta la combustión y la potencia de forma eficaz.

Figura 16

Esquema de funcionamiento de la válvula compensadora de aire

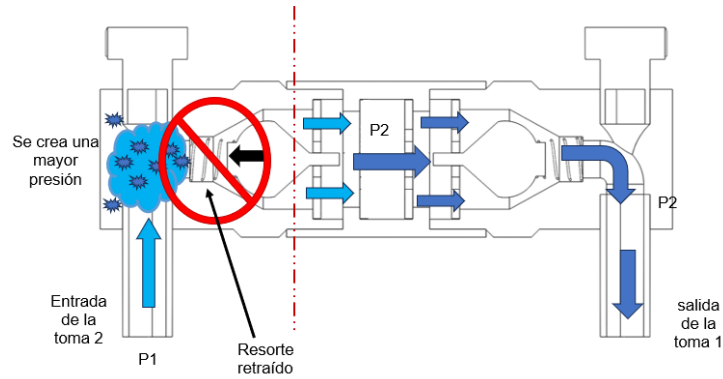


Nota. En la figura se presentan las diferentes presiones que se obtienen en la entrada a los cilindros tanto generada por el turbocompresor como la acumulada por la válvula que está conectada al turbo.

Una vez descrito el funcionamiento del vehículo sobrealimentado, con la instalación de la válvula compensadora de altitud se logró aumentar aún más la presión en el múltiple de admisión aprovechando la recirculación de gases. El turbocompresor envía algunos gases a la válvula compensadora la cual permanece cerrada hasta que hay una excesiva acumulación de presión P_1 generando por el turbocompresor. En ese momento, se abre la válvula y libera una presión P_2 hacia la otra válvula que controla el flujo de aire de entrada a la admisión. Finalmente, el aire ingresa a los cilindros a una presión P_2 , optimizando el rendimiento del motor.

Figura 17

Forma de entrada y salida de presión



Nota. En la figura se presentan las diferentes presiones que se obtienen en la válvula, una $P1$ generada por la acumulación de aire gracias al turbocompresor y una salida de $P2$ en la otra válvula.

Implementación de válvula en el vehículo

Acoples

Se instaló la válvula compensadora de altitud donde se usaron acoples para no alterar la estructura del componente ni el funcionamiento del motor.

Figura 18

Acople en T



Nota. En la figura se muestra la adaptación de un acople en el sensor MAP ubicado en el múltiple de admisión para de ahí sacar una extensión de entrada de aire.

Figura 19

Manguera en acople en T



Nota. En la figura se muestra la utilización de un acople en T para el conducto del filtro de aire.

Sistema conectado

Las válvulas se unieron entre si con un conector especial mencionadas anteriormente, gracias a ellas se pudo conectar todas las piezas en serie junto con una manguera en cada entrada de la válvula compensadora de altitud.

Figura 20

Sistema de conexión completo de la válvula

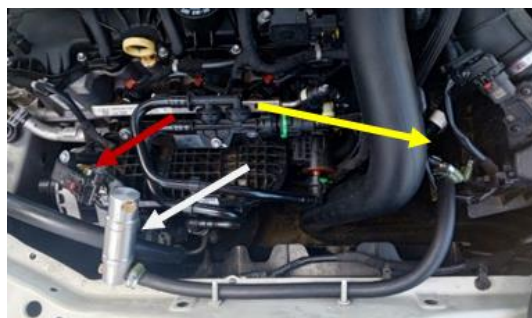


Nota. En la figura se muestra la conexión completa de la válvula para la instalación al motor sobrealimentado

La válvula que va conectada al múltiple de admisión trabaja a presión atmosférica, esta absorbe y cambia de presión de entrada hacia los cilindros siempre y cuando la otra válvula permita el paso de la sobrepresión del turbo,

Figura 21

Implementación de la válvula en el vehículo



Nota. La figura presenta la instalación final de la válvula, donde la flecha roja es la toma de aire del múltiple de admisión, la flecha blanca el conjunto de válvulas compensadoras de altitud, la flecha amarilla la toma de aire del turbocompresor

Presión y velocidad de aire en la válvula

La presión y velocidad de aire en la válvula se la simuló en un software CFD (Dinámica de Fluidos Computacional) para una representación de su funcionamiento a 0 m.s.n.m. y a 3000 m.s.n.m.

Tabla 3

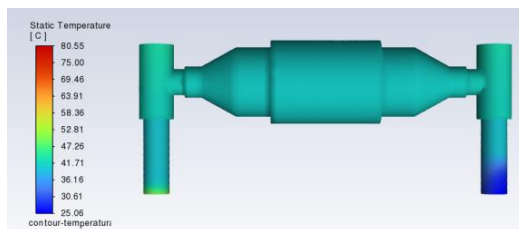
Parámetros de entrada a una altitud de 0 m.s.n.m

| Parámetros | Resultados |
|------------------------------|-------------------------|
| Presión atmosférica | 1.012 bar |
| Presión de sobrealimentación | 1.0342 bar |
| Temperatura | 20 – 85 °C |
| Fluido | Aire |
| Densidad del aire | 1,225 kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los valores de entrada estipulados a 0 m.s.n.m.

Figura 22

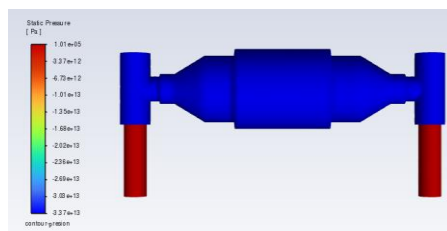
Simulación de temperatura a 3000 msnm



Nota. La figura muestra la simulación CFD de la temperatura del aire encontrada a una altitud de 0 m.s.n.m.

Figura 23

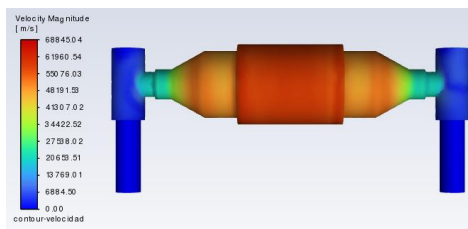
Simulación de presión a 0 m.s.n.m.



Nota. La figura muestra la simulación CFD de la presión del aire encontrada a una altitud de 0 m.s.n.m.

Figura 24

Simulación de velocidad a 0 m.s.n.m.



Nota. La figura muestra la simulación CFD de la velocidad del aire encontrada a una altitud de 0 m.s.n.m.

Tabla 4

Resultados de simulación CFD salida a 0 m.s.n.m.

| Parámetros | Resultados |
|---------------------------------|---------------------------|
| Flujo de aire | 0.00038 kg/s |
| Flujo Volumétrico | 0.00031 m ³ /s |
| Trasferencia de calor total | 192.72 W |
| Velocidad de aire en la entrada | 0.05925 m/s |
| Velocidad de aire en la salida | 11.32 m/s |
| Presión del aire en la entrada | 1.013 bar |
| Presión del aire en la salida | 1.737 bar |
| Temperatura de entrada del aire | 26.84 °C |
| Temperatura de salida del aire | 68.87 °C |

Nota. La tabla muestra los valores de salida de simulación CFD de la válvula compensadora de altitud a 0 m.s.n.m.

Se tomaron valores referenciales para deducir la velocidad, presión y temperatura presentes en la válvula compensadora de altitud.

Tabla 5

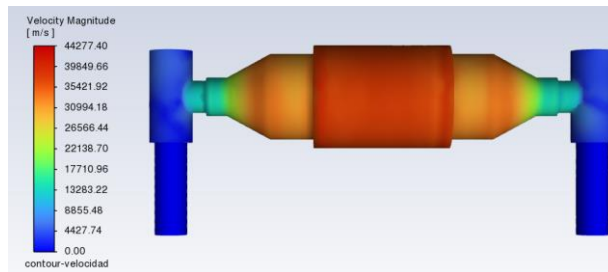
Valores de entrada a 3000 m.s.n.m.

| Parámetros | Resultados |
|------------------------------|-------------------------|
| Presión atmosférica | 0.73684 bar |
| Presión de sobrealimentación | 0.414 bar |
| Temperatura | 20 – 85 °C |
| Fluido | Aire |
| Densidad del aire | 1,225 kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los valores de entrada estipuladas a 3000 m.s.n.m.

Figura 25

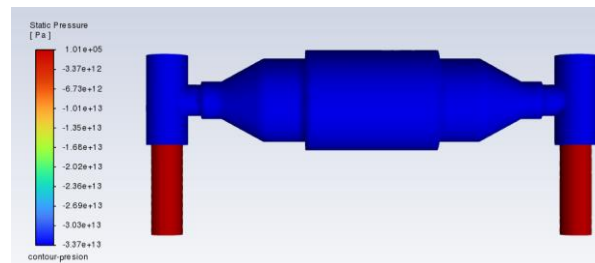
Simulación de velocidad a 3000m.s.n.m.



Nota. La figura muestra la simulación CFD de la velocidad del aire encontrada a una altitud de 3000 m.s.n.m.

Figura 26

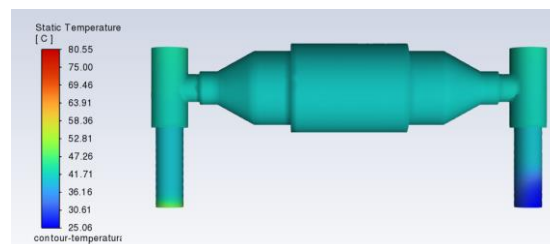
Simulación de presión a 3000 m.s.n.m.



Nota. La figura muestra la simulación de presión del aire encontrada a una altitud de 3000 m.s.n.m.

Figura 27

Simulación de temperatura a 3000 m.s.n.m.



Nota. La figura muestra la simulación CFD de la temperatura del aire encontrada a una altitud de 3000 m.s.n.m.

Tabla 6

Resultados de Simulación CFD a 3000 m.s.n.m.

| Parámetros | Resultados |
|---------------------------------|---------------------------|
| Flujo de aire | 0.00038 kg/s |
| Flujo Volumétrico | 0.00031 m ³ /s |
| Trasferencia de calor total | 106.72 W |
| Velocidad de aire en la entrada | 0.05878 m/s |
| Velocidad de aire en la salida | 9.28 m/s |
| Presión del aire en la entrada | 1.023 bar |
| Presión del aire en la salida | 1.371 bar |
| Temperatura de entrada del aire | 27.55 °C |
| Temperatura de salida del aire | 62.39 °C |

Nota. La tabla muestra los valores obtenidos en la simulación CFD de la válvula compensadora de altitud a 3000 m.s.n.m.

Escenarios

Se seleccionó ubicaciones específicas con diferentes altitudes, lo que permitió analizar el desempeño del motor de ciclo Otto sobrealimentado equipado con el dispositivo compensador de altitud, en respuesta a la variación de la presión atmosférica a medida que se asciende desde áreas a 0m.s.n.m hasta los 3000m.s.n.m. La siguiente tabla detalla los escenarios propuestos.

Escenario 1

El primer lugar para realizar las pruebas se encuentra ubicada a 7m.s.n.m. con una presión atmosférica de 1,0132 bar y temperatura de 32°C

Figura 28

0°04'15"N 80°03'29"W, Pedernales



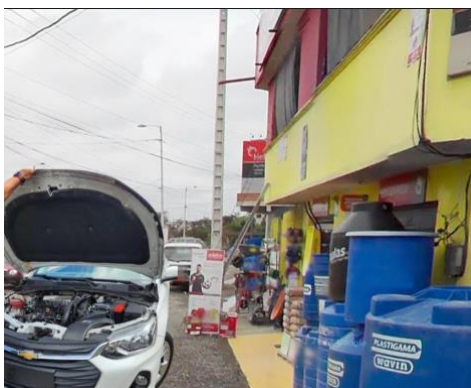
Nota. En la figura se muestra el primer lugar análisis

Escenario 2

El segundo sitio de realización de pruebas tiene una altura de 501 m.s.n.m. con una presión atmosférica de 0,954 bar y temperatura de 30°C

Figura 29

0°14'57"S 79°12'06"W., Provincia de Santo Domingo



Nota. La figura muestra el segundo escenario de prueba

Escenario 3

La altura del tercer escenario para el análisis gráfico tiene 1003 m.s.n.m. con una presión atmosférica de 0.898 bar y temperatura de 28°C

Figura 30

0°20'11"S 78°53'56"W, Cascada Rio Napa, San Augusto



Nota. En esta figura se observa el tercer sitio de análisis

Escenario 4

El cuarto lugar de medición está ubicado a 1500 m.s.n.m. con una presión atmosférica de 0.845 bar y temperatura de 27°C

Figura 31

0°25'11"S 78°47'35"W, Estación de servicio ESNAL2



Nota. En la figura se evidencia el cuarto espacio de pruebas

Escenario 5

La quinta ubicación para las pruebas está a 2002 m.s.n.m. con una presión atmosférica de 0.795 bar y temperatura de 27°C

Figura 32

0°26'33"S 78°44'44"W ,Santuario Católico Virgen de la Merced



Nota. Esta figura muestra el quinto espacio de realización de pruebas

Escenario 6

La sexta área de medición se encuentra a 2503m.s.n.m. con una presión atmosférica de 0.747 bar y temperatura de 26°C

Figura 33

0°26'22.8"S 78°41'40.0"W



Nota. En la figura se puede observar la sexta zona de medición

Escenario 7

El espacio del séptimo lugar de medición tiene una altura 3000 m.s.n.m. con una presión atmosférica de 0.701bar y temperatura de 25°C

Figura 34

0°31'08"S 78°35'03"W, Pichincha



Nota. En la figura se muestra el lugar donde se ejecuta el séptimo análisis

Tabla 7

Tabla de lugares de realización de pruebas

| Altitud (m) | Ubicación | Presión atmosférica(bar) | Temperatura (°C) |
|----------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 7 | 0°04'15"N 80°03'29"W | 1,0132 | 26-32 |
| 501 | 0°14'57"S 79°12'06"W | 0,954 | 24-30 |
| 1003 | 0°20'11"S 78°53'56"W | 0.898 | 23-28 |
| 1500 | 0°25'11"S 78°47'35"W | 0.845 | 22-27 |
| 2002 | 0°26'33"S 78°44'44"W | 0.795 | 22-27 |
| 2503 | 0°26'22.8"S 78°41'40.0"W | 0.747 | 21-26 |
| 3000 | 0°31'08"S 78°35'03"W | 0.701 | 19- 25 |

