



**Mediciones del rendimiento y emisiones en el motor Toyota 2TR, previo y posterior a su
reparación**

Caiza Caiza, Brayan Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabado de integración curricular, previo a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en
Mecánica Automotriz

Ing. Ramos Jinez, Alex Javier

22 de febrero del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Monografía Caiza Bryan

6%
Similitudes

+1%
Tercio entre similitudes
+ 1% similitudes entre capítulos
1% Índice no reconocido

Nombre del documento: Monografía Caiza Bryan.docx

ID del documento: 7d3d489032421d4d3c7cc7f346d3281e90892

Tamaño del documento original: 2,37 Mb

Organizador: ANDEL XAVIER ARJAS PEREZ

Fecha de depósito: 22/02/2021

Tipo de carga: interface

Fecha de fin de análisis: 22/02/2021

Número de palabras: 1128

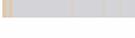
Número de caracteres: 18.854

Ubicaciones de las similitudes en el documento



Fuentes

Fuentes principales detectadas

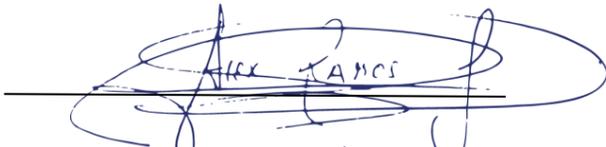
| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|--|---------------------------------------|
| 1 |  repositorio.ula.edu.ve/ Determinación de los contaminantes probados de la combustión... http://repositorio.ula.edu.ve/handle/handle/27000238794747C-88222.pdf 7 fuentes similares | 2% |  | Palabras similares : 29/1717 palabras |
| 2 |  repositorio.ugr.edu.es/ Investigación del comportamiento mecánico y térmico del ... http://repositorio.ugr.edu.es/handle/handle/2700004728207_21976_584_0000.pdf 8 fuentes similares | 1% |  | Palabras similares : 19/1717 palabras |
| 3 |  repositorio.ugr.edu.es/ Estudio y propuesta para la creación de un centro de estudios y ... http://repositorio.ugr.edu.es/handle/handle/2700004728207_21976_584_0000.pdf 8 fuentes similares | 1% |  | Palabras similares : 19/1717 palabras |
| 4 |  repositorio.ugr.edu.es/ Recomendación técnica de una combustión en un Sistema 100... http://repositorio.ugr.edu.es/handle/handle/2700004728207_21976_584_0000.pdf 8 fuentes similares | 1% |  | Palabras similares : 19/1717 palabras |
| 5 |  repositorio.ula.edu.ve/ S.PROYECTO, TITULACION, VALORABLE, GUERRA.docx S.PROYECTO, TITULACION, VALORABLE, GUERRA.docx 16 fuentes similares | 1% |  | Palabras similares : 19/1717 palabras |

Fuente con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|--|---|
| 1 |  repositorio.ula.edu.ve/ Documento de obra anexa 1 - 416427 16 fuentes similares | + 1% |  | Palabras similares : + 19/1717 palabras |

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|--|---------------------------------------|
| 1 |  repositorio.ugr.edu.es/ Elaboración de un horario para sujetos del master Global ... http://repositorio.ugr.edu.es/handle/handle/2700004728207_21976_584_0000.pdf | 3% |  | Palabras similares : 39/1717 palabras |
| 2 |  repositorio.ugr.edu.es/ Investigación de los procesos de maduramiento preventivo... http://repositorio.ugr.edu.es/handle/handle/2700004728207_21976_584_0000.pdf | 3% |  | Palabras similares : 39/1717 palabras |
| 3 |  repositorio.ula.edu.ve/ SRC -Strorage Venegas.docx SRC -Strorage Venegas.docx 16 fuentes similares | 3% |  | Palabras similares : 39/1717 palabras |
| 4 |  repositorio.ugr.edu.es/ Cambios en de un banco de pruebas de baterías de alta ... | - |  | Palabras similares : 39/1717 palabras |



Ing. Ramos Jinez, Alex Javier



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular, "**Mediciones del rendimiento y emisiones en el motor Toyota 2TR, previo y posterior a su reparación**" fue realizado por el señor **Caiza Caiza, Brayan Alexander** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud por lo cual me permito acreditar razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de febrero del 2023



Ing. Ramos Jinez, Alex Javier

C.C: 1804326625



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Responsabilidad de autoría

Yo, **Caiza Caiza, Brayan Alexander** , con cédula de ciudadanía N°055024323-2; declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular “**Mediciones del rendimiento y emisiones en el motor Toyota 2TR, previo y posterior a su reparación** ” 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, 22 de febrero del 2023

Caiza Caiza, Brayan Alexander

C.C: 0550243232



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Autorización de publicación

Yo, **Caiza Caiza, Brayan Alexander** con número de cedula de ciudadanía N° **0550243232** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Mediciones del rendimiento y emisiones en el motor Toyota 2TR, previo y posterior a su reparación”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink is located below the text. The signature is stylized and appears to read 'Brayan Alexander Caiza Caiza'. It is written over a horizontal line.

Caiza Caiza, Brayan Alexander
C.C: 0550243232

Dedicatoria

El siguiente trabajo dedico a toda mi familia, a mi querido padre Carlos Caiza mi compañero mi ejemplo a seguir, y especialmente a mi querida madre Rosario Caiza quienes son la luz que iluminan mi camino, los que me apoyaron incondicionalmente en mi vida universitaria sabiendo ser padres buenos y ejemplares y los que me educaron para ser un hombre que sirva a la sociedad.

Especialmente dedico este trabajo a mi esposa Daniela Avila y mi hijo Axel Caiza que son mi motivo de lucha para poder prosperar y triunfar en esta vida y por toda la eternidad.

Caiza Caiza Brayan Alexander

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Dios por la sabiduría y coraje que me ha brindado hasta ahora para mantenerme firme y lograr todas mis metas que me he planteado para mi vida y la de mi familia.

A mis padres, les doy gracias por tenerlos con vida por ser mi motivación diaria, mi ejemplo a seguir y por el apoyo incondicional tanto económico y moral que me han brindado toda una vida.

Agradezco a mis compañeros gracias por todos los infinitos consejos, por todas las risas y lamentos a lo largo de toda la carrera universitaria.

A mi esposa Daniela Avila le doy gracias por ser parte de mi vida, a mi hijo Axel Caiza los cuales siempre estuvieron conmigo en los momentos buenos y malos.

Mi total gratitud con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga por haberme permitido formar parte de su prestigiosa institución, mi especial agradecimiento con todos los ingenieros que formaron parte de mi preparación académica.

De manera especial agradezco a mi tutor de tesis el Ingeniero Alex Ramos por ser un gran mentor, amigo y por todos sus consejos para que este proyecto de tesis se haga una realidad, mi infinita gratitud.

Caiza Caiza Brayan Alexander

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| Caratula..... | 1 |
| Reporte de verificación de contenido..... | 2 |
| Certificación..... | 3 |
| Responsabilidad de auditoria..... | 4 |
| Autorización de publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| Índice de contenidos..... | 8 |
| Índice de figuras..... | 12 |
| Índice de tablas..... | 13 |
| Resumen..... | 14 |
| Abstract..... | 15 |
| Capítulo I: Planteamiento del problema..... | 16 |
| Antecedentes..... | 16 |
| Planteamiento del problema..... | 17 |
| Justificación..... | 18 |
| Objetivos..... | 19 |

| | |
|--|----|
| <i>Objetivo General</i> | 19 |
| <i>Objetivos Específicos</i> | 19 |
| Alcance..... | 19 |
| Capítulo II: Marco Teorico..... | 20 |
| Contaminación automotriz..... | 20 |
| Motor de combustión interna a gasolina..... | 20 |
| Motor Toyota 2TR..... | 21 |
| Tipos de emisiones contaminantes..... | 22 |
| <i>Monóxido de carbono</i> | 22 |
| <i>Óxidos de nitrógeno</i> | 23 |
| <i>Hidrocarburos</i> | 23 |
| Combustibles fósiles..... | 23 |
| <i>Gasolina</i> | 24 |
| Analizador de gases..... | 25 |
| <i>Analizador de gases de combustión portátiles</i> | 26 |
| <i>Analizadores de gases permanentes</i> | 26 |
| <i>Analizadores de gases de combustión electroquímicos</i> | 27 |
| <i>Analizador de gases de combustión multisensor</i> | 28 |
| Alternativas para disminuir emisiones de gases..... | 28 |
| <i>Utilización de biocombustibles</i> | 29 |
| <i>Utilización de Urea</i> | 29 |

