

Implementación de un banco para pruebas de laboratorio de la asignatura máquinas térmicas alternativas, a partir de un motor Toyota F-110 de ignición por chispa, cuatro tiempos y seis cilindros en línea.

Sebastián Díaz Espíndola, Dairo Fernando Santos Buitrago

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Jorge Luis Chacón Velasco

Ph.D. Ingeniería en Termo fluidos aplicados a Motores Térmicos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2023

Tabla de contenido

Introducción	18
1.Objetivos.....	20
1.1 Objetivo General.....	20
1.2 Objetivos específicos	20
2. Diagnóstico y mantenimiento del motor.....	21
2.1 Elementos necesarios para el desensamble y diagnóstico.	21
2.1.1 Herramientas.....	21
2.2 Diagnóstico.	24
2.2.1 Estado inicial del motor	26
2.2.1.1 Encendido del motor.	26
2.2.1.1.1 Inspección visual y auditiva.	26
2.2.1.1.2 Pruebas de diagnóstico.....	28
2.2.1.2 Caracterización por sistemas de las posibles averías	33
2.2.1.2.1 Sistema de arranque.....	33
2.2.1.2.2 Sistema de alimentación de combustible.	33
2.2.1.2.3 Sistema de compresión.	34
2.2.2 Desmontaje del motor	34
2.2.2.1 Proceso de desmontaje en busca de la avería en el sistema de compresión.	34

2.2.3 Análisis diagnóstico	39
2.3 Proceso de mantenimiento	41
2.3.1 Sistema de arranque	43
2.3.1.1 Motor de arranque.....	43
2.3.2 Sistema de alimentación de combustible	43
2.3.2.1 Carburador.	43
2.3.2.2 Bomba de combustible.....	44
2.3.2.3 Filtros y tuberías	44
2.3.3 Sistema de lubricación	45
2.3.3.1 Cárter.....	45
2.3.3.2 Filtro de aceite.....	45
2.3.3.3 Bomba de aceite.....	46
2.3.4 Sistema de compresión	48
2.3.4.1 Cigüeñal.	48
2.3.4.2 Biela-Pistón.....	48
2.3.4.2.1 Cambio de casquetes de biela.	49
2.3.4.2.2 Cambio de anillos del pistón.....	49
2.3.4.3 Camisas.	50
2.3.5 Sistema de distribución	51

2.3.5.1 Banda de distribución.	51
2.3.5.2 Culata.	51
2.3.6 Montaje y armado de los diferentes componentes del motor	52
2.3.6.1 Bloque del motor.....	52
2.3.6.2 Culata.	55
2.3.6.3 Periféricos del motor.....	57
2.3.7 Encendido y puesta a punto del motor.....	57
2.3.7.1 Sincronización de la distribución.....	57
2.3.7.2 Encendido.	58
3. Diseño, adecuación y desarrollo del banco.....	59
3.1 Diseño conceptual.....	60
3.1.1 Caracterización de los sistemas del banco y sus prácticas.....	61
3.1.1.1 Sistema de lubricación.	61
3.1.1.1.1 Parámetros.....	61
3.1.1.1.2 Requerimientos.	62
3.1.1.1.3 Limitaciones.....	62
3.1.1.2 Sistema de enfriamiento.....	62
3.1.1.2.1 Parámetros.....	62
3.1.1.2.2 Requerimientos	62

3.1.1.2.3 Limitaciones.....	63
3.1.1.3 Sistema de alimentación de combustible	63
3.1.1.3.1 Parámetros.....	63
3.1.1.3.2 Requerimientos	63
3.1.1.3.3 Limitaciones.....	63
3.1.1.4 Sistema de arranque.	64
3.1.1.4.1 Parámetros	64
3.1.1.4.2 Requerimientos.	64
3.1.1.4.3 Limitaciones.....	64
3.1.1.5 Sistema de encendido o ignición.....	64
3.1.1.5.1 Parámetros.....	65
3.1.1.5.2 Requerimientos.	65
3.1.1.5.3 Limitaciones.....	65
3.1.1.6 Sistema de carga	65
3.1.1.6.1 Parámetros.....	66
3.1.1.6.2 Requerimientos	66
3.1.1.6.3 Limitaciones.....	66
3.1.1.7 Sistema de admisión y escape.....	66
3.1.1.7.1 Parámetros.....	67