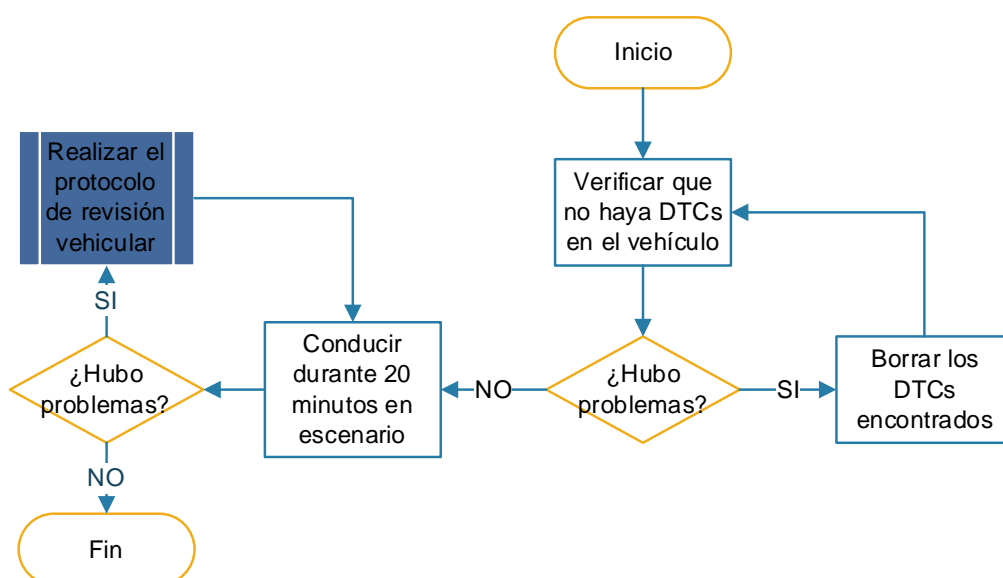
Nota. La tabla presenta los diferentes escenarios en donde se realizaron las pruebas en el vehículo sobrealimentado.

Adaptabilidad del vehículo en los escenarios

Para asegurar la adaptabilidad del vehículo a diversas alturas, se requiere realizar un previo ciclo de conducción de al menos 20 minutos en cada área de prueba. Este proceso es fundamental para garantizar que el vehículo trabaje en óptimas condiciones y esté listo para funcionar de manera adecuada en distintos escenarios.

Figura 35

Proceso de adaptabilidad del vehículo



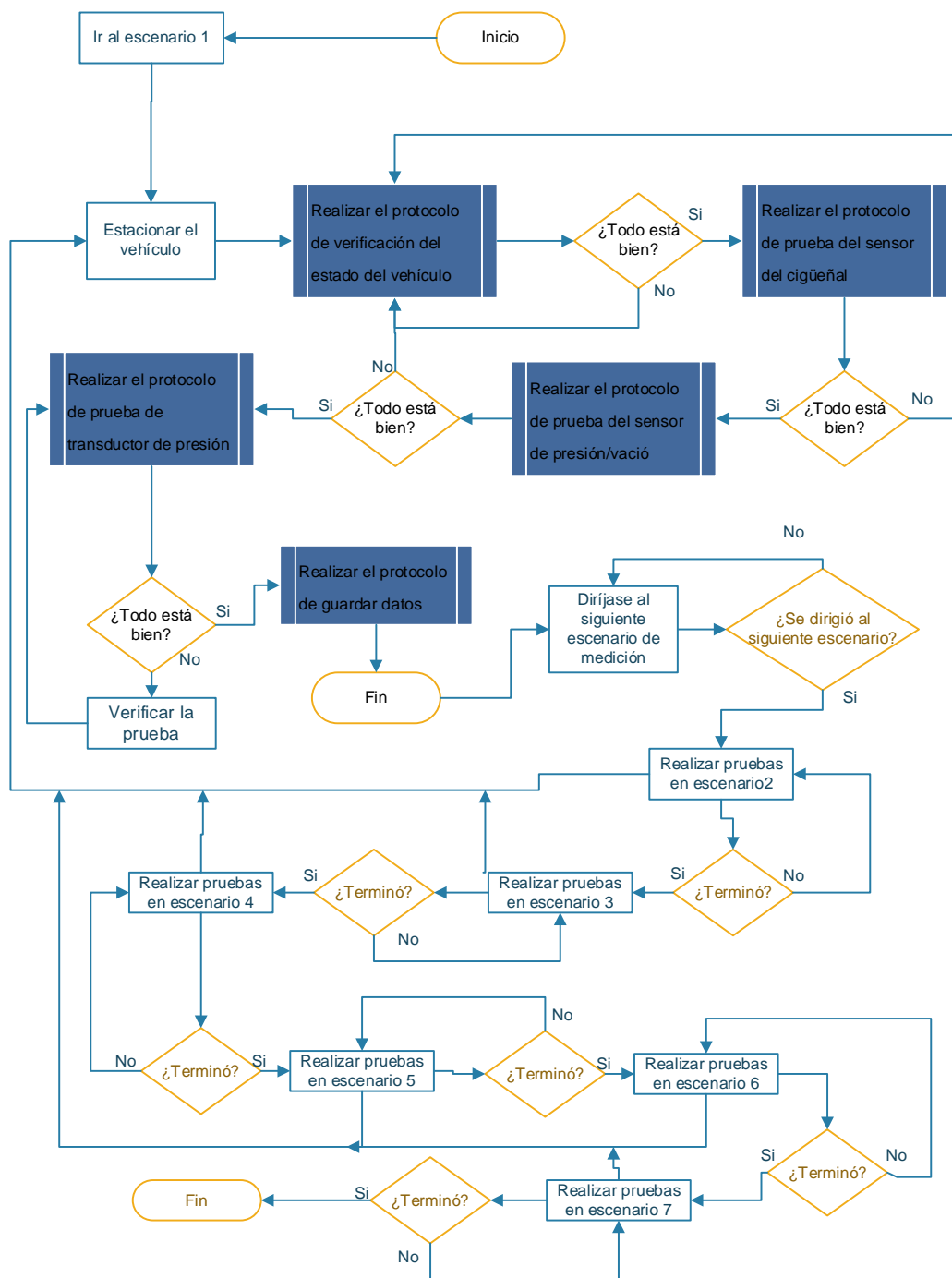
Nota. el diagrama de flujo modela los pasos necesarios para la adaptabilidad del vehículo a los diferentes escenarios de prueba

Diseño experimental

Se hacen pruebas con un analizador gráfico en tiempo real en un vehículo con motor de ciclo Otto sobrealimentado equipado con el dispositivo compensador de altitud en donde se muestran datos de presión en el cilindro, distribución de gases y ajustes de encendido bajo diversas condiciones de carga y altitud simulada.

Figura 36

Protocolo de pruebas para la obtención de datos en los diferentes escenarios



Nota. El diagrama presenta los procesos necesarios para la obtención de datos en cada escenario, siguiendo una serie de protocolos específicos.

Recopilación de resultados

Se llevó a cabo una exhaustiva recopilación de información sobre los motores de ciclo Otto sobrealimentados y el dispositivo externo compensador de altitud, donde se tomaron tres análisis como parte del desarrollo investigativo.

Resultados sin la válvula

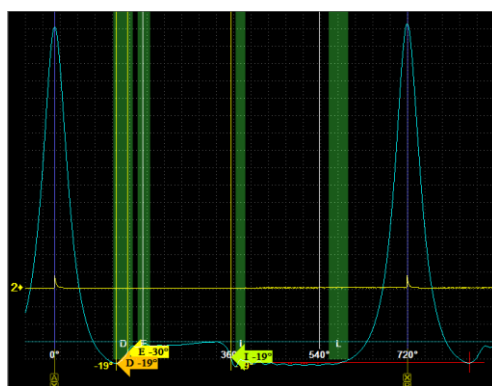
Evolución de la presión en el cilindro

Todas estas pruebas se llevaron a cabo sin la implementación de la válvula compensadora de altitud. Las mediciones fueron hechas con el vehículo en su estado original sin ninguna modificación donde las medidas de presión fueron tomadas en Bar. Entre ellas se destacaron siete escenarios con las siguientes alturas:

7 metros de altura. A esta altura se observó una velocidad de ralentí alta de 1190 RPM. Adicionalmente, se detectó un retraso de 2° en el avance al encendido generando un exceso de llenado del cilindro durante el ralentí.

Figura 37

Evolución de presión en el cilindro a 7m.s.n.m.

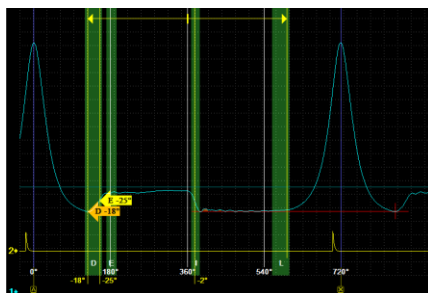


Nota: La sección "E" tiene un adelanto de 30° en el árbol de levas para la válvula de escape, mientras que la sección "I" tiene un adelanto de 18° en el árbol de levas para la válvula de admisión, ambos medidos a partir del PMS.

501 metros de altura. En este lugar hubo una velocidad de ralentí de 1060 PRM y se encontró que el avance al encendido está a 20, cuyo rango es adecuado.

Figura 38

Evolución de presión en el cilindro a 501m.s.n.m.

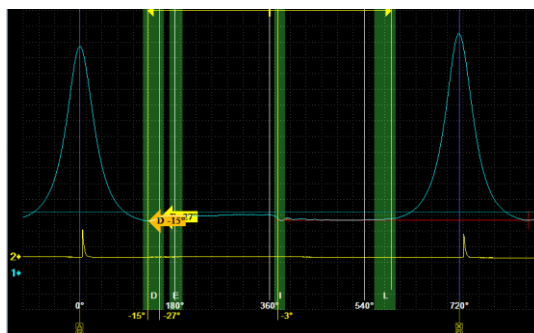


Nota. La sección “D” tiene un adelanto de 18° para el inicio de apertura la válvula de escape, mientras que en la sección “E” hay un adelanto de 28° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

1003 metros de altura. En este escenario se observó que hay una velocidad de ralentí de 1102 PRM. Además, tiene 3° al avance al encendido.

Figura 39

Evolución de presión en el cilindro a 1003m.s.n.m.

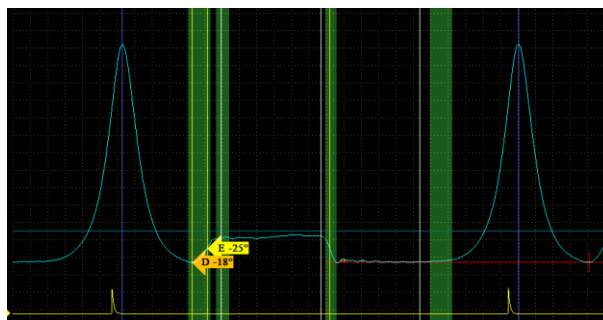


Nota. La sección “D” tiene un adelanto de 17° para el inicio de apertura la válvula de escape, además se muestra que en la sección “E” hay un adelanto de 23° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

1500 metros de altura. A esta altura se evidenció que hay una velocidad de ralenti de 1081 PRM. Además, se encontró que tiene 4° al avance al encendido.

Figura 40

Evolución de presión en el cilindro a 1500m.s.n.m.

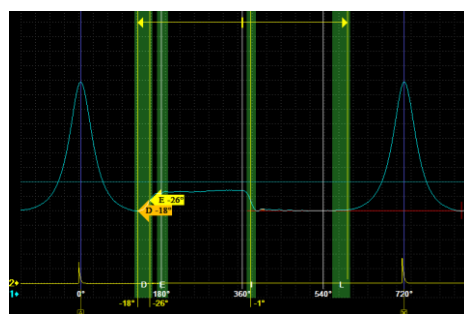


Nota. En la sección “D” se observa que hay un adelanto de 18° para el inicio de apertura la válvula de escape, además se muestra que en la sección “E” hay un adelanto de 25° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

2002 metros de altura. En esta área se encontró a una velocidad de ralenti demasiado alta con un valor de 1091 PRM. Además, tiene 4° al avance al encendido.

Figura 41

Evolución de presión en el cilindro a 2002m.s.n.m

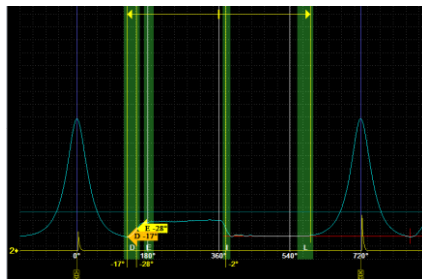


Nota. En la sección “D” se observa que hay un adelanto de 17° para el inicio de apertura la válvula de escape, además se muestra que en la sección “E” hay un adelanto de 26° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

2503 metros de altura. En esta área se encontró a una velocidad de ralentí alta de 1095 PRM. Además, se detectó un retraso de 4° en el avance al encendido generando un exceso de llenado del cilindro durante el ralentí.

Figura 42

Evolución de presión en el cilindro a 2503m.s.n.m

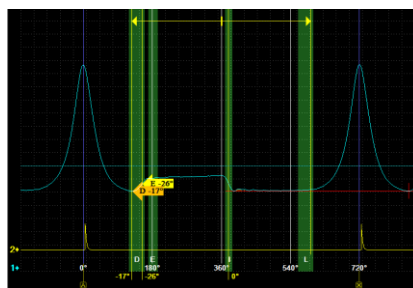


Nota. En la sección “D” se observa que hay un adelanto de 18° para el inicio de apertura la válvula de escape, además se muestra que en la sección “E” hay un adelanto de 26° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

3000 metros de altura. En esta área se encontró a una velocidad de ralentí alta de 1095 PRM. Además, se detectó un retraso de 2° en el avance al encendido generando un exceso de llenado del cilindro durante el ralentí.