| | |
|--|-----------|
| | 10 |
| <i>Catalizador</i> | 29 |
| <i>Múltiple de escape</i> | 30 |
| Emisiones características del motor Toyota 2TR..... | 31 |
| Normativas de control y regulación de emisiones..... | 32 |
| Capítulo III: Desarrollo del tema | 37 |
| Analizador de gases de escape..... | 37 |
| Escáner automotriz Gscan 2..... | 38 |
| Ficha técnica 2TR..... | 38 |
| Parámetros característicos del motor 2TR..... | 40 |
| Parámetros recolectados previo a la reparación..... | 40 |
| Motor en condiciones actuales..... | 42 |
| <i>Consumo de combustible antes</i> | 43 |
| Motor reparado..... | 44 |
| <i>Emisiones del motor</i> | 45 |
| <i>Consumo de combustible después</i> | 45 |
| Análisis de resultados..... | 45 |
| <i>Emisiones de gases</i> | 46 |
| <i>Emisiones de hidrocarburos</i> | 47 |
| <i>Análisis del consumo de combustible</i> | 48 |
| Capítulo IV: Marco administrativo | 51 |

| | |
|--|-----------|
| Recursos humanos..... | 51 |
| Recursos tecnológicos..... | 51 |
| Recursos Materiales..... | 52 |
| Presupuesto..... | 52 |
| Capítulo V:Conclusiones y recomendaciones | 54 |
| Conclusiones..... | 54 |
| Recomendaciones..... | 55 |
| Bibliografía..... | 56 |
| Anexos..... | 58 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 <i>Motor Toyota 2TR.</i> | 22 |
| Figura 2 <i>Derivados del petróleo.</i> | 24 |
| Figura 3 <i>Proceso de obtención de la gasolina</i> | 25 |
| Figura 4 <i>Analizador de gases portátil.</i> | 26 |
| Figura 5 <i>Analizador de gases permanente</i> | 27 |
| Figura 6 <i>Analizador de gases electroquímico</i> | 27 |
| Figura 7 <i>Analizador de gases multisensor</i> | 28 |
| Figura 8 <i>Catalizador</i> | 30 |
| Figura 9 <i>Múltiple de escape.</i> | 31 |
| Figura 10 <i>Emisión de gases contaminantes.</i> | 32 |
| Figura 11 <i>Analizador de gases</i> | 37 |
| Figura 12 <i>Escáner automotriz.</i> | 38 |
| Figura 13 <i>Kilometraje actual camioneta Toyota Hilux.</i> | 41 |
| Figura 14 <i>Ruta establecida para pruebas.</i> | 42 |
| Figura 15 <i>Motor reparado.</i> | 44 |
| Figura 16 <i>Emisiones antes y después.</i> | 46 |
| Figura 17 <i>Emisiones de HC antes y después.</i> | 48 |
| Figura 18 <i>Consumo de combustible antes y después.</i> | 49 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1 <i>Límites de emisiones a marcha mínima o ralentí.....</i> | 33 |
| Tabla 2 <i>Límites de emisiones Ciclos FTP-75 y ciclo transigente pesado.....</i> | 34 |
| Tabla 3 <i>Límites de emisiones Ciclo ECE-15+ EUDC.....</i> | 35 |
| Tabla 4 <i>Límites de emisiones Ciclo ECE-15+ EUDC.....</i> | 36 |
| Tabla 5 <i>Ficha técnica motor Toyota 2TR.....</i> | 39 |
| Tabla 6 <i>Parámetros característicos del motor Toyota 2TR.....</i> | 40 |
| Tabla 7 <i>Valores medidos previo a la reparación.....</i> | 41 |
| Tabla 8 <i>Valores medidos posterior a la reparación.....</i> | 45 |
| Tabla 9 <i>Valores medidos antes y después.....</i> | 46 |
| Tabla 10 <i>Valores de HC medidos antes y después.....</i> | 48 |
| Tabla 11 <i>Valores de consumo de combustible.....</i> | 49 |
| Tabla 12 <i>Recursos humanos.....</i> | 51 |
| Tabla 13 <i>Recursos tecnológicos.....</i> | 51 |
| Tabla 14 <i>Recursos materiales.....</i> | 52 |
| Tabla 15 <i>Presupuesto.....</i> | 53 |

Resumen

El presente proyecto detalla el trabajo realizado para el análisis de la emisión de gases de escape de un motor Toyota 2TR previo y posterior a su reparación, además, la factibilidad de la reparación de un motor de combustión interna cuando éste ya ha cumplido su vida útil. Para la ejecución del proyecto se realizó el análisis y medición de los gases de escape antes de la reparación y afinamiento del motor, para así comparar los datos con los que se tomaron luego de la reparación bajo las mismas condiciones de operación, es decir, a temperatura adecuada de funcionamiento y marcha mínima de revoluciones. Una vez recolectados los datos se pueden comparar y verificar que efectivamente la reparación del motor ayudó a que éste disminuya la emisión de gases contaminantes y se ajuste nuevamente a los parámetros característicos de este modelo en cuanto a potencia y torque. Otro parámetro analizado fue el consumo de combustible, para ello fue necesario ejecutar una prueba de ruta en la que se determine la cantidad de gasolina consumida por el motor para recorrer el trayecto establecido, y respecto a este parámetro también fue positivo el aporte de la reparación del motor. Con todo lo expuesto se ha cumplido con los objetivos propuestos y se ha determinado la efectividad de la reparación de un motor de combustión interna para aportar positivamente con la economía de su propietario y el cuidado del medio ambiente.

Palabras clave: Motor TOYOTA 2TR, reparación de motor, análisis de gases, compresómetro, escáner automotriz.

Abstract

This project details the work carried out for the analysis of the exhaust gas emission of a Toyota 2TR engine before and after its repair, as well as the feasibility of repairing an internal combustion engine when it has already fulfilled its useful life. For the execution of the project, the analysis and measurement of the exhaust gases before the repair and tuning of the engine was carried out, in order to compare the data with those taken after the repair under the same operating conditions, i.e., at adequate operating temperature and minimum revolutions. Once the data was collected, it was possible to compare them and verify that indeed the engine repair helped to reduce the emission of polluting gases and to adjust again to the characteristic parameters of this model in terms of power and torque. Another parameter analyzed was fuel consumption, for which it was necessary to carry out a route test to determine the amount of gasoline consumed by the engine to cover the established route, and with respect to this parameter, the contribution of the engine repair was also positive. With all of the above, the proposed objectives have been met and the effectiveness of the repair of an internal combustion engine has been determined in order to contribute positively with the economy of its owner and the care of the environment.

Key word: TOYOTA 2TR engine, engine repair, gas analysis, compression meter, automotive scanner

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

La emisión de gases contaminantes por parte de los motores de combustión interna es una de las fuentes de contaminación más grandes en el mundo, llegando al punto en que muchas metrópolis han emitido ordenanzas y/o leyes de restricción para la circulación vehicular. El consumo de combustibles fósiles tiene gran impacto en la contaminación. Existen proyectos investigativos realizados en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, mismos que se han enfocado en el análisis de emisión de gases contaminantes, teniendo reparaciones del motor de por medio, además, analizando el sistema de control electrónico de combustible.

Como parte de las políticas de control y regulación vehicular por medio de la Agencia Nacional de Tránsito, es obligación de los propietarios de los automotores, la matriculación vehicular, misma que engloba la revisión mecánica y análisis de emisión de gases contaminantes del motor, es por tal motivo que el motor de combustión interna siempre debe estar en óptimas condiciones de operación y mantenimiento.

Los gases que contaminan el ambiente y la atmósfera tienen distintos porcentajes de incidencia y la nocividad depende de varios factores, entre los cuales se puede mencionar, el estado funcional y operativo del motor de combustión interna, las revoluciones por minuto (RPRM) promedio a las que opera dicho motor, las condiciones climáticas y geográficas, la calidad del combustible, etc. (De, s. f.).

Planteamiento del problema

El motor Toyota 2TR, es un motor de combustión interna a gasolina, el cual forma parte de la camioneta Toyota Hilux 2.7, cuya cilindrada es de 2700 centímetros cúbicos, dispone de 4 cilindros en línea. Además, el año de fabricación es 2011, teniendo ya un tiempo considerable de vida útil para que presente fallas relacionadas a la reparación íntegra del mismo.

La nota conceptual de titulación se trata de la reparación del motor Toyota 2TR, particularmente, mediante este proyecto se plantea la medición y análisis de la emisión de gases contaminantes del motor, antes y después de la reparación del mismo. Para ello, mediante el equipo analizador de gases se realizará la medición de los gases a la salida del motor, con las condiciones actuales de funcionamiento, aun montado en la camioneta; estos datos serán analizados y comparados con los valores característicos del motor de acuerdo al fabricante, es decir su ficha técnica.