3.1.1.7.2 Requerimientos	67
3.1.1.7.3 Limitaciones.....	67
3.1.2 Planteamiento de alternativas	67
3.1.3 Selección de alternativa	68
3.1.3.1 Criterios de evaluación.	68
3.1.3.2 Puntuación de alternativas	69
3.1.4 Caracterización de bancos auxiliares	70
3.1.4.1 Análisis por sistema	70
3.1.4.1.1 Sistema de arranque	70
3.1.4.1.2 Sistema de carga de la batería.....	70
3.1.4.1.3 Sistema de encendido.....	71
3.1.4.1.4 Sistema de lubricación.	71
3.1.4.1.5 Sistema de enfriamiento.....	71
3.1.4.1.6 Sistema de admisión y escape.....	72
3.1.4.1.7 Sistema de alimentación de combustible	72
3.2.1 Estado actual del banco.....	72
3.2.1.1 Componente estructural	72
3.2.1.1.1 Estructura soporte del motor	72
3.2.1.1.2 Estructura soporte del banco de encendido electrónico.....	73

3.2.1.2 Motor de combustión	74
3.2.1.3 Banco auxiliar de encendido electrónico	75
3.2.2 Adecuaciones e instalaciones.....	76
3.2.2.1 Sistema de ventilación..	76
3.2.2.2 Sistema de aceleración de marcha.	78
3.2.2.3 Sistema de medición.	79
3.2.2.4 Sistema de enfriamiento.....	79
3.2.3 Diseño y construcción de los bancos auxiliares.....	80
3.2.3.1 Sistema de lubricación.	80
3.2.3.1.1 Fase de diseño	80
3.2.3.1.2 Fase de construcción	82
3.2.3.2 Sistema de alimentación de combustible	83
3.2.3.2.1 Fase de diseño	83
3.2.3.2.2 Fase constructiva.....	84
3.2.3.3 Sistema de enfriamiento.....	84
3.2.3.3.1 Fase de diseño.	84
3.2.3.3.2 Fase de construcción.	85
3.2.3.4 Sistema de carga.	86
3.2.3.4.1 Fase de diseño	86

3.2.3.4.2 Fase de construcción	86
4. Desarrollo de las guías prácticas y manual de mantenimiento preventivo	87
4.1 Estructura de las guías	88
4.2 Instructivo de una práctica en motor.....	88
4.2.1 Práctica de capacidad de batería	88
5. Conclusiones	92
6. Recomendaciones.....	92
Referencias bibliográficas.....	94

Lista de tablas

Tabla 1 Guía de mantenimiento	39
Tabla 2 Puntuación de las alternativas	69
Tabla 3 Resultados prueba capacidad de batería	91

Lista de figuras

Figura 1 Herramienta Universal.....	22
Figura 2 Herramienta básica	23
Figura 3 Herramientas especiales	24
Figura 4 Diagrama proceso de diagnóstico.....	25
Figura 5 Estado inicial del motor.....	26
Figura 6 Conexión de alimentación directa de combustible	27
Figura 7 Inspección distribuidor y carburador.....	27
Figura 8 Diagrama de prueba de compresión	29
Figura 9 Comprobación voltaje de batería.....	30
Figura 10 Comprobación de resistencias en la bobina.....	31
Figura 11 Comprobación resistencia en cables de bujías	31
Figura 12 Comprobación del distribuidor.....	32
Figura 13 Comprobación de la presión de aceite.....	33
Figura 14 Retiro de la tapa de culata.	34
Figura 15 Desmontaje del eje de balancines.....	35
Figura 16 Desmontaje de la culata.....	36
Figura 17 Inspección culata	36
Figura 18 Verificación de bloqueos en el movimiento de los pistones.	37
Figura 19 Vaciado de aceite, retiro del cárter y la bomba de aceite	37
Figura 20 Desmontaje pistones.....	38