Figura 43

Evolución de presión en el cilindro a 3000m.s.n.m



Nota. En la sección “D” se observa que hay un adelanto de 16° para el inicio de apertura la válvula de escape, además se muestra que en la sección “E” hay un adelanto de 28° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

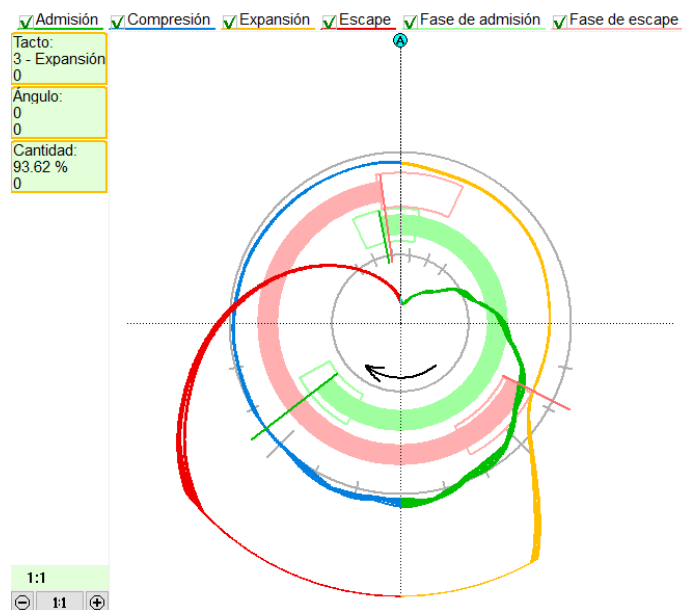
Fases de distribución de gases

Los análisis se llevaron a cabo en un vehículo sobrealimentado en su estado original, donde se realizaron mediciones en ciertos escenarios con las siguientes alturas:

7 metros de altura. Se observó que el ángulo de apertura de escape experimentó un leve incremento por encima del rango normal, mientras que el ángulo de cierre de escape se vio ligeramente reducido, lo que generó un solapamiento muy corto en las válvulas.

Figura 44

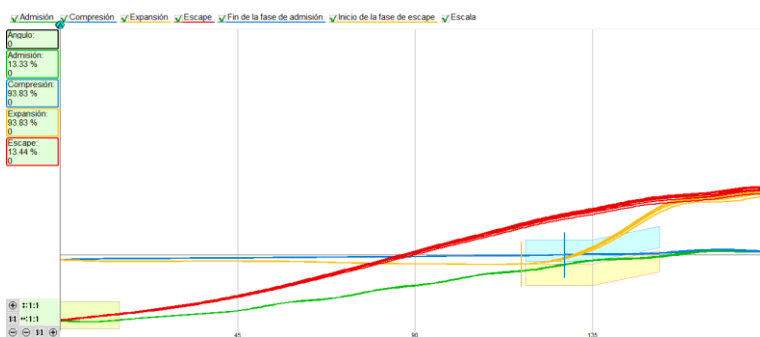
Distribución de gases a 1240 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1240 rpm.

Figura 45

Hoja de cantidad a 1190 rpm

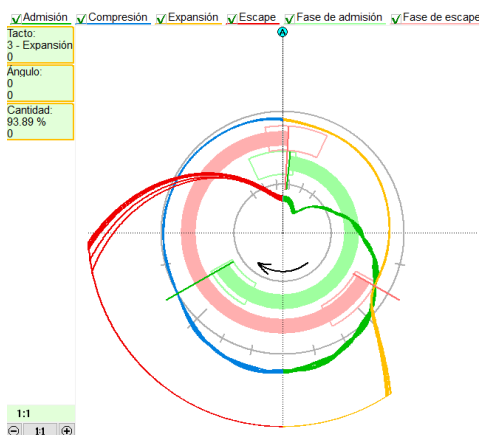


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1190 rpm.

501 metros de altura. Se notó que el ángulo de apertura de admisión se posiciona poco después del PMS y el ángulo de cierre de admisión mostró un leve aumento por encima del rango permitido. Esto produjo una ausencia de solapamiento entre las válvulas.

Figura 46

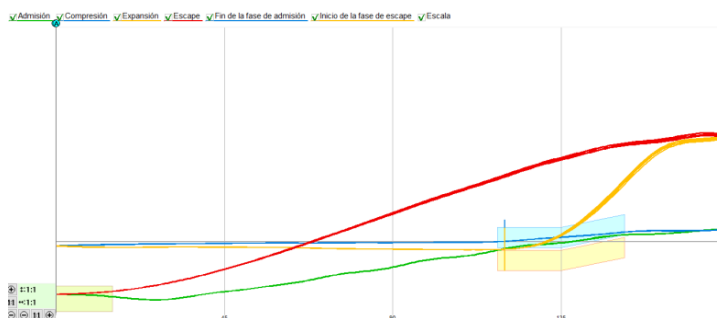
Distribución de gases a 1110 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1110 rpm.

Figura 47

Hoja de cantidad a 1060 rpm

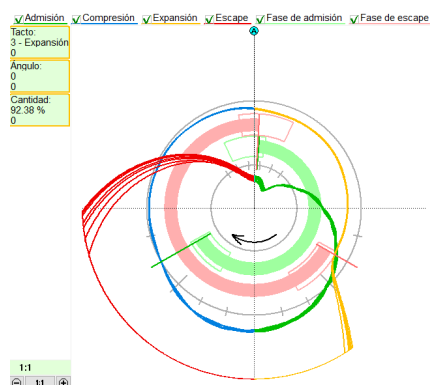


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1060 rpm.

1003 metros de altura. Se identificó que el ángulo de apertura de admisión se sitúa brevemente después del PMS, mientras que el ángulo de cierre de admisión, así como el ángulo de apertura de escape se encuentran cercanos al límite aceptable. Esta situación condujo a la falta de solapamiento entre las válvulas.

Figura 48

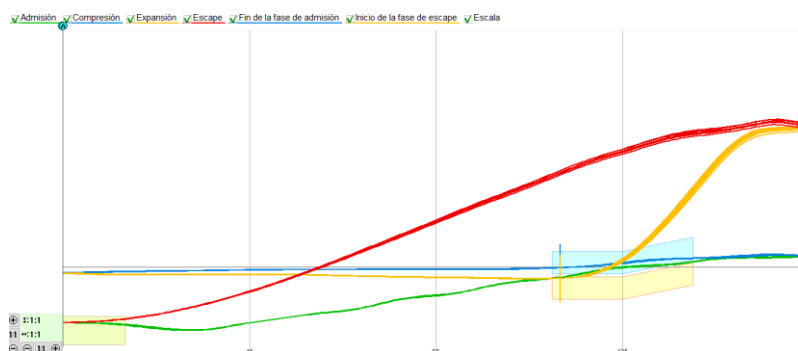
Distribución de gases a 1050 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1050 rpm.

Figura 49

Hoja de cantidad a 1100 rpm

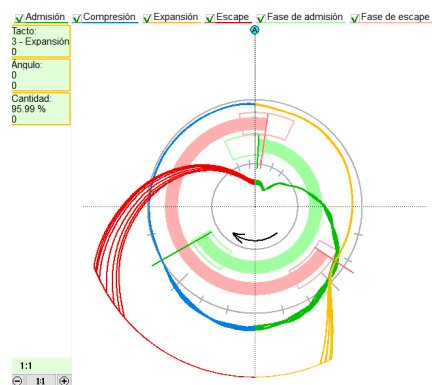


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1100 rpm.

1500 metros de altura. Se detectó que el ángulo de apertura de admisión se ubica poco después del PMS, mientras que el ángulo de cierre de admisión se encuentra cercano al límite aceptable. Aquí si se presenta un solapamiento entre las válvulas

Figura 50

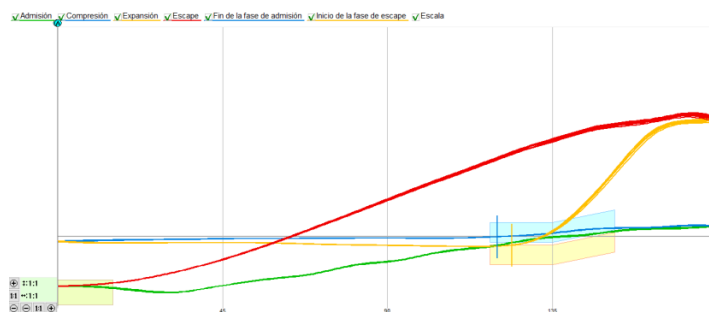
Distribución de gases a 1290 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1290 rpm.

Figura 51

Hoja de Cantidad a 1080 rpm

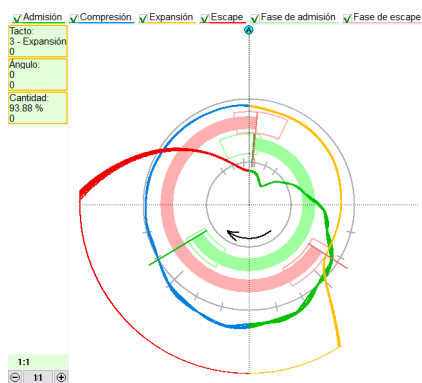


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1080 rpm.

2002 metros de altura. Se ha determinado que el ángulo de apertura de admisión ocurre levemente después del PMS, mientras que el ángulo de cierre de admisión se encuentra muy cercana al límite aceptable. En esta grafica se produce un ligero solapamiento entre las válvulas.

Figura 52

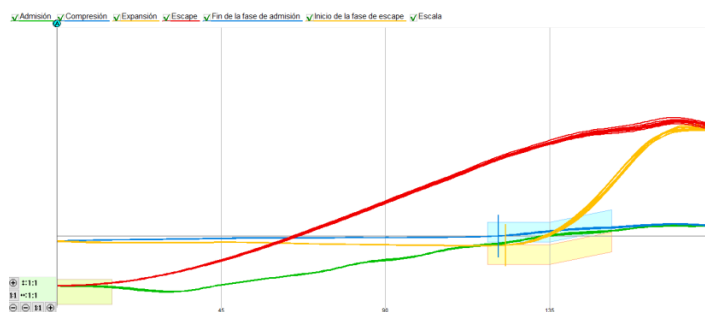
Distribución de gases a 1260 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1260 rpm.

Figura 53

Hoja de Cantidad a 1090 rpm

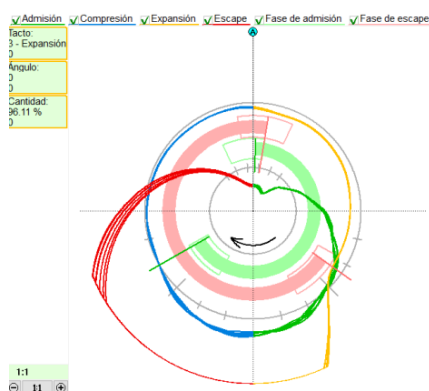


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1090 rpm.

2503 metros de altura. Se ha notado que el ángulo de apertura de admisión se sitúa al inicio del PMS, mientras que el ángulo de cierre de admisión se encuentra muy cerca al límite permitido. En esta situación, se evidencia un ligero solapamiento entre las válvulas.

Figura 54

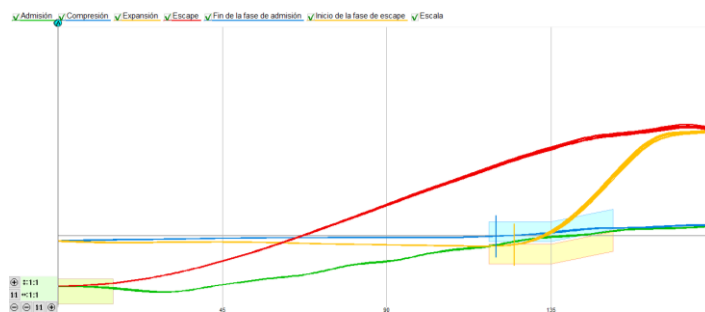
Distribución de gases a 1310 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1310 rpm.

Figura 55

Hoja de cantidad a 1090 rpm

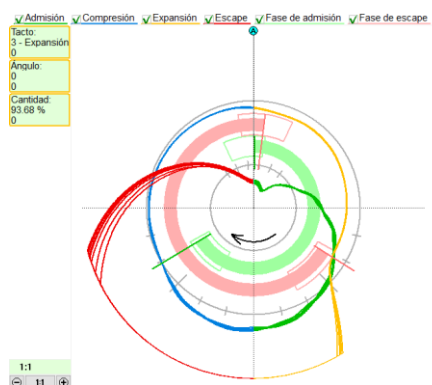


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1090 rpm.

3000 metros de altura. Se ha observado que el ángulo de apertura de admisión se encuentra al comienzo del PMS, mientras que el ángulo de cierre de admisión como el ángulo de apertura de escape se ubican muy cercanos al límite permitido. En esta gráfica también se muestra un ligero solapamiento entre las válvulas.

Figura 56

Distribución de gases a 1120 rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1120 rpm.

Figura 57

Hoja de cantidad a 1140rpm



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1140 rpm.

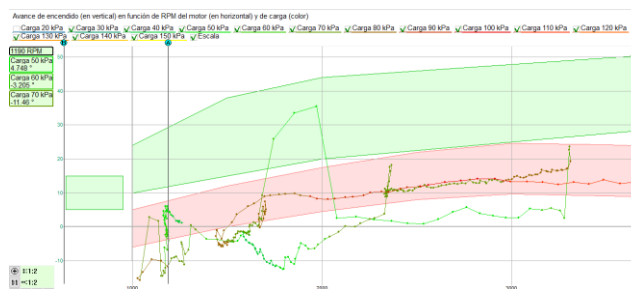
Avance al encendido

El análisis se realizó con un vehículo sobrealimentado sin realizar ninguna modificación, además se llevó a cabo en diversas alturas, las cuales son:

7 metros de altura. El motor operó a una velocidad de 1190 RPM a plena carga con una presión de 50 kPa cuyo tiempo de encendido era de 5° antes del PMS. Además, a presiones de 60 kPa y 70 kPa, los tiempos de encendido fueron de 3° y 11° después del PMS, respectivamente.