Luego de que el motor haya sido reparado y montado nuevamente en la camioneta, se realizarán las pruebas de funcionamiento y verificación de la correcta reparación, además, se volverá a medir la emisión de gases contaminantes para analizarlos y compararlos con los datos obtenidos previa a su reparación, de este modo se tendrá un análisis real y práctico de la factibilidad y efectividad de la reparación del motor para disminuir la emisión de gases contaminantes y restablecer los valores característicos del motor en cuanto a rendimiento, potencia, torque y consumo de combustible.

Justificación

El desarrollo del presente proyecto tiene el propósito de brindar datos de análisis de emisión de gases contaminantes del motor de combustión interna, específicamente de ciclo Otto, una vez que el mismo necesita ser reparado, lo cual implica la rectificación y/o mecanizado de los elementos que han sufrido desgaste.

La medición de gases antes de la reparación nos va a arrojar datos que están por fuera del rango permitido, debido a que el motor ya presenta fallas en cuanto a pérdida de torque y potencia, consumo de aceite y emisión de humo negro por el tubo de escape. Luego de la reparación se pretende que estos valores ya estén dentro de un rango permitido o indicado por el fabricante, porque se corregirían problemas de compresión, consumo de aceite y mejor combustión.

Además, con el desarrollo de este proyecto se puede esclarecer los rangos de variación y corrección de emisiones de gases que se obtiene al reparar un motor. El análisis nos ayudará a determinar la factibilidad de la reparación y brindar información sobre recomendaciones para reparaciones de motores de acuerdo a síntomas del motor y mediciones de gases.

Objetivos

Objetivo General

Realizar mediciones de rendimiento y emisiones de gases contaminantes en el motor Toyota 2TR, previo y posterior a su reparación.

Objetivos Específicos

- Realizar mediciones de consumo de combustible, compresión, emisiones de gases y rendimiento del motor previa a su reparación.
- Realizar mediciones de consumo de combustible, compresión, emisiones de gases y rendimiento del motor posterior a su reparación y afinamiento.
- Elaborar un análisis comparativo de las mediciones realizadas antes y después de la reparación y determinar la eficacia de los trabajos realizados en el motor.

Alcance

Mediante los valores y análisis que se obtengan con el desarrollo del proyecto, se presentará una tabla resumida de valores y rangos de contaminación de acuerdo a las condiciones del motor, esto servirá como material de estudio para los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, además, como información relevante para propietarios de vehículos con este tipo de motor. Así los propietarios de vehículos tendrán en cuenta el período de vida útil adecuado del motor.

Además, se pretende contribuir al cuidado del medio ambiente y bienestar de los usuarios viales, ya que este análisis pretende incentivar la reparación de motores en un período de vida útil indicado por el fabricante y no circular con motores que emiten grandes cantidades de gases contaminantes.

Capítulo II

Marco teórico

Contaminación automotriz

Los vehículos en general, son considerados elementos que generan un alto porcentaje de contaminación ambiental, hoy en día, se consideran elementos indispensables para el funcionamiento y desenvolvimiento de la sociedad, circulando por las vías del mundo millones de vehículos, entre los cuales consideramos automóviles, camiones, autobuses, motocicletas, etc., de este modo cada día se aumenta el porcentaje de contaminación ambiental por parte del sector automovilístico. (De, s. f.)

Durante su período de vida útil, todo vehículo genera contaminación; antes, durante y después de su fabricación y funcionamiento, es decir, durante su proceso de fabricación existe contaminación debido al uso de materiales, componentes e instrumentos que se utilizan en las empresas fabricantes; durante su vida útil contamina debido al uso de combustibles y demás derivados de petróleo, además por la emisión de gases contaminantes producto de la combustión interna; y finalmente la contaminación luego de su vida útil se debe a proceso de chatarrización, destrucción y/o abandono como residuos.

Motor de combustión interna a gasolina

Un motor de combustión interna, tiene la función de producir trabajo mecánico a partir de la energía química de un combustible, en este caso particular la gasolina. El motor que funciona con gasolina también es conocido como motor de ciclo Otto, El ciclo mecánico de un motor Otto de cuatro tiempos, se completa con cuatro carreras del pistón y dos vueltas del cigüeñal y una del eje de levas. (Yolanda et al., s. f.)

El motor a gasolina trabaja con cuatro tiempos, los mismo que son, admisión, compresión, explosión y escape. La eficiencia del motor de ciclo Otto depende del grado de compresión, la proporción del volumen máximo y mínimo de la cámara de combustión. La eficiencia, en promedio, de los motores a gasolina está entre el 20 a 25 %, es decir, solo se aproveche una cuarta parte de la energía calorífica para transformarla en energía mecánica. (*CAPÍTULO I MARCO TEORICO, s. f.*)

Motor Toyota 2TR

El Toyota 2TR-FE es un motor de gasolina de aspiración natural de cuatro cilindros y cuatro tiempos de 2,7 litros (2693 cm^3 , 164,34 pulgadas cúbicas) de la gama Toyota TR. Los motores 2TR-FE se fabrican en las plantas de Kamigo y Toyota Motor Manufacturing Indonesia. Los motores Toyota 2TR-FE utilizan un sistema de inyección de combustible multipunto, VVT-i (sincronización variable de válvulas con inteligencia) o VVT-i, dual desde 2015 y DIS (sistema de encendido directo) sin distribuidor, con bobina de encendido independiente para cada bujía. (VENTOS, SF).

La camioneta Toyota Hiluz utiliza este tipo de motor, Hilux es la denominación corta de “High Luxury”, es decir Alto Lujo. El motor 2TR-FE es un motor japonés. Hasta 2010, el automóvil se ensamblaba en Colombia, pero hubo algunos problemas y quejas de los clientes debido a la rigidez del sistema de suspensión. Desde 2011, la camioneta se ensambla en Tailandia, mejorando todos los aspectos de producción. (*UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO, s. f.*)

Figura 1

Motor Toyota 2TR.



Nota. El gráfico muestra el motor Toyota 2TR de la camioneta Toyota Hilux 2.7, en la que se ha realizado este proyecto.

Tipos de emisiones contaminantes

Las emisiones que generan los motores de combustión interna a gasolina son las mismas en todas sus versiones o modelos, sin importar el fabricante, lo que si varía es el porcentaje o incidencia de contaminación, debido a los avances tecnológicos, que implica la implementación de sistemas de gestión electrónica para sistemas de alimentación de combustible para disminuir el impacto ambiental automotriz. En esta sección revisaremos los gases que generalmente emiten los motores de ciclo Otto, y en especial el motor Toyota 2TR.

Monóxido de carbono.

Es un gas inodoro y muy perjudicial para los seres humanos. Este gas se forma cuando la mezcla aire – combustible que ingresa al motor es rica, es decir, el combustible es mucho mayor de la proporción adecuada y esto ocasiona que no se queme todo el combustible porque

no existe el suficiente oxígeno para la combustión. Deducimos entonces que, mientras más rica sea la mezcla aire – combustible, mayor será la cantidad de monóxido de carbono (CO) que se genere. (De, s. f.).

Óxidos de nitrógeno

También conocido como óxidos nitrosos, la formación de estos componentes se da debido a las altas temperaturas y presiones en la cámara de combustión. Un grupo de compuestos de óxido de nitrógeno se conoce como NOx. Los óxidos de nitrógeno causan molestias muy notables cuando las personas están expuestas a estos compuestos químicos, dichas molestias se presentan como irritaciones en los ojos, pulmones y nariz, además acompañado de ligeros mareos y dolores de cabeza, siempre y cuando estos NOx sean en concentraciones pequeñas de partes por millón; en cambio, si la exposición es en grandes concentraciones podría provocar bronquitis y graves enfermedades pulmonares. (De, s. f.)

Hidrocarburos

La emisión de estos componentes que generan los motores de combustión interna a gasolina, se refiere a gasolina sin quemar y emisiones de aceite lubricante. Son restos no quemados de la gasolina y se generan en los gases de escape luego de una combustión incompleta. Ciertos hidrocarburos irritan órganos sensoriales y otros suelen ser cancerígenos.

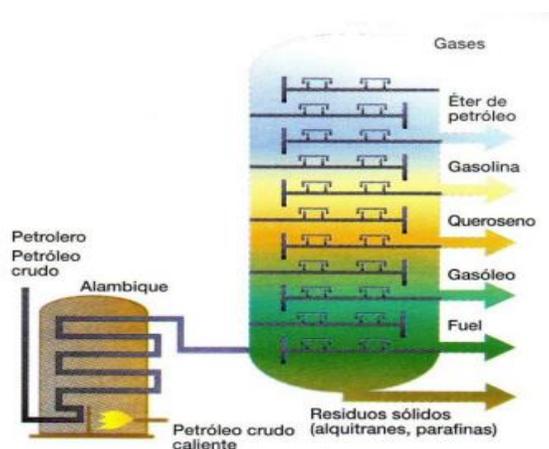
(DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ TEMA: ANÁLISIS DEL CONTROL DE EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DEL MOTOR GASOLINA TOYOTA SERIE 2TR, s. f.)

Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son combustibles que se han formado a partir de materia orgánica como el plancton, durante millones de años. Se estima que anualmente se producen 9 millones de toneladas de carbón, 0,25 toneladas de petróleo y 0,15 toneladas de gas natural. Las sustancias consideradas combustibles fósiles podemos encontrar el carbón, Petróleo, Gas natural. (UNIDAD 2. LOS COMBUSTIBLES FÓSILES, s. f.)

Figura 2

Derivados del petróleo



Nota. El gráfico representa la estructura de componentes derivados del petróleo. Tomado de (UNIDAD 2. LOS COMBUSTIBLES FÓSILES, s. f.)

Gasolina

La gasolina es una sustancia destilada del petróleo, utilizada principalmente como combustible para la mayoría de los motores de combustión interna de encendido por chispa, se obtiene por destilación directa del petróleo, es decir, gasolina que se destila directamente o que no contiene hidrocarburos insaturados, complejos aromáticos de naftenos molécula, con un contenido aromático de 10 a 20%, es la fracción de aceite líquido más ligera. (Tema 2: Combustibles fósiles e hidrógeno 2.1 Carbón 2.1.1 Procesos de formación 2.1.2 Tipos,

estructura y composición 2.1.3 Usos 2.2 Petróleo 2.2.1 Formación y extracción 2.2.2

Procesamiento de gasolinas 2.1.3 Gas natural 2.3 Aplicaciones del hidrógeno en la producción de energía. 2.4 Celdas Combustibles, s. f.)

Figura 3

Proceso de obtención de la gasolina



Nota. El gráfico representa un esquema del proceso de obtención de la gasolina. Tomado de (Tema 2: Combustibles fósiles e hidrógeno 2.1 Carbón 2.1.1 Procesos de formación 2.1.2 Tipos, estructura y composición 2.1.3 Usos 2.2 Petróleo 2.2.1 Formación y extracción 2.2.2 Procesamiento de gasolinas 2.1.3 Gas natural 2.3 Aplicaciones del hidrógeno en la producción de energía. 2.4 Celdas Combustibles, s. f.)

Analizador de gases

Su función es evaluar la cantidad de emisiones producido de un vehículo, este motor cuando empieza a trabajar produce diferentes gases como el monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, óxido, nitrógeno, dióxido de carbono, etc. (De, s. f.). Existen varios tipos de analizadores de gases que se emplean para las mediciones de emisiones en motores a gasolina, a continuación, se detallarán aspectos de algunos de ellos.

Analizador de gases de combustión portátiles.

Este analizador de gases es considerado exacto, pero existe un problema que no tiene las mismas capacidades de análisis como los analizadores de gases grandes, su funcionamiento es que la unidad en forma de caja y una sonda se inserta en el horno, caldera u la cámara de combustión, además los sensores son capaces de rastrear múltiples tipos tanto como el oxígeno y el dióxido de carbón. (De, s. f.)

Figura 4

Analizador de gases portátil



Nota. El gráfico muestra un analizador de gases de combustión para motores a gasolina, portátil. Tomado de (PCE Instruments, SF).

Analizadores de gases permanentes.

Este tipo de analizadores de gases permanentes más grandiosos permanecen en un lugar y producen un resultado de mucha calidad en un laboratorio en forma habitual, Este analizador se enfoca principalmente en controlar continuamente las emisiones en un sistema de combustión. Se considera como sistemas de control de emisiones continuas o CMS. (De, s. f.).

Figura 5*Analizador de gases permanente*

Nota. El gráfico muestra un analizador de gases de combustión para motores a gasolina, permanente. Tomado de (Ingeniería Analítica, 2015).

Analizadores de gases de combustión electroquímicos.

Este tipo de analizador de combustión electroquímicos están compuestos por sensores electroquímicos que su función es determinar la composición de gases de combustión está conformado por tres electrodos recubiertos que reacciona de una manera determinada con gases, esta reacción es leída por el analizador. (De, s. f.).

Figura 6*Analizador de gases electroquímico*

Nota. El gráfico muestra un analizador de gases de combustión para motores a gasolina, electroquímico. Tomado de (Premac Energy, 2020).

Analizador de gases de combustión multisensor

Este analizador viene equipado varios o múltiples sensores que puede rastrear diferente gas al mismo tiempo, pueden rastrear hasta 5 gases o más a la vez, lo que va permitir al ejecutor obtener una idea más amplia de la composición del gas de combustión de una máquina. (De, s. f.).

Figura 7

Analizador de gases multisensor



Nota. El gráfico muestra un analizador de gases de combustión para motores a gasolina, multisensor. Tomado de: (Direct Industry, 2023).

Alternativas para disminuir emisiones de gases.

Las emisiones de gases contaminantes en vehículos de gases contaminantes son un tema de mucho interés por que, toda la contaminación que se produce en el vehículo es retenida por la atmosfera y entre las alternativas de la reducción de estos gases esta la implementación de un sistema de generación de hidrógeno tipo celda seca, el cual este sistema produce hidrogeno con la aplicación de electricidad y con la ayuda de un reactor emite es hidrogeno y con un sistema de eliminación de agua permite emitir hidrogeno puro al cilindro para así tratar de

reducir las emisiones de gases contaminantes que se producen después de la combustión. (-MAI-0764, s. f.).

Utilización de biocombustibles

Otra opción para la reducción de gases es la utilización de biocombustibles, que son combustibles con su materia prima vegetal y esto ayuda porque, no incrementa el efecto invernadero después de haberse producido la combustión en el motor. (*Dialnet-ReduccionDeLasEmisionesDeCO2EnVehiculosDeTransport-3395287*, s. f.).

Los biocombustibles que son más utilizados son el biodiesel que no ofrece una reducción del 100% pero si hay una disminución de los índices de gases contaminantes con respecto a los que se produce con los combustibles fósiles después de la combustión también otros biocombustibles que son utilizados son el bioetanol, GLP, hidrogeno son alternativas para la disminución de los gases contaminantes. (*Dialnet-ReduccionDeLasEmisionesDeCO2EnVehiculosDeTransport-3395287*, s. f.).

Utilización de Urea

La urea de uso agrícola es muy buena para la reducción de los gases mediante una solución acuosa que ayuda a disminuir los índices de contaminación especialmente en vehículos que son de combustible Diesel ya que al inyectar la urea al catalizador se neutralizan algunos componentes que son el resultado de la combustión del motor. (Emilio et al., 2008).

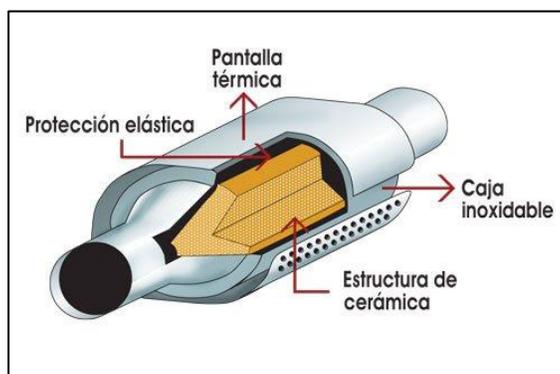
Catalizador

Es una entidad que modifica la velocidad con el cual una reacción química se aproxima al equilibrio sin causar alteración en la energía libre del medio ambiente de los cambios involucrados. Los catalizadores son utilizados en sistemas de reacciones heterogenias son fabricadas sobre materiales llamados soportes. Las reacciones catalíticas son fenómenos

superficiales por lo tanto se ven favorecidas por catalizadores de área superficial elevadas. Se debe tener presente que el tamaño de los poros debe permitir una libre entrada y salida de reactantes y productos durante la reacción

Figura 8

Catalizador



Nota. El gráfico representa la estructura de un catalizador. Tomado de (*pdf-un-catalizador*, s. f.)

Los hidrocarburos líquidos rectificados procedentes del reactor primario se mezclan con hidrógeno y se envían al reactor de la segunda fase, donde se descomponen en gasolina de alta calidad, combustible para aviones de reacción y materiales de destilación para mezclas y proteger al contorno y al medio ambiente de toda la contaminación que produce el auto motor. (*pdf-un-catalizador*, s. f.).

Múltiple de escape.