Figura 21 Desgaste casquetes de biela.....	38
Figura 22 Diagrama del proceso de mantenimiento	42
Figura 23 Despiece y revisión del motor de arranque	43
Figura 24 Despiece e inspección del carburador	44
Figura 25 Estado filtro de gasolina	45
Figura 26 Inspección del cárter.....	45
Figura 27 Inspección Bomba de aceite	46
Figura 28 Rectificación de componentes de la bomba de aceite	47
Figura 29 Comprobación del funcionamiento de la bomba de aceite.....	47
Figura 30 Inspección del cigüeñal	48
Figura 31 Inspección conjunto Biela-Pistón.....	49
Figura 32 Cambio casquetes de biela.....	49
Figura 33 Cambio anillos de los pistones	50
Figura 34 Inspección y rectificado de las camisas del bloque	50
Figura 35 Inspección correa de distribución	51
Figura 36 Inspección culata y componentes	52
Figura 37 Posicionamiento de los muñones del cigüeñal	53
Figura 38 Inserción de pistón.....	53
Figura 39 Ajuste de la biela al cigüeñal.....	54
Figura 40 Instalación bomba de aceite y cárter	54
Figura 41 Asentamiento de válvulas.....	55
Figura 42 Instalación muelles de las válvulas.....	55
Figura 43 Montaje de culata y balancines.....	56

Figura 44 Calibración de válvulas	56
Figura 45 Montaje periféricos del motor	57
Figura 46 Alineación de marcas de referencia.....	58
Figura 47 Encendido del motor.....	58
Figura 48 Diagrama del proceso de diseño.....	60
Figura 49 Diagrama sistema de lubricación.....	61
Figura 50 Diagrama sistema de enfriamiento	62
Figura 51 Diagrama carburador	63
Figura 52 Diagrama sistema de arranque.....	64
Figura 53 Diagrama sistema de encendido o ignición	65
Figura 54 Diagrama Sistema de carga	66
Figura 55 Diagrama sistema de admisión y escape	67
Figura 56 Analizador digital de motores	70
Figura 57 Estructura soporte del motor	73
Figura 58 Estructura del banco de encendido electrónico	74
Figura 59 Motor de combustión.....	75
Figura 60 Banco de encendido electrónico.....	76
Figura 61 Sistema de ventilación.....	76
Figura 62 Tubo de acero	77
Figura 63 Manguera flexible.....	78
Figura 64 Aceleración de marcha mediante manipulación directa del carburador.....	78
Figura 65 Condición y conexiones del tacómetro.....	79
Figura 66 Instalación de termómetros análogos	80

Figura 67 Estructura soporte bomba de aceite.....	81
Figura 68 Estructura soporte aceites.....	82
Figura 69 Bomba de lóbulos	82
Figura 70 Estructura soporte aceites	83
Figura 71 Banco bomba de combustible.....	84
Figura 72 Bomba de agua	85
Figura 73 Banco auxiliar radiador	86
Figura 74 Banco auxiliar alternador	87
Figura 75 Conexiones básicas.....	89
Figura 76 Conexión sonda TDV	89
Figura 77 Conexión cable Rojo/Voltios	90
Figura 78 Cable de alto voltaje de la bobina en masa.....	90
Figura 79 Medición de voltaje	91

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Guía general para la realización de las prácticas

Apéndice B. Guía práctica sistema de arranque

Apéndice C. Guía práctica sistema de encendido

Apéndice D. Guía práctica sistema de carga de la batería

Apéndice E. Guía práctica sistema de admisión y escape

Apéndice F. Guía práctica sistema de alimentación de combustible

Apéndice G. Guía práctica sistema de lubricación

Apéndice H. Guía práctica sistema de enfriamiento

Apéndice I. Manual de mantenimiento preventivo motor Toyota F-110

Glosario

Banco de pruebas: es donde se realiza la experimentación de proyectos. Brindan una solución para probar una función de forma aislada para su aprendizaje.

Carburador: es el dispositivo encargado de realizar la mezcla aire-combustión en motores a gasolina.

Cilindro: es un elemento del motor donde se desplaza el pistón propulsado de la combustión aire-combustible.

Compresión: en el motor se refiere al momento en el que el aire y el gas se mezclan en los cilindros.

Ignición: es la acción para desencadenar la combustión, donde entra en contacto con una fuente de energía, en este caso la chispa.