Figura 58

Avance de encendido a 7m de altura

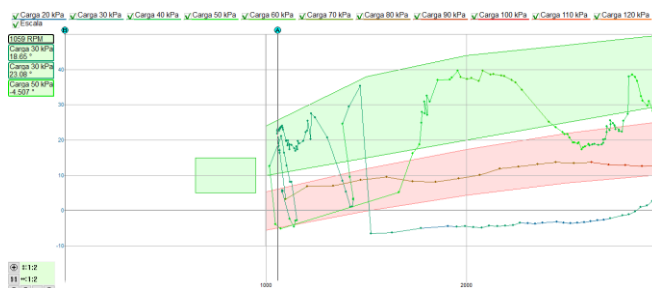


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

501 metros de altura. El motor funcionó a 1160 RPM a plena carga con una presión de 30 kPa, el tiempo de encendido fue de 19° antes del PMS. Además, a una presión de 50 kPa con un tiempo de encendido de 5° después del PMS

Figura 59

Avance de encendido a 501m de altura

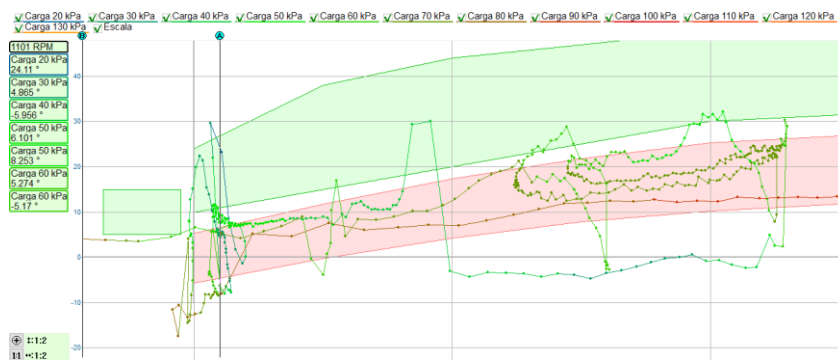


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

1003 metros de altura. El motor trabajó a una velocidad de 1190 RPM a plena carga con presiones de 20 kPa, 30 kPa, 50 kPa y 60 kPa, los tiempos de encendido fueron de 24°, 5°, 8° y 5° antes del PMS, respectivamente. Además, a una presión de 40 kPa con un tiempo de encendido de 5° después del PMS.

Figura 60

Avance de encendido a 1003m de altura

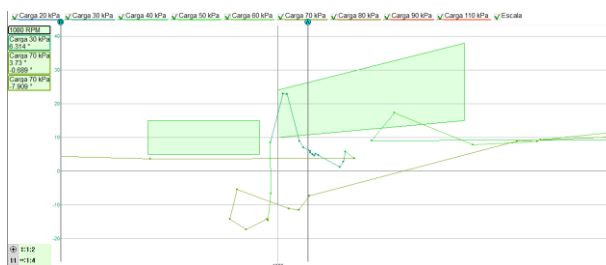


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

1500 metros de altura. El motor operó a 1080 RPM a plena carga con una presión de 30 kPa, el tiempo de encendido fue de 6° antes del PMS. Adicionalmente, a una presión de 70 kPa con un tiempo de encendido de 7° después del PMS.

Figura 61

Avance de encendido a 1500m de altura

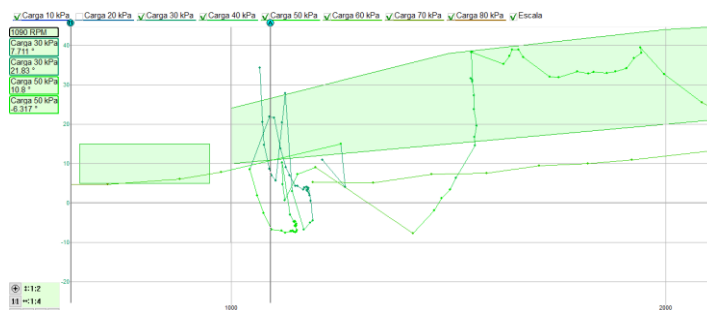


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

2002 metros de altura. El motor funcionó a una velocidad de 1090 RPM a plena carga con una presión de 30 kPa cuyos tiempos de encendido fueron de 8°y 22° antes del PMS. Adicionalmente, a una presión de 50 kPa con un tiempo de encendido de 10° antes del PMS y 6° después del PMS.

Figura 62

Avance de encendido a 2002m de altura

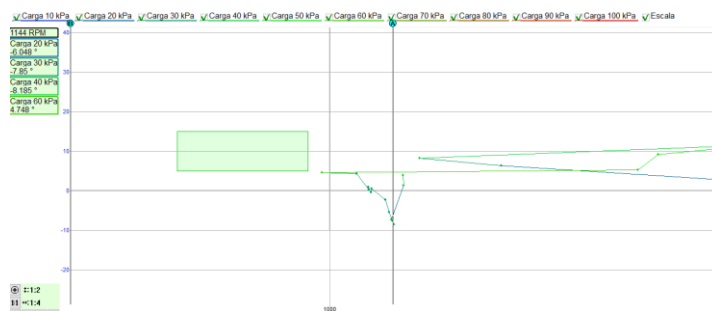


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

2503 metros de altura. El motor trabajó a una velocidad de 1140 RPM a plena carga con presiones de 20 kPa y 30kPa, los tiempos de encendido fueron de 6° y 8° después del PMS. Además, a presiones de 40 kPa y 60 kPa con tiempos de encendido de 8° después y 5° antes del PMS, respectivamente.

Figura 63

Avance de encendido a 2503m de altura

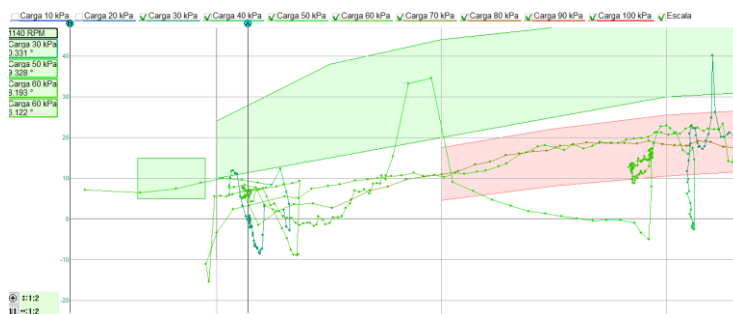


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

3000 metros de altura. El motor funcionó a una velocidad de 1140 RPM a plena carga con presiones de 30 kPa y 50 kPa, los tiempos de encendido fueron de 1° y 9° antes del PMS, respectivamente. Además, dos veces a una presión de 60 kPa con tiempos de encendido de 6° y 8° antes del PMS.

Figura 64

Avance de encendido a 3000m de altura



Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

Resultados con la válvula

Las gráficas obtenidas proporcionaron información valiosa en donde se pudo identificar similitudes y tendencias entre la evolución de la presión del cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste al encendido.

Evolución de presión en el cilindro

Para llevar a cabo las pruebas se adaptaron las válvulas compensadoras de altitud en el vehículo sobrealimentado, dichas mediciones se efectuaron en las siguientes altitudes.

7 metros de altura. Se observó una elevada velocidad de ralentí, la cual alcanzó un valor de 1125 PRM en donde se detectó un retraso de 11° en el avance al encendido, lo que generó un exceso de llenado del cilindro durante el ralentí.

Figura 65

Evolución de presión en el cilindro a 7m.s.n.m

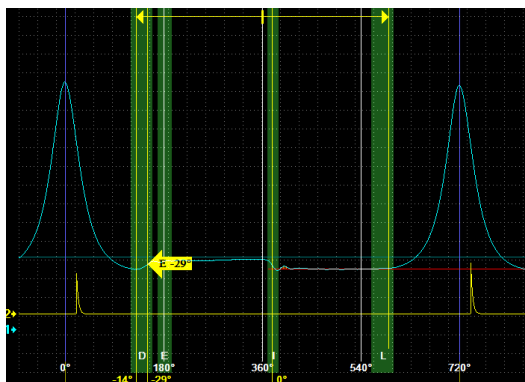


Nota: La sección "E" tiene un adelanto de 15° en el árbol de levas para la válvula de escape el cual fue medido a partir del PMS

501 metros de altura. En este escenario hay 1136 PRM de velocidad de ralentí, además, se detectó un atraso de 21° en el avance al encendido lo que produjo durante el ralentí un exceso de llenado del cilindro.

Figura 66

Evolución de presión en el cilindro a 501m.s.n.m

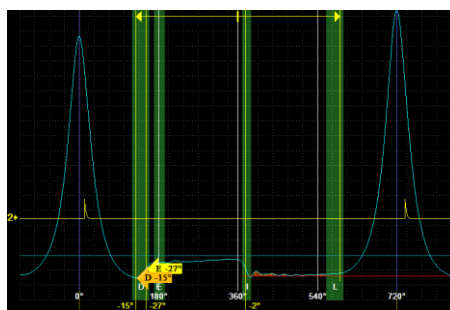


Nota: En la sección “E” se muestra un adelanto en el árbol de levas de 29° de la válvula de escape.

1003 metros de altura. En este escenario se observó una velocidad de ralentí alta de 1125 PRM. Además, se detectó un excesivo llenado del cilindro generado por un retraso de 11° en el avance al encendido durante el ralentí

Figura 67

Evolución de presión en el cilindro a 1003m.s.n.m

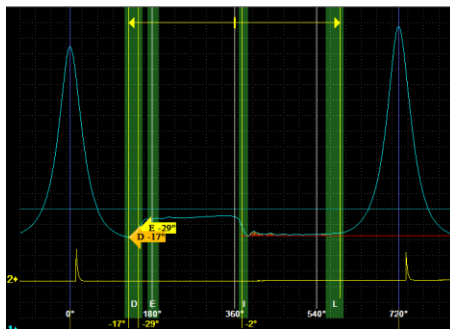


Nota. La sección “D” tiene un adelanto de 15° para el inicio de apertura la válvula de escape, mientras que en la sección “E” hay un adelanto de 27° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

1500 metros de altura. En esta área se tuvo una velocidad de ralentí de 1133 PRM en donde se mostró un exceso de llenado del cilindro debido a un retraso de 13° en el avance al encendido, además tuvo gran inestabilidad del tiempo de encendido en el ralentí.

Figura 68

Evolución de presión en el cilindro a 1500m.s.n.m

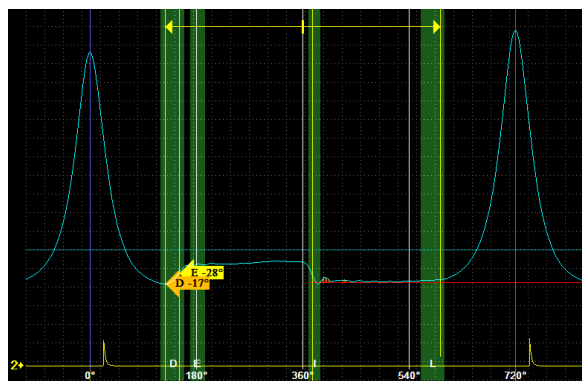


Nota. La sección “D” tiene un adelanto de 17° para el inicio de apertura la válvula de escape, mientras que en la sección “E” hay un adelanto de 29° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

2002 metros de altura. Se obtuvo una velocidad de ralentí de 1049 PRM y se encontró que el avance al encendido tuvo un muy alto atraso de 21° lo que generó un llenado insuficiente en el cilindro.

Figura 69

Evolución de presión en el cilindro a 2002m.s.n.m

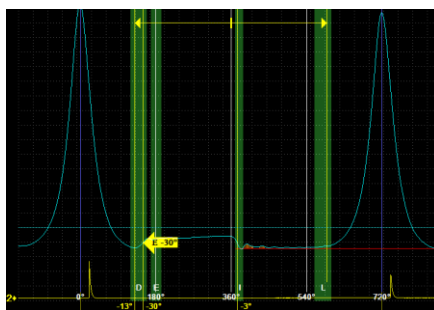


Nota. La sección “D” tiene un adelanto de 17° para el inicio de apertura la válvula de escape, mientras que en la sección “E” hay un adelanto de 28° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

2503 metros de altura. En este escenario se evidenció una velocidad de ralentí demasiado alta de 1160 PRM y también se detectó un retraso de 21° en el avance al encendido generando un mal llenado en el cilindro.

Figura 70

Evolución de presión en el cilindro a 2503m.s.n.m

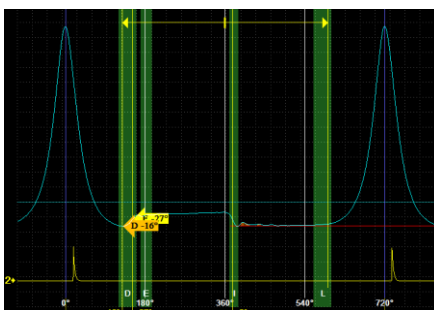


Nota. La sección “E” tiene un adelanto de 30° en el árbol de levas para la válvula de escape.

3000 metros de altura. En este lugar se tuvo una velocidad de ralentí alta de 1120 PRM. En donde, se detectó un retraso de 15° en el avance al encendido generando un exceso de llenado del cilindro durante el ralentí

Figura 71

Evolución de presión en el cilindro a 3000m.s.n.m



Nota. La sección “D” tiene un adelanto de 16° para el inicio de apertura la válvula de escape, mientras que en la sección “E” hay un adelanto de 27° en el árbol de levas para la válvula de escape, ambos medidos a partir del PMS.