La mayoría de los motores de combustión interna de los vehículos usan múltiples de escape de fundición simples, que se encuentran diseñados para expulsar los gases del cilindro y alejarlos del motor lo más rápido posible. Con el apoyo de las juntas también se evita que los gases de escape ingresen al vehículo y afecten a sus ocupantes, por lo que el mismo desempeña un papel importante en el sistema de escape. El múltiple de escape está fabricado

de hierro fundido o acero y está conformado por tubos soldados por separado, los cuales se encargan de mover y dispersar los gases producidos por la combustión, los cuales llegan hasta el colector, pasan por el catalizador, los silenciadores y finalmente salen por el tubo de escape del vehículo.

Si existe una velocidad muy baja del gas de escape provocará que muchos de los gases permanezcan en el MCI a bajas RPM, es muy importante encontrar un equilibrio entre la creación de primarias que sean lo suficientemente largas y angostas para ayudar a acelerar el flujo de los gases de escape a bajas RPM pero que sean lo suficientemente grandes como para no restringir el flujo a altas RPM. (García Luis Daniel Profesor Melitón Fuentes Rodríguez, s. f.)

Figura 9

Múltiple de escape



Nota. El gráfico muestra el múltiple de escape del motor Toyota 2TR.

Emisiones características del motor Toyota 2TR.

El motor Toyota 2TR que viene incorporado a la camioneta Hilux 2.7, para el presente proyecto en particular, tiene más de 10 años de vida útil, su año de fabricación es 2011 y el kilometraje actual de dicha camioneta supera los 550.000 kilómetros. Las emisiones que predominan en este motor corresponden al porcentaje en volumen del monóxido de carbono (% vol CO) a régimen de ralentí. El motor cuando pasa a su temperatura adecuada de funcionamiento, al régimen de ralentí indicado por el fabricante, debe indicar valores de monóxido de carbono dentro de los límites indicados por el fabricante, además, no deben funcionar otros componentes tales como el electroventilador. (*DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ TEMA: ANÁLISIS DEL CONTROL DE EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DEL MOTOR GASOLINA TOYOTA SERIE 2TR, s. f.*).

Además, como todo motor a gasolina, el Toyota 2TR, emite gases como hidrocarburos no combustionados (HC), óxido de nitrógeno (NOx), partículas de agua (H₂O), nitrógeno (N₂).

Normativas de control y regulación de emisiones.

Todos los vehículos que sean propulsados por motores de ciclo Otto, que transiten en el territorio nacional, deberá cumplir con los requisitos primordiales para poder circular en el territorio. Estas normativas están establecidas por el numeral 6 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204, que está vigente, ya que busca que todos los vehículos reduzcan su gran numeral de emisiones que son provocadas por los motores. (*M1-RTE-017, s. f.*).

Figura 10

Emisión de gases contaminantes



Nota. El gráfico muestra varios vehículos con emisiones de gases contaminantes por sus tubos de escape.

Se han establecido límites que se exoneran a continuación, con las cuales se busca básicamente que los vehículos reduzcan sus gases para una menor contaminación, tanto para el medio ambiente y para el ser humano que es el respira dichos gases provocados por los motores. (M1-RTE-017, s. f.).

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Todo vehículo o fuente móvil con motor de gasolina, al momento de estar en funcionamiento de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal. No deberá debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores. (M1-RTE-017, s. f.).

Tabla 1

Límites de emisiones a marcha mínima o ralentí.

| Año modelo | % CO* | | ppm HC* | |
|------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
| | 0 – 1 500 ** | 1 500 – 3 000 ** | 0 – 1 500 ** | 1 500 – 3 000 ** |

| | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-------|-------|
| 2000 y posteriores | 1,0 | 1,0 | 200 | 200 |
| 1990 a 1999 | 3,5 | 4,5 | 650 | 750 |
| 1989 y anteriores | 5,5 | 6,5 | 1 000 | 1 200 |

* Volumen

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

Nota. La tabla muestra valores de límites de emisiones de gases contaminantes a marcha mínima o ralentí. Tomado de: (M1-RTE-017, s. f.).

Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transigente pesado (prueba dinámica)

Todo vehículo o fuente móvil que venga de otros países o sean ensamblados en el país también deberá cumplir la normativa de no emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores. (M1-RTE-017, s. f.).

Tabla 2

Límites de emisiones Ciclos FTP-75 y ciclo transigente pesado

| Categoría | Peso bruto del vehículo kg | Peso del vehículo cargado kg | CO g/km | HC g/km | NOx g/km | CICLOS DE PRUEBA | Evaporativas g/ensayo SHED |
|---------------------------|--|--|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| Vehículo Livianos | | | 2,10 | 0,25 | 0,62 | | 2 |
| | | ≤ 1 700 | 6,2 | 0,5 | 0,75 | FTP - 75 | 2 |
| Vehículo s Medianos | ≤ 3 860 | 1 700 – 3 860 | 6,2 | 0,5 | 1,1 | | 2 |
| | > 3 860 | | 14,4 | 1,1 | 5,0 | Transigente pesado | 3 |
| Vehículo s Pesados | ≤ 6 350 | | 37,1 | 1,9 | 5,0 | | 4 |
| | > 6 350 | | | | | | |

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

Nota: La tabla muestra valores de límites de emisiones de gases contaminantes a Ciclos FTP-75 y ciclo transigente pesado. Tomado de: (M1-RTE-017, s. f.).

Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica)

Tabla 3

Límites de emisiones Ciclo ECE-15+ EUDC

| Categoría | Peso bruto del vehículo kg | Peso de Referencia kg | CO g/km | HC + NOx g/km | CICLOS DE PRUEBA | Evaporativas g/ensayo SHED |
|---------------|----------------------------|-----------------------|---------|---------------|------------------|----------------------------|
| M1 (1) | | | 2,72 | 0,97 | | 2 |
| M1 (2), N1 | ≤3 500 | <1 250 | 2,72 | 0,97 | ECE 15 + EUDC | 2 |
| | | > 1250 <1700 | 5,17 | 1,4 | | 2 |
| | | >1700 | 6,9 | 1,7 | | 2 |

*Prueba realizada a nivel del mar

1. Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menos o igual a 2,5 toneladas
2. Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

Nota: La tabla muestra valores de límites de emisiones de gases contaminantes a *Ciclo ECE-15+ EUDC*. Tomado de: (M1-RTE-017, s. f.).

Todo vehículo o fuente móvil, no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores.(M1-RTE-017, s. f.).

Tabla 4

Límites de emisiones Ciclo ECE-15+ EUDC

| Categoría | Peso bruto del vehículo kg | Peso de Referencia kg | CO g/km | HC + NOx g/km | CICLOS DE PRUEBA | Evaporativas g/ensayo SHED |
|---------------|----------------------------|-----------------------|---------|---------------|------------------|----------------------------|
| M1 (1) | | | 2,72 | 0,97 | | 2 |
| | | <1 250 | 2,72 | 0,97 | | 2 |
| M1 (2), N1 | ≤3 500 | > 1250 <1700 | 5,17 | 1,4 | ECE 15 + EUDC | 2 |
| | | >1700 | 6,9 | 1,7 | | 2 |

*Prueba realizada a nivel del mar

1. Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menos o igual a 2,5 toneladas
2. Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

Nota: La tabla muestra valores de límites de emisiones de gases contaminantes a *Ciclo ECE-15+ EUDC*. Tomado de: (M1-RTE-017, s. f.).

Para la regulación de emisiones no cabe duda de que dependerá de que los vehículos que estén en altas condiciones tecnológicas para reducir cada vez las emisiones es decir crear nuevas tecnologías que hagan que el vehículo ya deje de emitir gases. También otra para la regulación es usar un combustible de mejor características y que garantice y cumpla las condiciones de trabajo. (Elizondo & Amezcua, s. f.).

Capítulo III

Desarrollo del tema

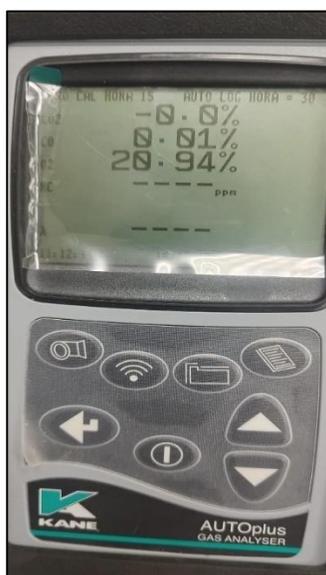
Analizador de gases de escape.

Este equipo nos ayuda a determinar el porcentaje de oxígeno, monóxido de carbono y/p dióxido de carbono que tiene el motor en el proceso de combustión y de este modo nos permite obtener mejores resultados mediante acciones y correcciones que podamos tomar.