Manómetro: se utiliza para medir la presión de fluidos en áreas cerradas, depende de su función se selecciona el adecuado.

Mantenimiento correctivo: son tareas técnicas para corregir fallas en el equipo analizado, para volver a su función principal.

Mantenimiento preventivo: es realizar operaciones de mantenimiento programadas, se utiliza para prevenir fallas inesperadas a futuro.

Motor de combustión interna: es una máquina que obtiene energía química de un combustible que arde en la cámara de combustión para producir energía mecánica.

Presión: mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie.

Tacómetro: es un instrumento para medir las revoluciones por minuto del motor

Resumen

Título: Implementación de un banco para pruebas de laboratorio de la asignatura máquinas térmicas alternativas, a partir de un motor Toyota F-110 de ignición por chispa, cuatro tiempos y seis cilindros en línea.

Autor: Sebastián Díaz Espíndola, Dairo Fernando Santos Buitrago

Palabras Clave: Banco didáctico, motor Toyota F-110, máquinas térmicas alternativas.

Descripción: En el presente trabajo se expone el proceso realizado para la implementación de un banco didáctico de un motor de combustión interna a gasolina, que permita a los estudiantes de la asignatura Máquinas Térmicas Alternativas tener un contacto más cercano con la realidad concerniente a estos equipos a través del desarrollo de prácticas que permitan una mayor comprensión de los conocimientos teóricos vistos en el aula de clase. Inicialmente se realiza el diagnóstico y mantenimiento a un motor Toyota F-110 de encendido por chispa que se encontraba inoperante en el laboratorio de la asignatura. Posterior a ello se caracterizan los sistemas a tratar, teniendo en cuenta los componentes y parámetros principales de cada sistema. De acuerdo con dicha caracterización se plantean y analizan diferentes estilos de trabajo, los cuales se comparan en base a su rendimiento frente a criterios como durabilidad, interacción, costo, fácil mantenimiento y manipulación. De acuerdo con esta comparación se selecciona el modelo más apropiado y se procede a realizar el diseño a detalle de cada una de las adecuaciones necesarias para realizar prácticas que permitan interactuar con las partes o parámetros principales en cada uno de los sistemas propuestos, por último, se desarrolla una cartilla de guías con información necesaria para la realización de las prácticas propuestas.

* Trabajo de Grado

** Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Ingeniería mecánica. Director: Jorge Luis Chacón Velasco. PhD. Ingeniería en Termo fluidos aplicados a Motores Térmicos.

ABSTRACT

Title: Implementation of a bench for laboratory tests of the subject alternative thermal machines, from a Toyota f-110 engine with spark ignition, four times and six cylinders in line.

Author(s): Sebastián Diaz Espíndola, Dairo Fernando Santos Buitrago

Key Words: Didactic bench, Toyota F-110 engine, alternative thermal machines.

Description: This paper presents the process carried out for the implementation of a didactic bank of a gasoline internal combustion engine, which allows students of the subject Alternative Thermal Machines to have a closer contact with the reality concerning this equipment through the development of practices that allow a greater understanding of the theoretical knowledge seen in the classroom. Initially, diagnosis and maintenance were performed on a Toyota F-110 spark-ignition engine that was out of action in the laboratory of the subject. After that, the systems to be treated are characterized, taking into account the main components and parameters of each system; According to this characterization, different work styles are proposed and analyzed, which are compared based on their performance against criteria such as durability, interaction, cost, easy maintenance and handling. According to this comparison, the most appropriate model is selected and the detailed design of each of the necessary adjustments is carried out to carry out practices that allow interaction with the main parts or parameters in each of the proposed systems, finally, a guide booklet is developed with information necessary for the realization of the proposed practices.

*Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of mechanical engineering. Mechanical Engineering. Director: Jorge Luis Chacon Velasco. PhD. Engineering in Thermofluids applied to Thermal Engines.