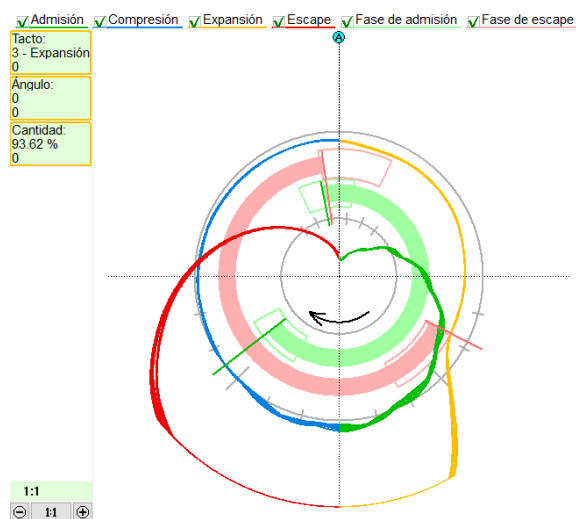
Fases de distribución de gases

Los análisis se ejecutaron en un automóvil con sobrealimentación, instalando los dispositivos compensadores de altitud en el lugar correspondiente, estos se llevaron a cabo en diversas ubicaciones con las siguientes altitudes.

7 metros de altura. Se observó que el ángulo de apertura de admisión junto con el ángulo de cierre de admisión se encuentra en su límite permitido, pero el ángulo de apertura de escape está cerca de los límites, mientras que el ángulo de cierre de escape está antes del PMS. En el gráfico se puede observar un leve solapamiento entre las válvulas.

Figura 72

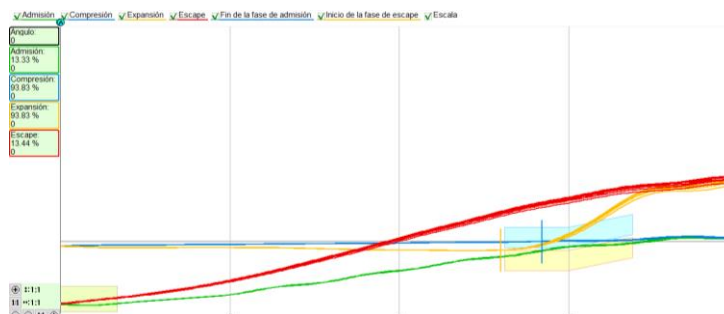
Distribución de gases a 7 m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1240 RPM

Figura 73

Hoja de cantidad a 7m de altura

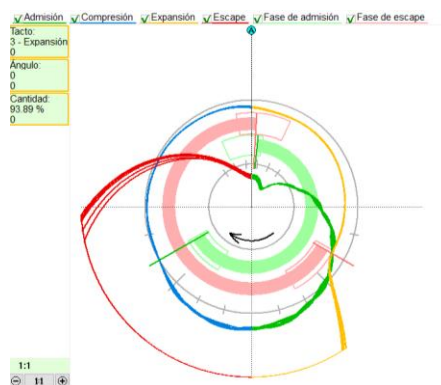


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1190 rpm.

501 metros de altura. Se notó que el ángulo de cierre de escape está antes del ángulo de apertura de admisión, este último posicionado poco después del PMS el cual resultó en una ausencia de solapamiento entre las válvulas. Además, tanto el ángulo de apertura de escape como el ángulo de cierre de admisión están cercanos al rango permitido.

Figura 74

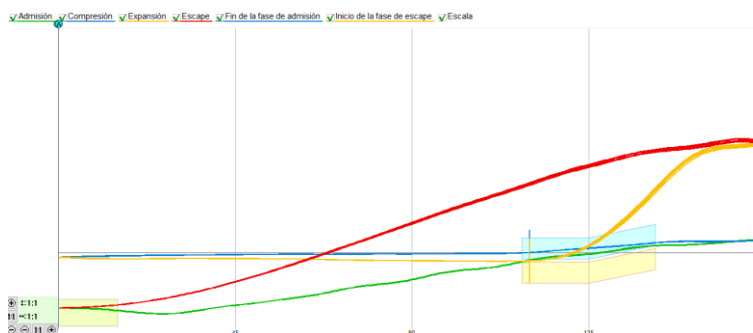
Distribución de gases a 501m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1110 rpm.

Figura 75

Hoja de cantidad a 501m de altura

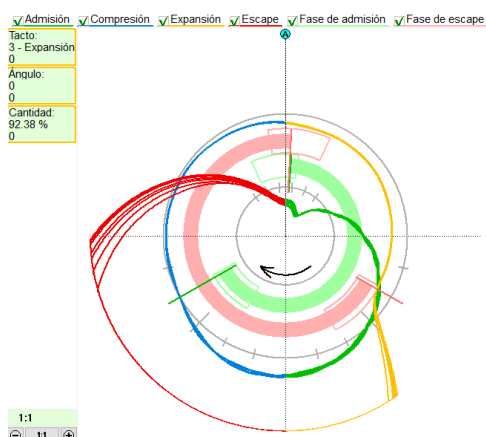


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1060 rpm.

1003 metros de altura. Se notó que tanto el ángulo de apertura de escape como el ángulo de cierre de admisión está cercano al rango permitido. Además, el ángulo de cierre de escape está antes del ángulo de apertura de admisión, este último posicionado poco después del PMS, lo cual resultó en no poseer solapamiento entre las válvulas.

Figura 76

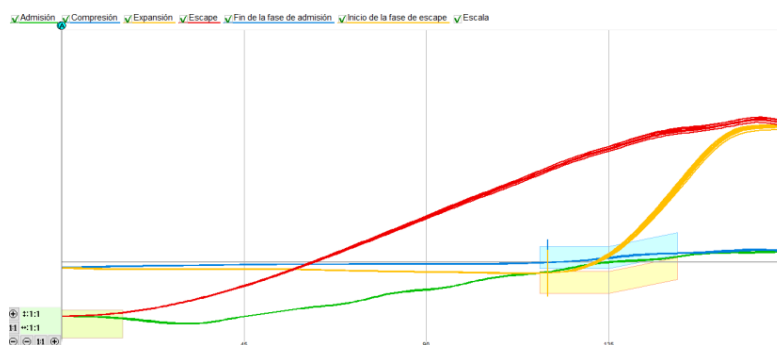
Distribución de gases a 1003m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1050 rpm.

Figura 77

Hoja de cantidad a 1003m de altura

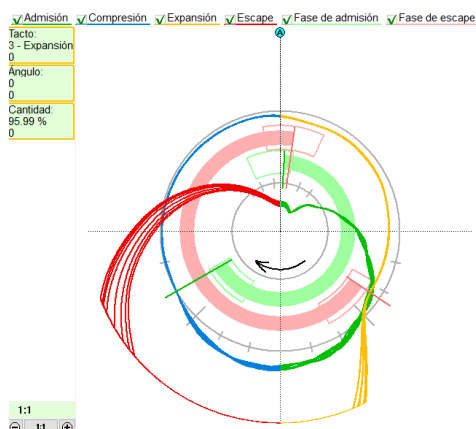


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1100 rpm.

1500 metros de altura. Se demostró que el ángulo de cierre de admisión está muy cerca de su rango aceptable, y el ángulo de apertura de admisión ocurre poco después del PMS. Además, tanto el ángulo de apertura de escape como el ángulo de cierre de escape están en su límite operacional, lo que indica un pequeño solapamiento entre las válvulas.

Figura 78

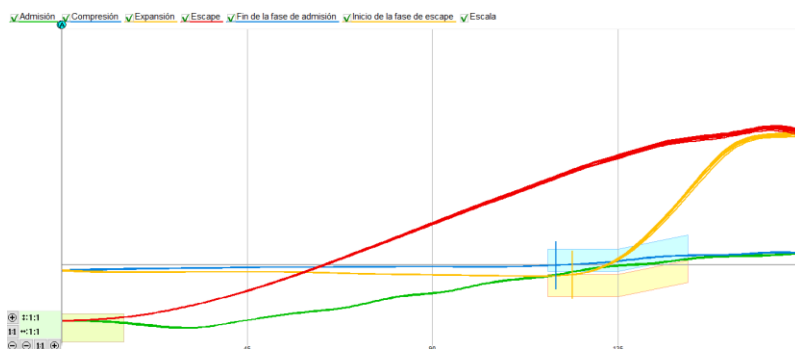
Distribución de gases a 1500m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1290 rpm.

Figura 79

Hoja de cantidad a 1500m de altura

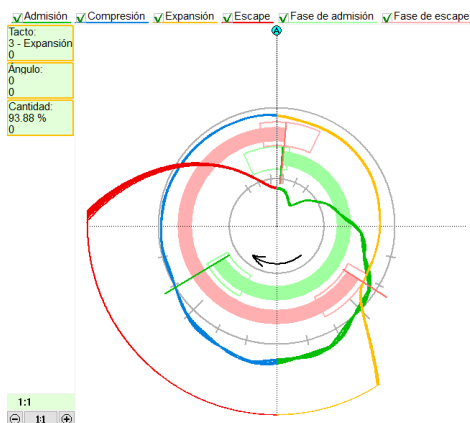


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1080 rpm.

2002 metros de altura. Se identificó un pequeño solapamiento entre las válvulas, dado que el ángulo de apertura de admisión ocurre casi antes del ángulo de apertura de escape. Además, tanto el ángulo de cierre de admisión como el ángulo de apertura de escape están dentro de su límite aceptable

Figura 80

Fases de distribución de gases a 2002m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1260 rpm.

Figura 81

Hoja de cantidad a 2000m de altura

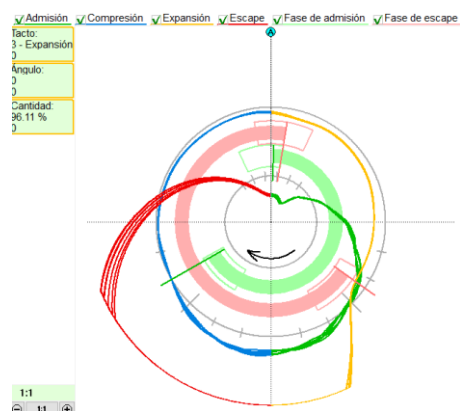


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1090 rpm.

2503 metros de altura. Se observó un solapamiento entre las válvulas, dado que el ángulo de apertura de admisión ocurre casi antes del ángulo de apertura de escape. Además, tanto el ángulo de apertura de escape como el ángulo de cierre de admisión están dentro de su rango operacional.

Figura 82

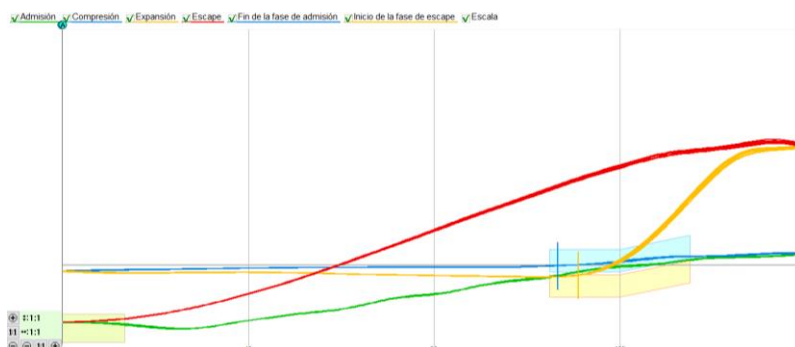
Distribución de gases a 2503 de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1310 rpm.

Figura 83

Hoja de cantidad a 2503m de altura

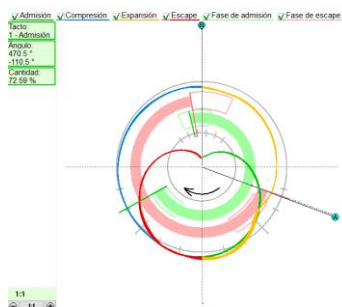


Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1090 rpm.

3000 metros de altura. Se notó que el ángulo de apertura de escape tuvo un pequeño aumento por encima del rango habitual, mientras que el ángulo de cierre de escape se ubica poco antes del PMS, produciendo un solapamiento corto entre las válvulas.

Figura 84

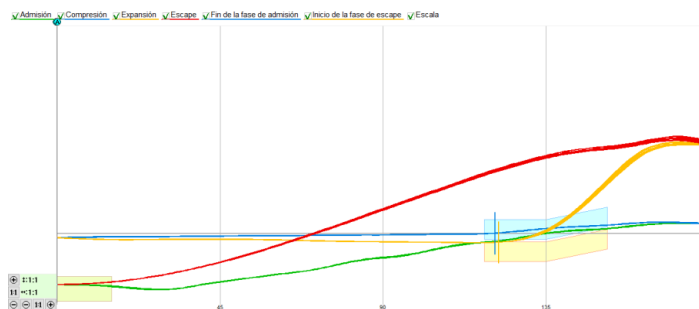
Distribución de gases a 3000m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1120 rpm.

Figura 85

Hoja de cantidad a 3000m de altura



Nota. En la figura se muestra la cantidad de gas en el cilindro (en vertical) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (en horizontal) y de tacto (color) en 1140 rpm.

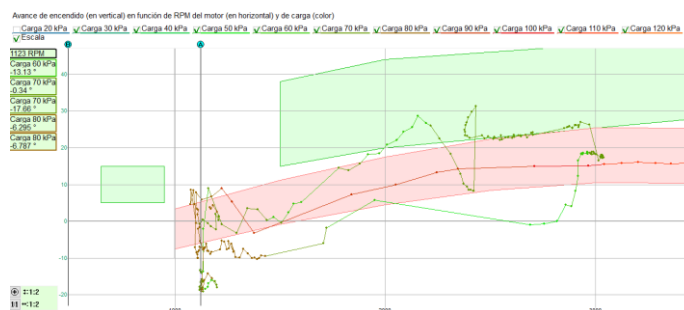
Avance al encendido

El análisis se llevó a cabo utilizando válvulas compensadoras de altitud en un vehículo sobrealimentado. Estas pruebas se realizaron en distintos escenarios y altitudes específicas.

7 metros de altura. Se obtuvo una velocidad de 1120 RPM a plena carga con presiones de 60 kPa, 70 kPa y 80 kPa, los tiempos de encendido fueron de 13°, 1°a 17° y 6° después del PMS, respectivamente.