El equipo con el que trabajamos es un “Analizador de Gases Portátil Kane Auto Plus 4-2”, que es capaz de medir en porcentaje los compuestos químicos que emite el motor de combustión interna por medio del tubo de escape. Con la ayuda de este instrumento, garantizamos que el motor tenga valores correctos en los gases de escape o, en su defecto, conocer la situación real del motor y el proceso de combustión con el cual está trabajando.

Figura 11

Analizador de gases



Nota. El gráfico muestra el analizador de gases utilizado para el desarrollo del proyecto.

Escáner automotriz Gscan 2

Este equipo es original para Hyundai y Kía, es un aparato electrónico que controla y mide el funcionamiento del vehículo, y toma datos de parámetros tales como la inyección, tiempo de apertura de los inyectores, las revoluciones del motor, todos los sensores del motor y el vehículo en general, que luego estas señales son enviadas a los actuadores para que se realice la operación requerida. (*DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ TEMA: ANÁLISIS DEL CONTROL DE EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DEL MOTOR GASOLINA TOYOTA SERIE 2TR, s. f.*)

Figura 12

Escáner automotriz



Nota. El gráfico muestra el escáner automotriz Gscan 2 con el que hemos realizados tomas de datos.

Ficha técnica 2TR

El motor Toyota 2TR es un motor de aspiración natural, viene equipado con un sistema de inyección secuencial (EFI) y sistema de encendido DIS con bobinas de encendido individuales para cada cilindro. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de este motor.

Tabla 5

Ficha técnica motor Toyota 2TR.

| Especificaciones del motor 2TR | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|
| Fabricante | Toyota Motor Manufacturing Indonesia | |
| También llamado | 2TR | |
| Aleación de bloque de cilindros | hierro fundido | |
| Sistema de combustible | inyector | |
| Configuración | en línea | |
| Número de cilindros | 4 | |
| válvulas por cilindro | 4 | |
| Carrera del pistón, mm | 95 | |
| Diámetro del cilindro, mm | 95 | |
| Índice de compresión | 9.6 | |
| | 10.2 (Doble-VVTi) | |
| Desplazamiento, cc | 2693 | |
| Potencia de salida, hp | 160/5200 | |
| Salida de par, Nm / rpm | 241/3800 | |
| Consumo de combustible, L/100 km | Ciudad | 11,2 |
| | Carretera | 9,4 |
| | Combinado | 10,7 |
| Consumo de aceite, gr/1000 km | hasta 1000 | |
| Aceite de motor recomendado | 0W-20 / 5W-20 | |
| Capacidad de aceite del motor, litros | 5.8 | |
| Intervalo de cambio de aceite, km | 7000-10000 | |

Temperatura normal de funcionamiento del motor, °C 85-90

Nota: La tabla muestra los datos técnicos y de especificaciones del motor Toyota 2TR. Tomado de: (AUTOSPRUCE, SF).

Parámetros característicos del motor 2TR.

El motor Toyota 2TR, al igual que todos los motores de combustión interna a gasolina, emite gases contaminantes característicos de la combustión del hidrocarburo con el que trabaja, pero en condiciones normales de funcionamiento o bajo condiciones de motor nuevo tiene porcentajes admisibles de estas emisiones, las mismas que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 6

Parámetros característicos del motor Toyota 2TR.

| Parámetros | Promedio | |
|-----------------------|----------|-----------------|
| | Ralentí | Revolución alta |
| CO (% V) | 0.05 | 0.06 |
| CO ₂ (% V) | 14.26 | 14.72 |
| HC (ppm) | 6.40 | 8.50 |
| O ₂ (% V) | 0.93 | 0.51 |

Nota: La tabla muestra los porcentajes de emisiones del motor Toyota 2TR en condiciones normales de funcionamiento. Tomado de: (SCIELO, 2017).

Parámetros recolectados previo a la reparación.

Tomando como referencia los parámetros característicos de este motor, realizamos las mediciones de los gases contaminantes del motor de combustión Toyota 2TR, en la camioneta Toyota Hilux 2.7, que es el vehículo en el cual se ha desarrollado toda esta nota conceptual, además, cabe recalcar las condiciones actuales de la camioneta, es decir, previo a su reparación.

El año de fabricación de la camioneta es 2011, el kilometraje actual es de 536.356 Km., además, presenta dificultad para recorrer pendientes con carga a bordo y emisiones de humo negro por su tubo de escape. Hemos realizado las mediciones de las emisiones de gases de escape con la ayuda del analizador de gases portátil Kane Auto Plus 4-2, teniendo los resultados que se muestran a continuación.

Figura 13

Kilometraje actual camioneta Toyota Hilux.



Nota. El gráfico muestra el kilometraje actual de los kilómetros recorridos por la camioneta en la que se ha desarrollado el proyecto.

Usando el analizador de gases y colocándolo a la salida del tubo de escape de la camioneta, se han medido las emisiones de los gases contaminantes de este motor, detallando los siguientes valores y datos correspondientes a emisiones de oxígeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono e hidrocarburos, a marcha mínima o ralenti en promedio.

Tabla 7

Valores medidos previo a la reparación.

| Parámetro | Valor |
|----------------------|-------|
| O ₂ (% V) | 4.02 |

| | |
|-----------------------|------|
| CO (% V) | 0.74 |
| CO ₂ (% V) | 13.6 |
| HC (ppm) | 195 |

Nota: La tabla muestra los valores medidos en el motor, previo a su reparación.

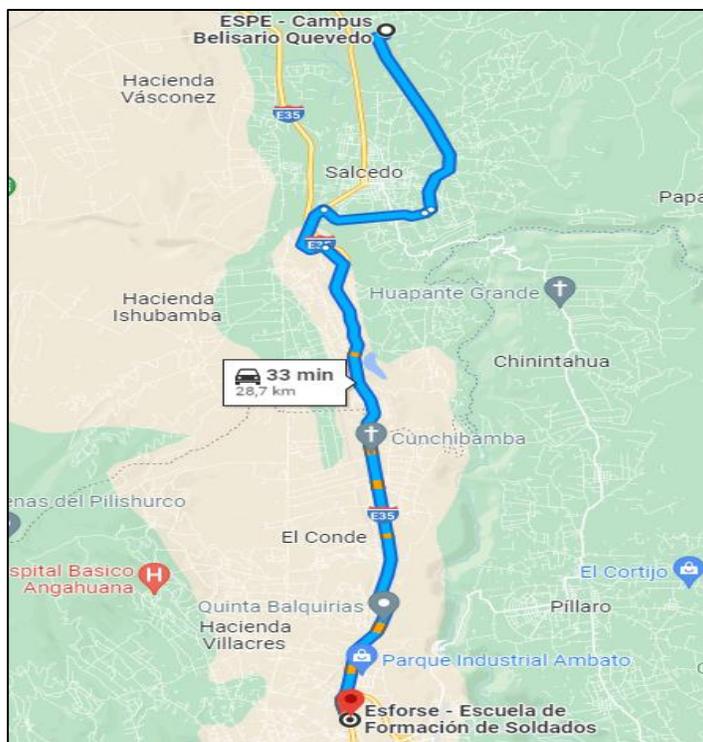
Motor en condiciones actuales

De acuerdo a los valores flejados en la tabla donde se muestran los valores obtenidos con el analizador de gases previo a la reparación del motor, notamos claramente que los valores están muy por encima de los parámetros característicos y/o promedio admisibles para este tipo de motor; las emisiones de gases contaminantes son altas y, obviamente, es necesaria la reparación del motor para el afinamiento del mismo y que los parámetros de emisiones, potencia, torque, y consumo de combustible se ajusten a los parámetros admisibles.

Se detalla, además, el consumo de combustible y rendimiento de este vehículo, con datos tomados a bordo en una ruta que cubrió desde el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga en la provincia de Cotopaxi, hasta la Escuela de Formación de Soldados ubicada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, cubriendo una ruta de 28.7 kilómetros.

Figura 14

Ruta establecida para pruebas.



Nota. El gráfico muestra la ruta en la que se realizaron las pruebas a bordo de la camioneta Toyota Hilux 2.7.

Consumo de combustible antes.

El consumo de combustible para este vehículo se detalla en el apartado de la ficha técnica, indicando que el consumo en carretera es de 9.4 litros de gasolina por cada 100 kilómetros recorridos, teniendo un rendimiento equivalente de 50 kilómetros por galón, aproximadamente.

En las condiciones actuales, es decir, previa a la reparación del motor, tomamos datos en una ruta que cubrió un recorrido desde la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara hasta la Escuela de Formación de Soldados ubicada en la ciudad de Ambato, cubriendo una distancia de 28.7 kilómetros, para ello iniciamos el recorrido con el depósito de combustible lleno, una vez cumplida la ruta, volvimos a llenar el tanque de combustible, necesitando 0.92 galones de combustible para tal acción.