Introducción

La escuela de ingeniería mecánica ofrece dentro su plan de estudios como electiva la asignatura de Máquinas térmicas alternativas, la cual reúne e imparte conocimientos aplicativos vistos previamente de manera teórica a lo largo de la carrera. Sin embargo, se observa que en el laboratorio de la materia hay mínima interacción con los equipos dispuestos en este, además existe un motor fuera de funcionamiento, el cual debido a su estado no estaba siendo aprovechado. Por tanto, observando dicha situación y la importancia de interactuar con este tipo de máquinas y sus componentes, se busca implementar en base al motor mencionado anteriormente, un banco didáctico de pruebas para motores de cuatro tiempos e ignición por chispa que sirva como mecanismo de apoyo para reforzar los conocimientos adquiridos en el aula, buscando también que el estudiante de ingeniería mecánica tenga un contacto más cercano con la industria automotriz, de tal forma que su desempeño demuestre eficiencia, calidad, rigor y destreza en este sector. Lo cual se traduciría en una gran ventaja u oportunidad, ya que de acuerdo con información del **Catálogo de capacidades-Industria Automotriz Colombiana realizado por la cámara de la industria automotriz de la ANDI.**

la industria automotriz juega un papel importante en la economía nacional: con más de 50 años de experiencia, hoy se ubica como la 4ta industria en la región (en tamaño de producción), representa el 6.2% del PIB industrial, y genera más de 25 mil empleos directos y 100 mil en toda su cadena de servicio (ANDI, 2019).

El banco didáctico del motor Toyota cuenta con diferentes elementos para la toma de datos en los sistemas del motor a analizar, con el objeto de clasificar y hacer comparaciones con la ficha técnica del fabricante, así como entender de mejor manera el funcionamiento y estructura

del motor. Se realizó un manual de operación con sus respectivas guías de prácticas de los sistemas del motor, los cuales son, el sistema de arranque, sistema de carga de la batería, sistema de ignición, sistema de admisión y escape, sistema de alimentación de combustible, sistema de enfriamiento y sistema de lubricación. Todo esto con el propósito de ratificar conocimientos vistos a lo largo de la carrera y brindar al estudiantado una interacción sencilla y cercana con este tipo de máquinas y sistemas; Los cuales estarán presentes de alguna manera a lo largo de su carrera profesional.

Por otro lado, como se mencionó en el primer párrafo, el motor destinado para el desarrollo del banco se encontraba inoperante por lo cual se debió realizar un diagnóstico y mantenimiento de este, lo cual nos permitió una interacción mucho más de cercana con dichos procesos, brindándonos la oportunidad de adquirir más conocimiento a cerca del funcionamiento de una Máquina Térmica Alternativa (MTA).

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Construir un banco de pruebas de un motor alternativo de ignición por chispa modelo Toyota F-110 de cuatro tiempos y seis cilindros en línea para la realización de prácticas experimentales, con el propósito de apoyar las actividades académicas de la asignatura Máquinas Térmicas Alternativas de la Escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

1.2 Objetivos específicos

Realizar el diagnóstico y el mantenimiento del motor TOYOTA F-110 apoyados en los manuales del fabricante, para conocer los diferentes sistemas y componentes que lo conforman y el estado actual de operación de este.

Diseñar, construir y poner en marcha el banco didáctico de pruebas para motores alternativos a gasolina mediante la inclusión de sistemas de medición en el motor reparado, que permitan observar el comportamiento de las variables provenientes de los diferentes sistemas del motor a través de la recolección de datos para la realización de las prácticas de laboratorio.

Desarrollar el manual de uso y operación, junto con sus respectivas guías y protocolos de prácticas de laboratorio. Las prácticas para realizar son: 1. Sistema de arranque 2. Sistema de carga de la batería 3. Sistema de ignición 4. Sistema de admisión y escape 5. Sistema de alimentación de combustible 6. Sistema de enfriamiento 7. Sistema de lubricación.

2. Diagnóstico y mantenimiento del motor

Durante el funcionamiento de un MCI A pueden aparecer un gran número de fallos, como defectos en el sistema de inyección, pérdidas de compresión, anomalías en el sistema de arranque, fallos mecánicos como holguras entre las camisas y los pistones o entre rodamientos y ejes, etcétera (Chacón et al,2002).

En el presente capítulo se hará una descripción breve de los procesos de diagnóstico y mantenimiento realizados al motor **Toyota F-110** con el propósito de identificar las posibles áreas que no están funcionando adecuadamente y ejecutar la mejor solución para dicho problema.