Figura 86

Avance de encendido de 1120 rpm

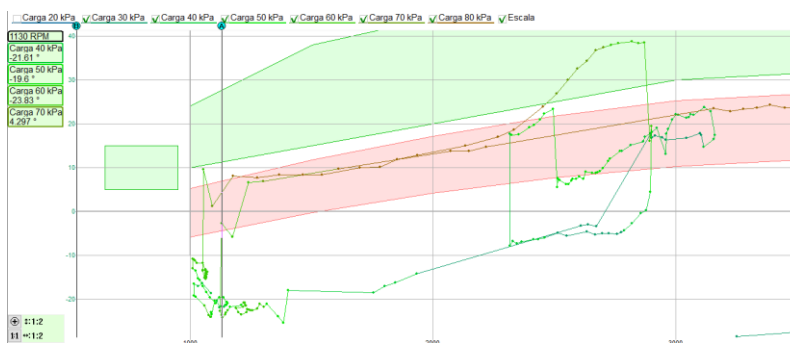


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

501 metros de altura. Se analizó una velocidad de funcionamiento de 1190 RPM a plena carga con presiones de 40 kPa, 50 kPa y 60 kPa, los tiempos de encendido fueron de 21°, 19°, 23° después del PMS, respectivamente. Además, una presión de 70 kPa con un tiempo de encendido de 4° antes del PMS.

Figura 87

Avance de encendido de 1130 rpm

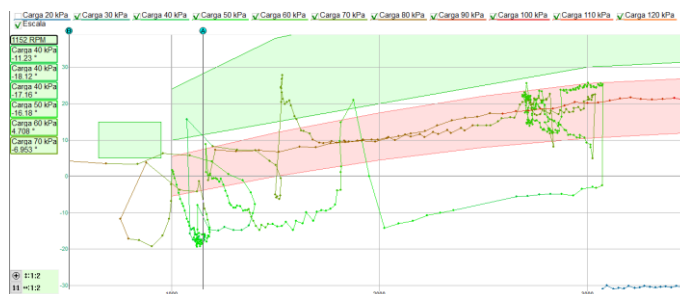


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

1005 metros de altura. Se evidenció una velocidad de funcionamiento de 1150 RPM a plena carga con presiones de 40 kPa, 50 kPa y 70 kPa, los tiempos de encendido fueron de 17°, 17°, 23°, 7° después del PMS, respectivamente. Además, una presión de 60 kPa con un tiempo de encendido de 5° antes del PMS.

Figura 88

Avance de encendido de 1150 rpm

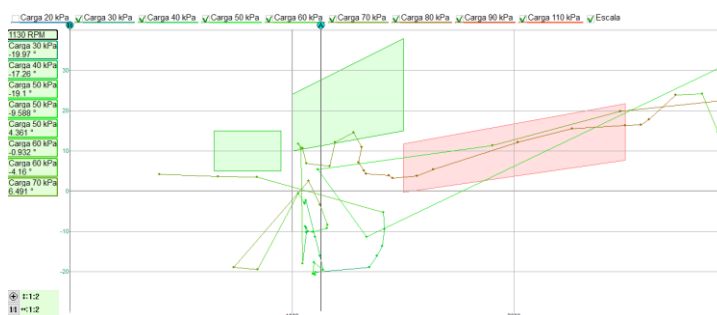


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

1500 metros de altura. Se fundamentó una velocidad de trabajo del motor de 1130 RPM a plena carga con presiones de 30 kPa, 40 kPa, 50 kPa y 60kPa, los tiempos de encendido fueron de 20°, 17°,19° y 4° después del PMS, respectivamente. Además, una presión de 70kPa con un tiempo de encendido de 6° antes del PMS.

Figura 89

Avance de encendido de 1130 rpm

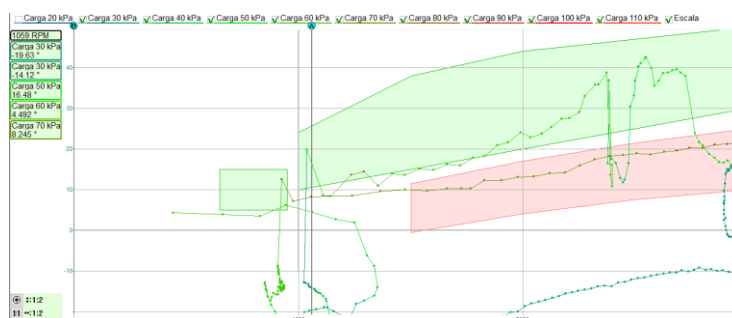


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

2002 metros de altura. Se observó una velocidad de funcionamiento de 1060 RPM a plena carga con una presión de 30 kPa con un tiempo de encendido de 19° después del PMS. Además, presiones de 50 kPa, 60 kPa y 70 kPa, los tiempos de encendido fueron de 16°, 5°, 8° antes del PMS, respectivamente.

Figura 90

Avance de encendido de 1060 rpm

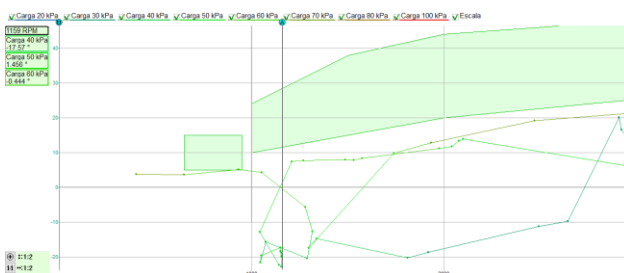


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

2503 metros de altura. Se tuvo una velocidad de operación del motor de 1160 RPM a plena carga con presiones de 40 kPa y 60 kPa, los tiempos de encendido fueron de 17° y 1° después del PMS, respectivamente. Adicional, una presión de 50 kPa con un tiempo de encendido de 2° antes del PMS.

Figura 91

Avance de encendido de 1160 rpm

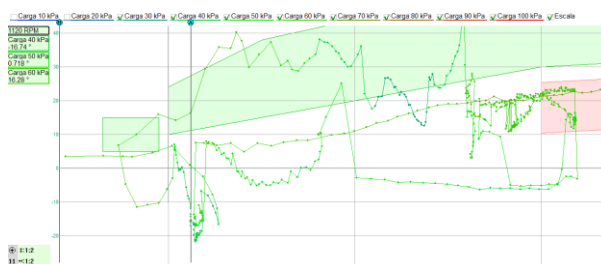


Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

3000 metros de altura. Se registró una velocidad de funcionamiento del motor de 1120 RPM a plena carga con presiones de 50 kPa y 60 kPa cuyos tiempos de encendido fueron de 1° y 16° antes del PMS, respectivamente. Además, una presión de 40 kPa con un tiempo de encendido de 17° después del PMS.

Figura 92

Avance de encendido de 1120 rpm



Nota. Avance de encendido (en vertical) en función de RPM del motor (horizontal) y de carga.

Capítulo IV

Análisis de la evolución de la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste al encendido.

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando gráficas para identificar patrones y relaciones entre la evolución de la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste al encendido.

Análisis de resultados

Evolución de la presión en el cilindro

Se obtuvo diferentes valores de presión en el cilindro con y sin la válvula compensadora de altitud. Los valores se tabularon para facilitar la comparación entre la variación de la presión en función de la altitud y el efecto de la válvula compensadora.

Tabla 8

Valores de la presión en el cilindro

| Escenario | Presión en el cilindro (Bar) | | | Variación |
|-------------|------------------------------|-------------|------------|------------|
| Altitud (m) | Con válvula | Sin válvula | Diferencia | Porcentaje |
| 7 | 12,25 | 8,764 | 3,486 | 28,46% |
| 501 | 4,981 | 2,842 | 2,139 | 42,94% |
| 1003 | 5,176 | 3,210 | 1,966 | 37,98% |
| 1500 | 4,225 | 3,189 | 1,036 | 24,52% |
| 2002 | 2,661 | 2,723 | -0,062 | -2,33% |
| 2502 | 3,922 | 2,864 | 1,058 | 26,98% |
| 3000 | 3,574 | 3,084 | 0,490 | 13,71% |
| | Promedio | | 1,44 | 24,61% |

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de la presión en el cilindro a diferentes alturas con y sin la implementación de la válvula compensadora de altitud.

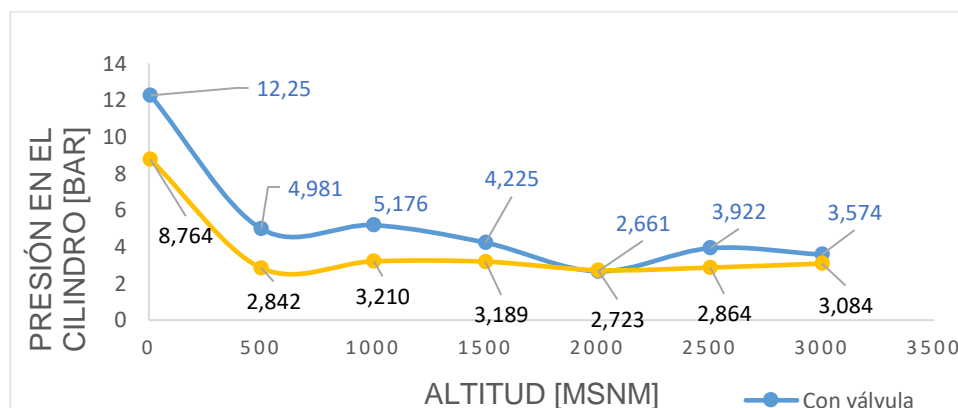
Existe mayor presión en los cilindros desde los 0 m.s.n.m y desciende poco a poco a medida que se llega a los 3000 m.s.n.m., los valores con la válvula son más altos en

comparación a los que no tienen válvula, se presentó dos puntos bajos a la altura de 2000m.s.n.m, donde se tiene un valor de 2,661 bar con la válvula y 2,723 bar sin la válvula. La diferencia de una con respecto a otra es de un 2.33% lo que indica que en ese punto no hubo variación de presión en ambos casos, después a los 2500m.s.n.m hay un pequeño aumento de presión pero nuevamente cae a la altura de 3000m.s.n.m.

La diferencia porcentual de presiones entre los valores sin modificar el vehículo con respecto a la modificación es de un 24.61% de rendimiento extra al momento de instalar la válvula compensadora de altitud.

Figura 93

Evolución de presión en el cilindro



Nota. datos obtenidos de la presión en los cilindros a diferentes alturas con y sin la implementación de las válvulas compensadoras de altitud.

Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos fueron interpretados en tablas con el fin de lograr una comprensión más profunda del funcionamiento del motor sobrealimentado y para analizar la influencia del dispositivo compensador de altitud en su rendimiento. A continuación, se presentan las tablas con los datos obtenidos por el script.

Tabla 9

Pérdidas de potencia en la carrera de escape a diferentes alturas

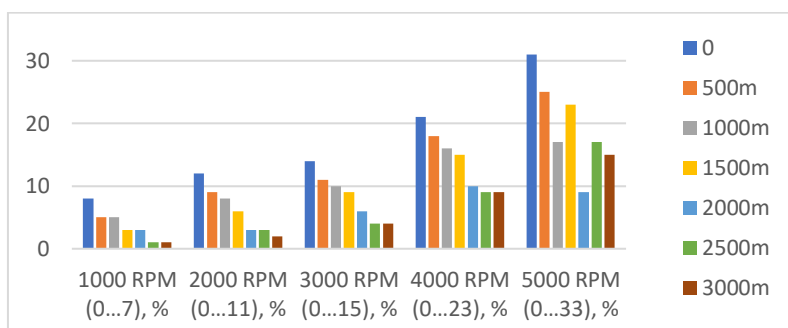
| Pérdida de potencia en la carrera de escape (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|--|------------|
| Escape | Sin válvula | | | | | | | | Con válvula | | | | | | | | | |
| RPM | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | Variación % | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | Variación % | | |
| 1000 (0...7) | 8 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3.86 | 7 | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3,29 | | |
| 2000 (0...11) | 12 | 9 | 8 | 6 | 3 | 3 | 2 | 6.14 | 12 | 9 | 9 | 6 | 5 | 2 | 1 | 6,29 | | |
| 3000 (0...15) | 14 | 11 | 10 | 9 | 6 | 4 | 4 | 8.29 | 14 | 10 | 10 | 8 | 7 | 5 | 3 | 8,134 | | |
| 4000 (0...23) | 21 | 18 | 16 | 15 | 10 | 9 | 9 | 14 | 20 | 15 | 17 | 14 | 12 | 10 | 8 | 13.71 | | |
| 5000 (0...33) | 31 | 25 | 17 | 23 | 9 | 17 | 15 | 19.57 | 22 | 17 | 23 | 18 | 15 | 14 | 12 | 18.57 | | |
| | Total | | | | | | | | 10.37 | Total | | | | | | | | 9.7 |

Nota. La tabla muestra los valores de pérdidas de potencia con y sin la implementación de las válvulas compensadoras de altitud en la carrera de escape a diferentes alturas.

Todos los gases son evacuados correctamente teniendo en cuenta un 10.37% para el vehículo sin modificar su funcionamiento mientras que el vehículo con la instalación de la válvula tiene un 9.7% de pérdida en general con respecto a las altitudes

Figura 94

Gráfico de pérdidas de potencia en el escape sin válvula

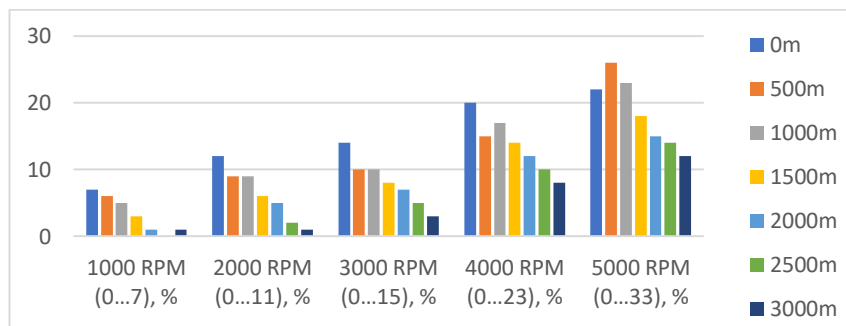


Nota. En la figura se muestran los valores encontrados en un vehículo sobrealimentado.

La gráfica de barras proporcionó una visualización clara de la variación de los datos de pérdida de potencia, todos los valores se encuentran dentro del rango esperado, indicando que no hay ningún problema identificado..