Motor reparado

Luego de las molestias e inconvenientes evidenciados en el motor debido al kilometraje recorrido que le antecedió y a los años de vida útil del mismo, se ha realizado la reparación del motor, cambiando algunos componentes tales como juego de válvulas, sistema de distribución, juego de pistones, bomba de aceite, bomba de agua, kit de embrague; además, el mecanizado de componentes tales como cilindros, cigüeñal y planitud del cabezote.

Una vez realizadas la rectificación de componentes y sustitución de otros se ha completado la reparación de este motor, con todo este preámbulo se realizó el armado del motor en las instalaciones del taller JT Motor's en la ciudad de Latacunga. Luego de ser armado el motor, sus sistemas y demás componentes de la camioneta se montó todo esto en la carrocería correspondiente para realizar las pruebas de ruta y funcionamiento ya con el motor reparado y obtener los datos pertinentes luego de la reparación y analizarlos con una comparación respecto a los datos obtenidos previo a la reparación.

Figura 15

Motor reparado.



Nota. El gráfico muestra el motor Toyota 2TR ya reparado y montado en la carrocería de la camioneta correspondiente.

Emisiones del motor

En este apartado se detallan los valores obtenidos de las emisiones de gases contaminantes del motor Toyota 2TR, luego de la reparación del mismo, además, cabe recalcar que los valores fueron tomados con los mismos equipos e instrumentos de diagnóstico y bajo las mismas condiciones de operación del motor.

Tabla 8

Valores medidos posterior a la reparación.

| Parámetro | Valor |
|-----------------------|--------------|
| O ₂ (% V) | 0.90 |
| CO (% V) | 0.12 |
| CO ₂ (% V) | 13.67 |
| HC (ppm) | 71 |

Nota: La tabla muestra los valores medidos en el motor, posterior a su reparación.

Consumo de combustible después.

Para determinar este parámetro, se realizó la misma prueba de ruta que se evidenció con el motor previo a su reparación y bajo las mismas circunstancias, es decir, con el depósito de combustible lleno y recorriendo una distancia de 28.7 kilómetros. Al final de esta prueba llenamos nuevamente el depósito de combustible y necesitamos de 0.78 galones para que el depósito se llene nuevamente.

Análisis de resultados

Una vez recolectados los datos, previo y posterior a la reparación del motor, es necesario tabularlos y analizarlos para determinar si se han cumplido con los objetivos planteados en este proyecto, es por tal motivo que en este apartado se analizan los valores obtenidos en las distintas mediciones y pruebas realizadas al motor para así determinar la incidencia de la reparación del motor en su funcionamiento y rendimiento, además, se analizará la factibilidad de estos procesos (reparación, afinamiento y/o repotenciación) en los motores de combustión interna, específicamente de ciclo Otto.

Emisiones de gases

Analizaremos y compararemos los datos tomados con el analizador de gases antes y después de la reparación del motor, en la siguiente tabla mostramos los valores ya mencionados, para que sean interpretados mediante una representación gráfica.

Tabla 9

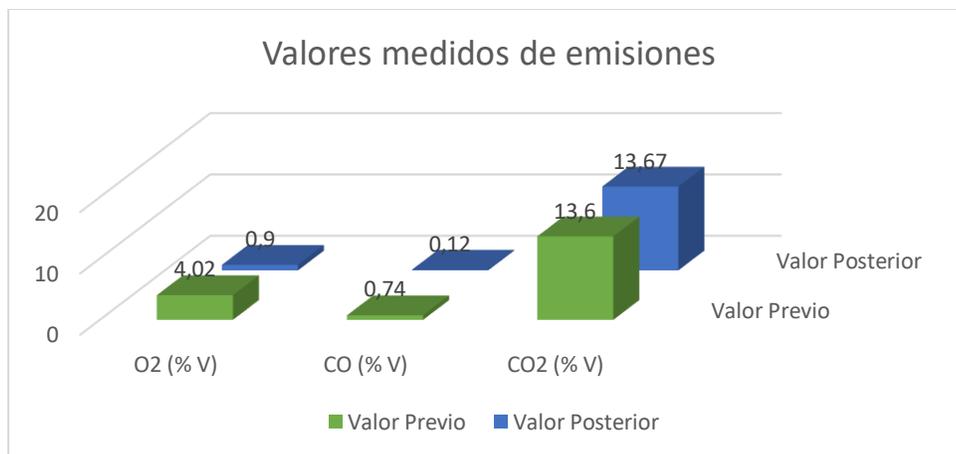
Valores medidos antes y después.

| Parámetro | Valor previo | Valor posterior |
|-----------------------|---------------------|------------------------|
| O ₂ (% V) | 4.02 | 0.90 |
| CO (% V) | 0.74 | 0.12 |
| CO ₂ (% V) | 13.6 | 13.67 |

Nota: La tabla muestra los valores medidos en el motor, previo y posterior a su reparación, es decir, se han detallado todos los valores en una misma tabla para una mejor interpretación.

Figura 16

Emisiones antes y después.



Nota. El gráfico muestra un análisis gráfico comparativo de las emisiones del motor, antes y después de su reparación.

De acuerdo a la figura anterior, tenemos un análisis gráfico de las emisiones de oxígeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono, previo y posterior a la reparación del motor Toyota 2TR, no se ha tomado en cuenta los datos de los hidrocarburos en este análisis, ya que los 3 parámetros analizados se miden en las mismas unidades (% V). Así, podemos observar que el valor de O₂ disminuyó de 4.02 hasta 0.9, siendo equivalente a una reducción del 78 % aproximadamente; el CO disminuyó de 0.74 a 0.12, representando una reducción del 84 % aproximadamente; finalmente el CO₂ varió de 13.6 a 13.67, manteniéndose igual prácticamente. Así queda comprobado que la reparación del motor si ayuda a disminuir la emisión de gases contaminantes al ambiente.

Emisiones de hidrocarburos

En este apartado analizamos los valores tomados de los hidrocarburos no combustionados (HC), cabe mencionar que este parámetro lo analizamos de manera individual respecto a los

otros gases, debido a que éste se mide en partículas por millón (ppm), ese es el motivo para analizarlo de manera separada y que pueda ser entendible su interpretación.

Tabla 10

Valores de HC medidos antes y después.

| Parámetro | Valor previo | Valor posterior |
|-----------|--------------|-----------------|
| HC (ppm) | 195 | 71 |

Nota: La tabla muestra los valores de HC medidos en el motor, previo y posterior a su reparación.

Figura 17

Emisiones de HC antes y después.



Nota. El gráfico muestra un análisis gráfico comparativo de las emisiones de HC del motor, antes y después de su reparación.

De acuerdo a la figura anterior, tenemos un análisis gráfico de las emisiones de hidrocarburos no combustionados (HC), los datos obtenidos corresponden al antes y después de la reparación del motor Toyota 2TR, variando este parámetro de 195 a 71 ppm, representando una disminución de aproximadamente del 74 %, contribuyendo positivamente al impacto ambiental.

Análisis del consumo de combustible.

En este apartado analizamos el consumo de combustible del motor, dato tomado mediante una prueba de ruta, la misma que ya ha sido descrita y tuvo un recorrido de 28.7 kilómetros, la misma ruta fue cubierta antes y después de la reparación. A continuación, se muestra el análisis tabulado y descrito de manera gráfica.

Previo a la reparación, en la prueba de ruta (28.7 Km), el vehículo necesitó de 0.92 galones, teniendo un equivalente de 0.032 gal/Km , que también es igual a 0.1213 L/Km , y para que sea más entendible es igual a 12.13 L/100 Km , es decir, el motor consumo 12.13 litros de combustible por cada 100 kilómetros recorridos. Ahora bien, con a misma prueba de ruta, pero con el motor ya reparado se necesitó de 0.78 galones cubrir dicho trayecto, siendo esto equivalente a 10.28 L/100 Km , es decir, el motor ya reparado consume 10.28 litros de combustible por cada 100 kilómetros recorridos.