Figura 95

Gráfico de pérdidas de potencia en el escape con válvula



Nota. La figura muestra las variaciones que hay en un vehículo sobrealimentado con la implementación de válvulas compensadoras de altitud.

El gráfico presentado ofrece una clara visualización de cómo varían los datos de pérdida de potencia, confirmando que todos los valores caen dentro del rango esperado. Esto muestra que no se han detectado problemas

Avance al encendido

Los siguientes valores se obtuvieron gracias al script donde se evidencian ciertas variaciones conforme se avanza desde los 0 m.s.n.m. hasta los 3000 m.s.n.m. tanto para el vehículo sin ninguna modificación como para el vehículo con la instalación de las válvulas.

Tabla 10

Avance de encendido a carga máxima de diferentes alturas

| carga máxima (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|--------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|---------------|--|
| Avance | Sin válvula | | | | | | | Variación | Con válvula | | | | | | | variación | |
| RPM | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | % | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | % | |
| 1000 (-6...5) | -12 | 7 | 5 | 3 | 8 | 4 | -12 | 0,429 | 7 | 8 | 7 | 9 | 10 | 9 | 9 | 8,4286 | |
| 2000 (4...17) | 9 | 10 | 8 | 9 | 11 | 11 | 11 | 9,857 | 14 | 13 | 11 | 12 | 13 | 12 | 12 | 12,429 | |
| 3000 (10...25) | 13 | 13 | 13 | 14 | 18 | 16 | 19 | 15,14 | 16 | 23 | 20 | 19 | 22 | 20 | 21 | 20,143 | |
| 4000 (8...23) | 15 | 17 | 14 | 14 | 23 | 18 | 17 | 16,86 | 17 | 22 | 20 | 20 | 25 | 22 | 21 | 21 | |
| 5000 (12...28) | 13 | 19 | 15 | 17 | 24 | 23 | 18 | 18,43 | 18 | 25 | 19 | 22 | 23 | 24 | 20 | 21,571 | |
| | Total | | | | | | | 12,14 | Total | | | | | | | 16,714 | |

Nota. La tabla muestra los valores del avance de encendido a carga máxima con y sin la implementación de las válvulas compensadoras de altitud a diferentes alturas.

Se observa en el vehículo sin modificar ciertos cambios fuera del rango en el avance de encendido a los 0 m.s.n.m, 500 m.s.n.m y 2000 m.s.n.m los cuales tienen un retraso al encendido produciendo un desmesurado llenado en el cilindro al ralentí.

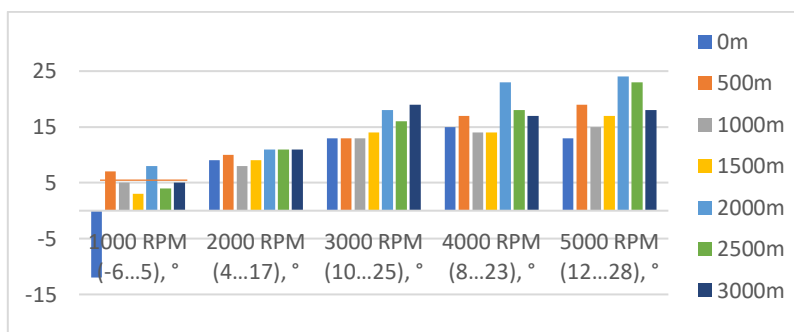
Con la válvula instalada en le vehículo se aprecia que en todas las alturas hay un avance al encendido retrazado generando un llenado excesivo en el cilindo al ralentí.

Todos los retrasos excesivos al encendido producen en el vehículo un aumento al ralentí de manera notable. Esto viene acompañado de un alto consumo de combustible

En comparación del vehículo sin la válvula instalada en el avance al encendido a cargas máximas tuvo una variación de un 12.14%, por otra parte cuando está ínstalada la valvula hubo un 16.14% de diferencia en el avance al encendido a cargas máximas.

Figura 96

Gráfica del avance al encendido con carga máxima sin válvula

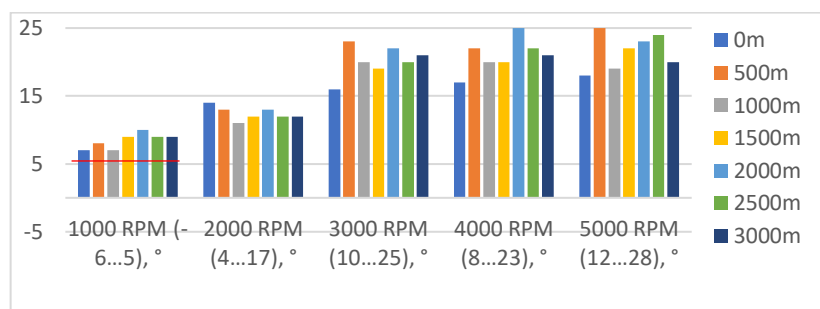


Nota. La figura muestra la desviación de los valores de encendido

En el gráfico se mostraron las variaciones de algunos avances al encendido, a las 1000 RPM, algunas alturas superan el ángulo máximo permitido. Adicionalmente, desde las 2000 RPM se encuentran dentro del rango de operación.

Figura 97

Gráfica del avance al encendido con carga máxima con válvula



Nota. En figura se observa la variación de valores de encendido que tiene el vehículo sobrealimentado con las válvulas implementadas.

En esta figura se evidencia específicamente que a las 1000 RPM todas las mediciones superaron los grados máximos permitidos. Sin embargo, a partir de las 2000 RPM en adelante, todas las mediciones se mantuvieron dentro del límite operacional.

Fases de distribución de gases

Un excesivo avance al encendido provoca un alto consumo de combustible debido a las pérdidas de energías ocasionadas y un retraso produce una combustión incompleta dando como resultado una pérdida de potencia del motor.

Tabla 11

Fases de distribución de gases a diferentes alturas

| Características generales | Fases de distribución de gases (°) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|-------------|-----|------|------|------|------|------|
| | Sin válvula | | | | | | | Con válvula | | | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 |
| A. A. E. (120...150) | 117 | 120 | 120 | 124 | 123 | 125 | 122 | 121 | 119 | 113 | 116 | 113 | 115 | 110 |
| A. C. E. (350...385) | 352 | 363 | 363 | 368 | 365 | 369 | 367 | 368 | 364 | 354 | 357 | 356 | 358 | 351 |
| A. A. A. (335...370) | 349 | 365 | 364 | 363 | 364 | 362 | 361 | 360 | 363 | 357 | 360 | 356 | 354 | 347 |

| Características generales | Fases de distribución de gases (°) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-----|------|------|------|------|-------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | Sin válvula | | | | | | Con válvula | | | | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 |
| A. C. A (570...600) | 592 | 600 | 600 | 600 | 599 | 600 | 599 | 605 | 604 | 602 | 603 | 599 | 598 | 601 |

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de las fases de distribución de gases con y sin la implementación de las válvulas compensadoras de altitud a diferentes alturas.

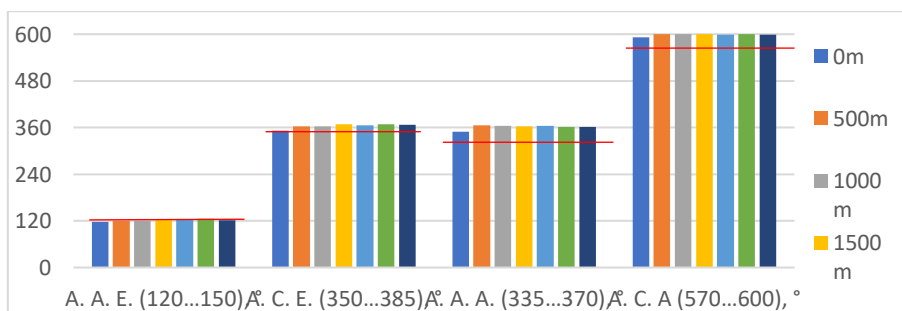
El vehículo sin la utilización de la válvula a 0 m.s.n.m. el A.A.E. tiene un sobre adelanto de 3° con respecto a los rangos permisibles de funcionamiento, esto conlleva a que la mezcla aire combustible no se comprima adecuadamente lo que produce una pequeña pérdida de trabajo en la etapa de expansión, teniendo una pequeña mejora en la expulsión de los gases de escape.

Con la válvula instalada se observa que desde los 500 m.s.n.m. hasta los 3000 m.s.n.m. el A.A.E. en cada altura no está dentro del rango de óptimas condiciones de trabajo, estos adelantos afectan a la etapa de expansión ocasionado pérdidas de trabajo, por otro lado, se gana una mejor forma de expulsar los gases de escape.

El A.C.A está fuera del límite de apertura, esto hizo que el A.A.A. empiece después del PMS ocasionando pérdidas de aire en cilindro generando que el vehículo se vea levemente afectado

Figura 98

Gráfico de las fases de distribución de gases sin válvula

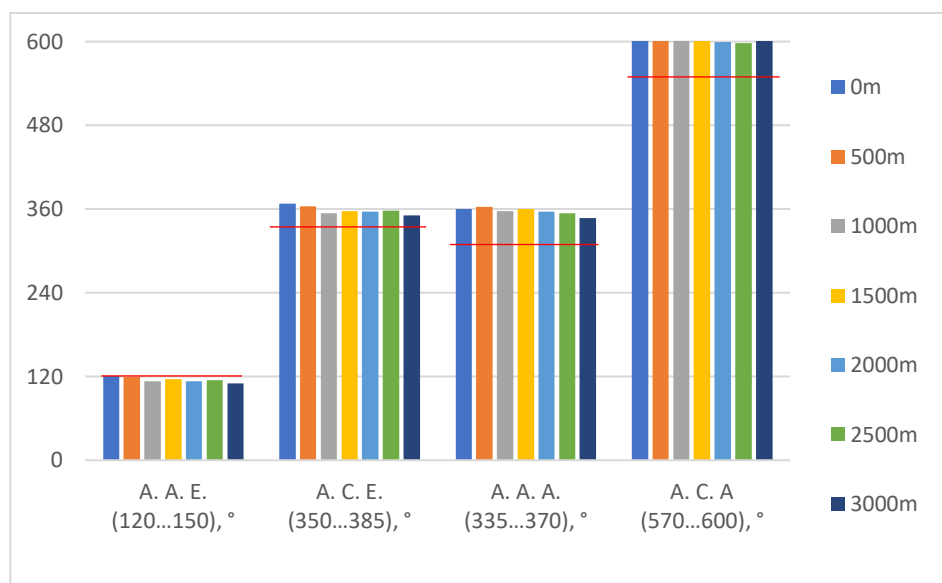


Nota. La figura muestra los grados de la válvula en las fases de distribución.

En la figura se evidenció que en las distintas alturas, los grados de las fases de distribución de las válvulas de admisión y escape se hallan dentro de los rangos permitidos.

Figura 99

Gráfico de las fases de distribución de gases con válvula



Nota. La figura muestra los grados de la válvulas en las fases de distribución.

En el gráfico se evidencia una pequeña desviación del A.A.E en algunas alturas debido a que su el ángulo no llega a su valor permitido. Adicionalmente, las demás fases se encuentran dentro del rango de operación

Análisis de gases de escape

Según el promedio de los resultados de los gases de escape a las diferentes alturas empleadas donde para dar un único criterio de análisis con respecto a las emisiones de gases se proponen las siguientes las siguientes tablas:

Tabla 12*Datos antes de la instalación de la válvula*

| Pruebas | TEMPERATURA | | CO (%vol.) | CO2 (%vol.) | O2 (%vol.) | HC (ppmvol) | LAMBDA |
|----------------|-------------------|------|---------------|----------------|---------------|----------------|--------|
| | DEL MOTOR (°C) | RPM | | | | | |
| Al mínimo | 93 | 850 | 0.01 | 14,9 | 0.34 | 7 | 1.014 |
| En aceleración | 93 | 2570 | 0.01 | 14.8 | 0.25 | 12 | 1.010 |

Nota. La tabla muestra los valores de los gases de escape obtenidos en el motor sobrealimentado antes de la implementación de la válvula compensadoras de altitud

Tabla 13*Datos después de la instalación de la válvula*

| Pruebas | TEMPERATURA | | CO (%vol.) | CO2 (%vol.) | O2 (%vol.) | HC (ppmVol) | LAMBDA |
|----------------|-------------------|------|---------------|----------------|---------------|----------------|--------|
| | DEL MOTOR (°C) | RPM | | | | | |
| Al mínimo | 91 | 1100 | 0.08 | 14.6 | 0.40 | 4 | 1.018 |
| En aceleración | 91 | 2580 | 0.04 | 14.7 | 0.18 | 6 | 1.008 |

Nota. La tabla muestra los valores obtenidos de los gases de escape en el motor sobrealimentado después de la implementación de la válvula compensadoras de altitud

Se comparó los datos de antes y después de la instalación de la válvula compensadora, se observó los siguientes cambios y tendencias:

Temperatura del Motor (°C)

La temperatura del motor ha disminuido de 93° a 91° ligeramente después de la instalación de la válvula. Esto indica una mejora en la gestión térmica del motor, lo que es beneficioso para el funcionamiento y la eficiencia del mismo.

RPM (Revoluciones Por Minuto)

Las RPM han experimentado de 850 a 1100 en ralentí, lo que sugiere que la válvula ha afectado significativamente la velocidad de funcionamiento del motor a ralentí.

CO (%vol.) (Monóxido de Carbono)

Se obtuvo una reducción de los niveles de (CO) de 0.01 a 0.08 tanto en ralentí como de 0.01 a 0.04 en aceleración, lo que indica una mejora en la calidad de la combustión y una disminución en las emisiones de monóxido de carbono.

CO2 (%vol.) (Dióxido de Carbono)

Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) se redujeron de 14.9 a 14.6 y ligeramente de 14.8 a 14.7 en aceleración luego de la instalación de la válvula. Esto puede indicar una mayor eficiencia en la combustión y una reducción en el consumo de combustible.