Tabla 11

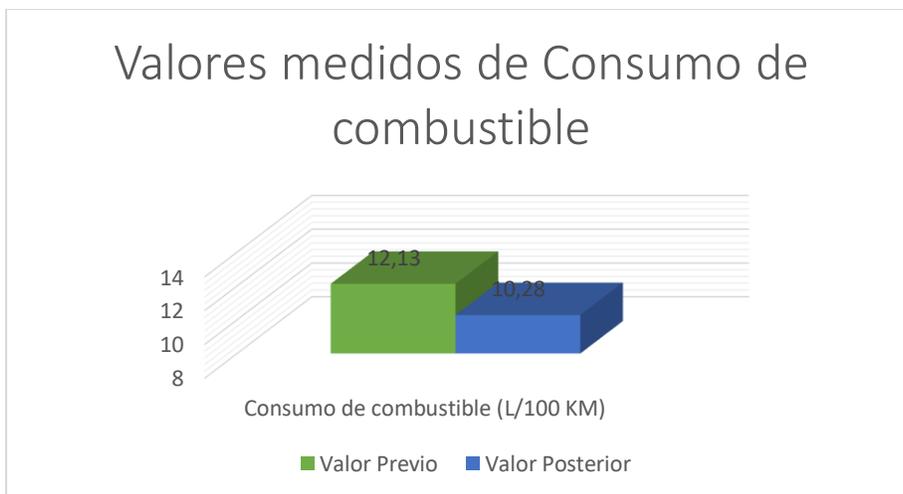
Valores de consumo de combustible.

| Parámetro | Valor previo | Valor posterior |
|-----------------------------------|--------------|-----------------|
| Consumo de combustible (L/100 Km) | 12.13 | 10.28 |

Nota: La tabla muestra los valores de HC medidos en el motor, previo y posterior a su reparación.

Figura 18

Consumo de combustible antes y después.



Nota. El gráfico muestra un análisis gráfico comparativo de las emisiones de HC del motor, antes y después de su reparación.

Capítulo IV

Marco administrativo

Recursos humanos

Las personas que aportaron en el desarrollo de este proyecto de titulación se detallan en la siguiente tabla, en la misma que se describe el aporte específico de cada uno de los colaboradores.

Tabla 12

Recursos humanos.

| Nombre | Aporte |
|-------------------------------|---|
| Caiza Caiza, Brayan Alexander | Autor del proyecto |
| Ing. Ramos Alex | Director y asesor general del Proyecto. |
| Ing. Tapia Xavier | Asesoría en procesos automotrices |
| Ing. León Jaime | Asesoría en equipos de diagnóstico. |

Recursos tecnológicos

Se admiten recursos tecnológicos a todos los equipos que prestaron ayuda para la construcción del proyecto de titulación, tanto en la parte textual como en el avance práctico del mismo; a continuación, en la siguiente tabla podemos definir recursos tecnológicos con sus respectivos valores

Tabla 13

Recursos tecnológicos.

| Orden | Recurso tecnológico | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
|-------|---------------------------|----------|----------------|------------------|
| 1 | Analizador de gases | 1 | \$ 85.00 | \$ 85.00 |
| 2 | Licencia Microsoft Office | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 |
| 3 | Licencia escáner | 1 | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| | | | Total: | \$ 160.00 |

Recursos Materiales

Los recursos materiales son todos los elementos mecánicos utilizados para el avance del proyecto de titulación, en la siguiente tabla podemos observar dichos recursos con sus respectivos valores.

Tabla 14

Recursos materiales.

| Orden | Recurso material | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
|-------|--------------------------------|----------|----------------|------------------|
| 1 | Combustible | 8 | \$ 2.40 | \$ 19.20 |
| 2 | Kit de repuestos de reparación | 1 | \$ 350.00 | \$ 350.00 |
| 3 | Rectificadora | 1 | \$ 120.00 | \$ 120.00 |
| 4 | Mano de obra | 1 | \$ 90.00 | \$ 90.00 |
| 5 | Impresiones | 150 | \$ 0.15 | \$ 22.50 |
| | | | Total: | \$ 601.70 |

Presupuesto

Una vez concluyentes los gastos de los recursos tecnológicos y materiales que ayudaron al desarrollo del proyecto de titulación, a continuación, podemos observar en la siguiente tabla, donde se refleja los valores invertidos en la ejecución total del proyecto

Tabla 15*Presupuesto.*

| Orden | Recurso tecnológico | Valor total |
|---------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | Recursos tecnológicos | \$ 160.00 |
| 2 | Recursos materiales | \$ 601.70 |
| 3 | Imprevistos (20 %) | \$ 152.34 |
| Total: | | \$ 914.04 |

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La reparación del motor, luego de que éste haya cumplido con su vida útil, ayuda sustancialmente a la economía del propietario del vehículo, debido a que se reduce el consumo de combustible, además, el aporte por el cuidado del medio ambiente es positivo debido a que las emisiones de gases contaminantes se reducen y esto además beneficia a todos los usuarios viales.
- Mediante la medición y el análisis de la emisión de gases de escape se puede determinar el estado de funcionamiento y funcionalidad del motor de combustión interna y es de mucha utilidad para corregir las fallas que pueda tener el motor y de este modo afinarlo a los parámetros adecuados.
- El análisis y medición de los gases contaminantes que emite el motor también es un aspecto necesario para la revisión y matriculación vehicular, así que el presente proyecto puede servir como un aporte referencial para que los propietarios de automotores tengan en cuenta este aspecto en el diario convivir con sus vehículos.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el manual del fabricante del motor de combustión interna para cualquier trabajo de mantenimiento y/o reparación que se realice en el mismo, de este modo se garantiza que los procesos y procedimientos se realicen de manera secuencial y correcta.
- Para los procesos de medición y análisis de gases de escape, es necesario conocer el funcionamiento y modo de uso de los equipos de diagnóstico para que de este modo se garantice la correcta toma de datos y además, se evite daños en dichos equipos.
- Para todos los trabajos de reparación y afinamiento del motor se debe usar adecuadamente las herramientas automotrices, equipos de diagnóstico y demás insumos que existen en los talleres; como operarios debemos usar adecuadamente todo el equipo de protección personal para evitar accidentes laborales y salvaguardar nuestra integridad física.

Bibliografía

AUTOSPRUCE. (SF). *www.autospruce.com*. Obtenido de <https://autospruce.com/es/motor-toyota-2tr-fe-2-7-opini3n-problemas-y-fiabilidad/>

Direct Industry. (2023). *www.directindustry.es*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/cubic-sensor-and-instrument-co-ltd/product-54752-2121967.html>

Ingeniería Analítica. (2015). *www.ingenieria-analitica.com*. Obtenido de <https://www.ingenieria-analitica.com/analizador-de-gases-permanentes-5500.html>

PCE Instruments. (SF). *www.pce-iberica.es*. Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/analizadores/analizadores-combustion.htm>

Premac Energy. (2020). *www.premac.co*. Obtenido de <https://www.premac.co/producto/analizador-de-gases-portatil-ga-21-plus/>

SCIELO. (Febrero de 2017). *www.scielo.cl*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100002

VENTOS. (SF). *www.ventos.site*. Obtenido de <https://www.ventos.site/fichas-tecnicas/especificaciones-y-revision-datos-de-servicio-toyota-2tr-fe/>

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO. (s. f.).

De, C. (s. f.). *DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.*

*DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO AUTOMOTRIZ TEMA: ANÁLISIS DEL CONTROL DE EMISIONES DE
GASES DE COMBUSTIÓN DEL MOTOR GASOLINA TOYOTA SERIE 2TR.* (s. f.).

Dialnet-ReducciónDeLasEmisionesDeCO2EnVehiculosDeTransport-3395287. (s. f.).

Elizondo, A., & Amezcua, T. H. (s. f.). *Regulating CO 2 Emissions for Light Vehicles in Mexico.*

Emilio, A., Barreto, H., María, M., Correa, J., Ortiz Muñoz, A., & Montes De Correa, C. (2008).
Cement plant gaseous pollutant emission reduction technologies. En *DICIEMBRE DE* (Vol. 28, Número 3).

García Luis Daniel Profesor Melitón Fuentes Rodríguez, P. (s. f.). *UNIVERSIDAD BANCARIA DE MÉXICO «REPORTE DE SIMULACIÓN DE MÚLTIPLE DE ESCAPE» REPORTE INGENIERO MECANICO AUTOMOTRIZ PRESENTA.*

M1-RTE-017. (s. f.).

-MAI-0764. (s. f.).

pdf-un-catalizador. (s. f.).

Tema 2: Combustibles fósiles e hidrógeno 2.1 Carbón 2.1.1 Procesos de formación 2.1.2 Tipos, estructura y composición 2.1.3 Usos 2.2 Petróleo 2.2.1 Formación y extracción 2.2.2 Procesamiento de gasolinas 2.1.3 Gas natural 2.3 Aplicaciones del hidrógeno en la producción de energía. 2.4 Celdas Combustibles. (s. f.).

UNIDAD 2. LOS COMBUSTIBLES FÓSILES. (s. f.).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO. (s. f.).

Yolanda, M., Morales, R., & Guzmán, A. H. (s. f.). *CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON DOS TIPOS DE COMBUSTIBLE.*

Anexos