O2 (%vol.) (Oxígeno)

Los niveles de oxígeno (O₂) cambiaron de 0.34 a 0.40 en ralentí como de 0.25 a 0.18 en aceleración, donde se mostró una tendencia hacia una combustión más completa después de la instalación.

HC (ppm Vol.) (Hidrocarburos)

La concentración de hidrocarburos (HC) disminuyó ligeramente de 7 a 4 en ralentí como de 12 a 6 en aceleración posterior a la instalación de la válvula, lo que sugiere una mejor quema de combustible y menos emisiones de HC.

Lambda (Relación Aire/Combustible)

Luego de la instalación de la válvula, la relación aire/combustible (lambda) mostró una ligera mejora en ralantí de 1.014 a 1.018 y en aceleración de 1.010 a 1.008, lo que indica una mezcla ligeramente más rica de combustible durante la aceleración y el ralantí

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos

Para el desarrollo de la investigación sobre Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión fue necesario realizar un análisis de los diferentes recursos empleados, humanos, tecnológicos y materiales.

Recursos Humanos

En la siguiente tabla se detallan los recursos humanos que intervinieron en esta investigación

Tabla 14

Recursos humanos

| Orden | Personal | Función |
|-------|------------------------------------|---|
| 1 | Punín Itás Leonardo Javier | Investigador. |
| | | Investigador. |
| 2 | Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio | Colaborador científico Especialista en motores de combustión interna sobrealimentados. |

Nota. En la tabla se presenta los recursos humanos que participaron durante la investigación.

Recursos Tecnológicos

Los recursos tecnológicos son de carácter fundamental para la investigación, debido a que permitieron visualizar el análisis y comportamiento interno del motor de ciclo otto

sobrealimentado con dispositivo externo compensador de altitud, además de la obtención de datos en tiempo real de las pruebas realizadas.

Tabla 15

Recursos Tecnológicos

| Orden | Detalle | Cantidad | Costo (USD) |
|--------------|------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | Laptop HP | 1 | 0 |
| 2 | Alquiler de Scanner | 1 | 10 |
| 3 | Software de osciloscopio USB | 1 | 0 |
| 4 | Alquiler USB AUTOESCOPE IV | 1 | 500 |
| 5 | Aplicación ALTIMETRO PRECISO | 1 | 0 |
| | | Total | 510 |

Nota. En la tabla se menciona los recursos tecnológicos utilizados para la realización de la investigación

Recursos Materiales

Los recursos materiales se implementaron en un vehículo para obtener datos con la ayuda de los recursos tecnológicos con fines investigativos.

Tabla 16

Recursos materiales

| Orden | Detalle | Cantidad | Costo (USD) |
|--------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | Alquiler Vehículo | 1 | 230 |
| 2 | Dispositivo compensador de altura | 1 | 100 |
| 3 | Accesorios de adaptación | 1 | 35 |
| 4 | Capacitación | 1 | 200 |
| | | Total | 565 |

Nota. En la tabla se muestra los recursos materiales que se utilizaron para la realización del tema investigativo.

Requerimientos adicionales

A continuación, se detalla el presupuesto para la ejecución del proyecto investigativo

Tabla 17

Requerimientos adicionales

| Orden | Detalle | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------|------------------------|--------------|----------------|-------------|
| 1 | Calibración de equipos | 1 | 0 | 0 |
| 2 | Pruebas | 20 | 2 | 40 |
| 3 | Imprevistos | - | - | 20 |
| | | Total | - | 60 |

Nota. En la tabla se evidencia el presupuesto requerido para la ejecución de la investigación.

Costo neto del proyecto

El costo neto del proyecto es la resultante de la suma de todos los valores obtenidos, incluyendo el presupuesto, de los recursos usados en la investigación

Tabla 18

Costo neto del proyecto

| Orden | Nombre | Costo (USD) |
|--------------|----------------------------|-------------|
| 1 | Recursos tecnológicos | 510 |
| 2 | Recursos materiales | 565 |
| 3 | Requerimientos adicionales | 60 |
| Total | | 1135 |

Nota. En la tabla se enlista el costo neto de la investigación.

Financiamiento

El financiamiento de la investigación “Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión” se realizó por parte del investigador del proyecto.

Conclusiones

- Se estableció una base científica para comprender cómo los dispositivos compensadores de altitud afectan la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste de encendido en motores sobrealimentados. Esto permitió una mejor comprensión de cómo influye el rendimiento y la eficiencia de los motores sobrealimentados en diferentes altitudes.
- Se desarrolló un protocolo de prueba que permitió visualizar y grabar con precisión las formas de onda de presión en el cilindro utilizando un analizador gráfico en tiempo real. Esta metodología favoreció fundamentalmente la investigación y el desarrollo de este estudio.
- Se visualizó y grabó las formas de onda de presión del cilindro en motores sobrealimentados de una forma precisa para monitorear su rendimiento y realizar ajustes según sea necesario.
- Se realizó un análisis a diferentes altitudes de los valores obtenidos por el script Px donde se revelaron datos significativos relacionado con la variación de la altitud, la sincronización de válvulas, el tiempo de encendido y la evolución de la presión en el cilindro
- Se obtuvo un análisis del tiempo de apertura y cierre de las válvulas realizado a través del script lo que permitió identificar áreas de mejora para optimizar el rendimiento y la eficiencia del motor.
- Se fundamentó el impacto positivo del dispositivo compensador de altitud en el rendimiento y la eficiencia del motor sobrealimentado, especialmente a diferentes altitudes.

- Se utilizó gráficos de barras y tablas comparativas para analizar visualmente los valores obtenidos a diferentes alturas con y sin la implementación de la válvula compensador de altitud.
- La diferencia porcentual de presiones entre los valores sin modificar el vehículo con respecto a la modificación del mismo es de un 24.61% de rendimiento compensado al momento de instalar la válvula compensadora de altitud.
- Con las fases de distribución de gases se determinó los adelantos y retrasos que existió en las válvulas de admisión y escape, sin la instalación de la válvula solo hubo un pequeño adelanto extra de 3° específicamente a los 0 m.s.n.m, lo que provocó una pequeña pérdida de trabajo, mientras que con la instalación de la válvula se observó que desde los 500 m.s.n.m hasta los 3000 m.s.n.m. se tiene un promedio de adelanto a la apertura del escape de 5° incidiendo en pérdidas de trabajo, por otro lado, el sobre adelanto genera una mejor forma de expulsión de los gases de escape.
- Los resultados de la instalación de la válvula mostraron un impacto positivo en las emisiones de gases y la eficiencia del motor. Se ha reducido las emisiones de CO, CO₂ y HC en un 3%, mejorado la relación aire/combustible y disminuyó ligeramente la temperatura del motor. Estos cambios fueron indicativos de una combustión más limpia y eficiente, lo que es beneficioso tanto para el rendimiento del motor como para el medio ambiente

Recomendaciones

- Continuar investigando los modelos teóricos para comprender completamente el desarrollo del dispositivo compensador de altitud a diferentes altitudes.
- Capacitarse previamente para el uso adecuado del analizador gráfico y así poder garantizar la obtención de datos precisos.

- Realizar varias pruebas en las distintas altitudes a modo de obtener datos correspondientes y verdaderos para el análisis del mismo.
- Revisas que las grabaciones de las señales se hayan grabado y guardado sin ningún problema para una obtención de valores y gráficas correctas.
- Realizar cuadros, tablas y gráficas comparativas que detallen los valores obtenidos para facilitar el análisis en especial cuando hay muchos valores obtenidos.
- Evaluar la incidencia ambiental de análisis de gases de escape del vehículo sobrealimentado con el dispositivo compensador de altitud instalado para verificar la estabilidad y rendimiento del mismo.

Cahueñas, M. K., Chaves, F. M., & Torres, C. A. (Abril de 2018). *Estudio de Compresión de un Motor Diésel y Gasolina en Función del Amperaje*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2633>

Carrera. (16 de Agosto de 2023). *RACE*. Recuperado el 29 de Febrero de 2024, de <https://www.race.es/sensor-map-que-es-como-funciona#:~:text=Rafael%20Soriano%2C%20asesor%20t%C3%A9cnico%20del,que%20puede%20entrar%20al%20motor.>

Ceaelectronica.com. (s.f.). Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de <https://ceaelectronica.com/producto/usb-autoscope-iv/>

Crouse, W. H., & Anglin, D. L. (2005). *Mecánica automotriz*. McGraw-Hill Education.

de Solminihac, H., & Thenoux, G. (2011). *Procesos y Técnicas de Construcción*. UC. Obtenido de <https://supervisiondeobrasumayor.files.wordpress.com/2017/07/procesos-y-tc3a9cnicas-de-construccic3b3n.pdf>

Docplayer. (2023). Análisis de la presión en el cilindro de un motor de combustión interna. Obtenido de <https://docplayer.net/>

Docplayer. (2023). *Concentración de oxígeno en el aire a diferentes altitudes*. Obtenido de <https://docplayer.net/>

Docplayer. (2023). Efectos de la altitud en el rendimiento del motor de combustión interna. Obtenido de <https://docplayer.net/>

Ecuaautochevroletloschillos.Ec. (s.f.). Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de <https://www.ecuaautochevroletloschillos.ec/modelos/onix-sedan>

- Fidalgo, R. (5 de Agosto de 2014). *Autocasión*. Obtenido de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-es-y-como-funciona-el-turbo-y-los-sistemas-de-sobrealimentacion>
- García, J., & Martínez, R. (2022).). Importancia de los dispositivos compensadores de altitud en los motores de combustión interna. *Revista de Automoción*, 13(2), 105-115.
- García, J., & Martínez, R. (2022). Emisiones contaminantes de motores sobrealimentados de combustión interna. *Revista de Automoción*, 105-115.
- García, J., & Martínez, R. (2022). Interpretación de formas de onda de presión del cilindro en motores de combustión interna. *Revista de Automoción*, 105-115.
- García, J., & Martínez, R. (2022). Tipos de sensores de presión para motores de combustión interna. *Revista de Automoción*, 13(2), 105-115.
- García, J., & Martínez, R. (2022). Ventajas e inconvenientes de los motores. *Revista de Automoción*, 13(2), 105-115.
- Giacosa, D. (2000). *Motores Endotérmicos*. Omega.
- Gladso, C. (2014). Análisis de la señal de presión en el cilindro de un motor de combustión interna mediante software específico. Obtenido de <https://m.interglot.com/es/en/no%20disponible>
- Globaltech Ecuador*. (4 de Enero de 2019). Recuperado el 28 de Febrero de 2024, de <https://globaltech-car.com/producto/analizador-de-gases-brain-bee-modelo-ags-688/>
- Guarida. (16 de Diciembre de 2020). *Blog del CLUB Autodoc*. Obtenido de <https://club.autodoc.es/magazin/sensor-del-ciguenal-fallas-funcion-sintomas>

Hatzive. (25 de Mayo de 2013). *Motorpasión*. Obtenido de

<https://www.motorpasion.com/tecnologia/sobrealimentacion-de-motores-concepto-y-tipos>

<https://autoditex.com/cms/user/files/cylinder-pressure/2.png>. (s.f.). Recuperado el 29 de Febrero de 2024, de <https://autoditex.com/cms/user/files/cylinder-pressure/2.png>

<https://globaltech-car.com/wp-content/uploads/2019/01/Galeria02AGS-688.png>. (s.f.).

Kolstan, C. (10 de Junio de 2020). *Tameson.es*. Obtenido de

<https://tameson.es/pages/transductores-de-presion-como-funcionan>

Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J., & Sánchez, C. (2006). *Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna*. Obtenido de <https://docplayer.net/>

López, M., & Sánchez, J. (2021). Aplicaciones de los sensores de presión en motores de combustión interna. *Revista de Tecnología*, 101-112.

López, M., & Sánchez, J. (2021). Efectos de la sobrealimentación en el rendimiento de los motores de combustión interna. *Revista de Tecnología*, 22(1), 101-112.

López, M., & Sánchez, J. (2021). Medidas de reducción de emisiones de motores sobrealimentados de combustión interna. *Revista de Tecnología*, 101-112.

López, M., & Sánchez, J. (2021). Tipos de dispositivos compensadores de altitud para motores de combustión interna. *Revista de Tecnología*, 101-112.

López, M., & Sánchez, J. (2021). Uso de formas de onda de presión del cilindro en el análisis de motores de combustión interna. *Revista de Tecnología*, 101-112.

- Mapfre, B. M. (10 de Marzo de 2022). *Blog Motor MAPFRE*. Obtenido de <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/diferencias-motor-turbo-atmosferico/>
- MARCLAIS. (s.f.). Obtenido de <https://www.marclais.com/requisitos.php>
- Muñoz, D. M., & Rovira de Antonio, A. J. (2016). *Máquinas Térmicas*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Nakajima*. (18 de Mayo de 2021). Obtenido de <https://nakajimaturbo.com/sabes-como-diferenciar-una-garantia-genuina-de-un-dano-causado-por-diferentes-causas/>
- OPENCHEC. (14 de Junio de 2020). *Opentechec.com*. Obtenido de <https://opentechec.com/index.php/component/phocadownload/file/3-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-2204-2017>
- Pardiñas, J. (2012). En *Los hidrocarburos en los gases de escape: análisis y reducción* (págs. 87-88). Editorial Académica Española.
- Parera, A. M. (s.f.). El automóvil: ¿motor de combustión interna o motor eléctrico. 1-4. Recuperado el 29 de Febrero de 2024, de https://www.acta.es/medios/articulos/automocion_y_transporte/003061.pdf
- Payri, G. F., & Desantes, F. J. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*. Reverté.
- Pico Technology. (s.f.). Obtenido de <https://www.picotech.com/>
- TECNOLOGÍA DE AUTOSCOPIO*. (18 de Marzo de 2022). Obtenido de Osciloscopios para Automoción: <https://usbautoscope.eu/products/usb-autoscope-lite-standard-kit/>

Yepes, V. (18 de Enero de 2023). *El blog de Victor Yepes*. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2023/01/18/influencia-de-los-factores-atmosfericos-en-el-rendimiento-de-un-motor-atmosferico/>

Zurita, N. (2007). *Análisis de oscilogramas de la presión en el cilindro de un motor de combustión interna*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 27 de Febrero de 2024

Anexos