2.1 Elementos necesarios para el desensamble y diagnóstico.

2.1.1 Herramientas

Se dividen tres grupos: básicas, universales y especiales. Las herramientas básicas (ver figura 2) se usan para labores elementales de desmontaje e instalación de piezas mecánicas. Las universales (ver figura 1) sirven para múltiples tareas; como su diseño permite ajustarlas a diversos elementos, pueden insertarse o extraerse con facilidad. Las herramientas especiales (ver figura 3) para trabajos específicos; por ejemplo; insertar camisas, rodamientos, retenes, bloquear mecanismos, ajustar tolerancias en el armado del motor, etc. (“Desensamble y diagnóstico de motores,” s.f).

Figura 1

Herramienta Universal

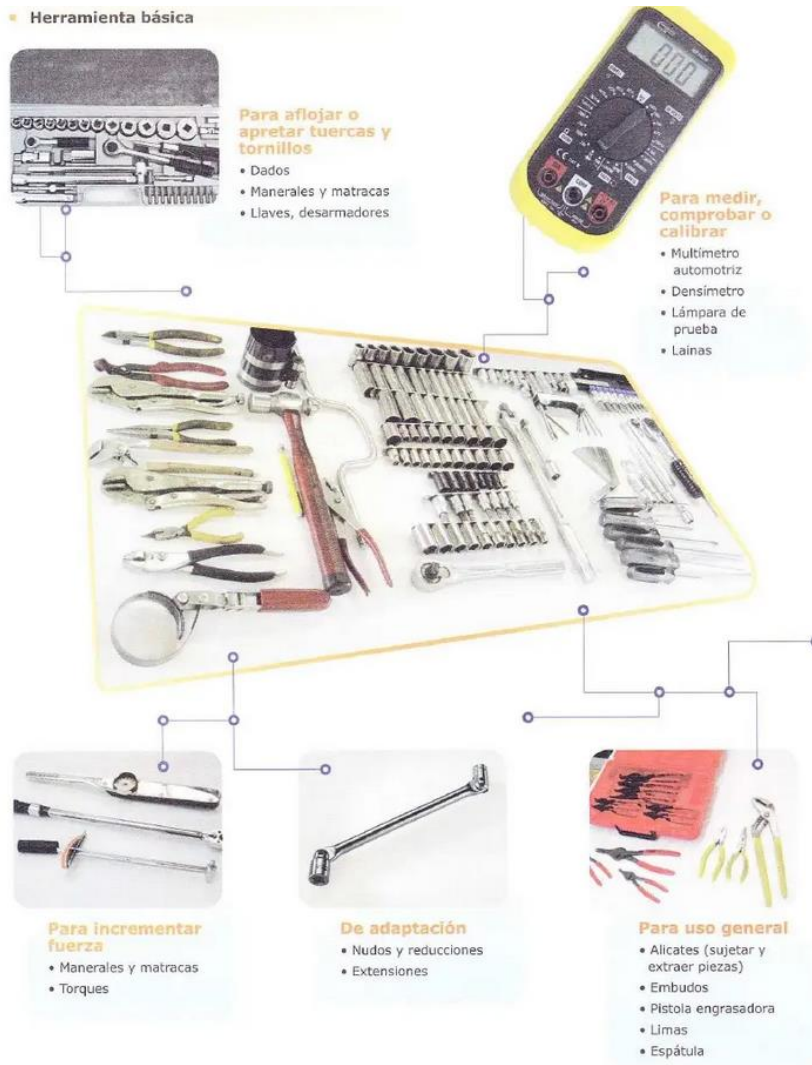


Nota. Adaptado de

https://www.academia.edu/35744555/DESENSAMBLE_Y_DIAGNOSTICO_DE_MOTORES

Figura 2

Herramienta básica



Nota: Adaptado de

https://www.academia.edu/35744555/DESENSAMBLE_Y_DIAGNOSTICO_DE_MOTORES

Figura 3

Herramientas especiales



Nota. Adaptado de

https://www.academia.edu/35744555/DESENSAMBLE_Y_DIAGNOSTICO_DE_MOTORES

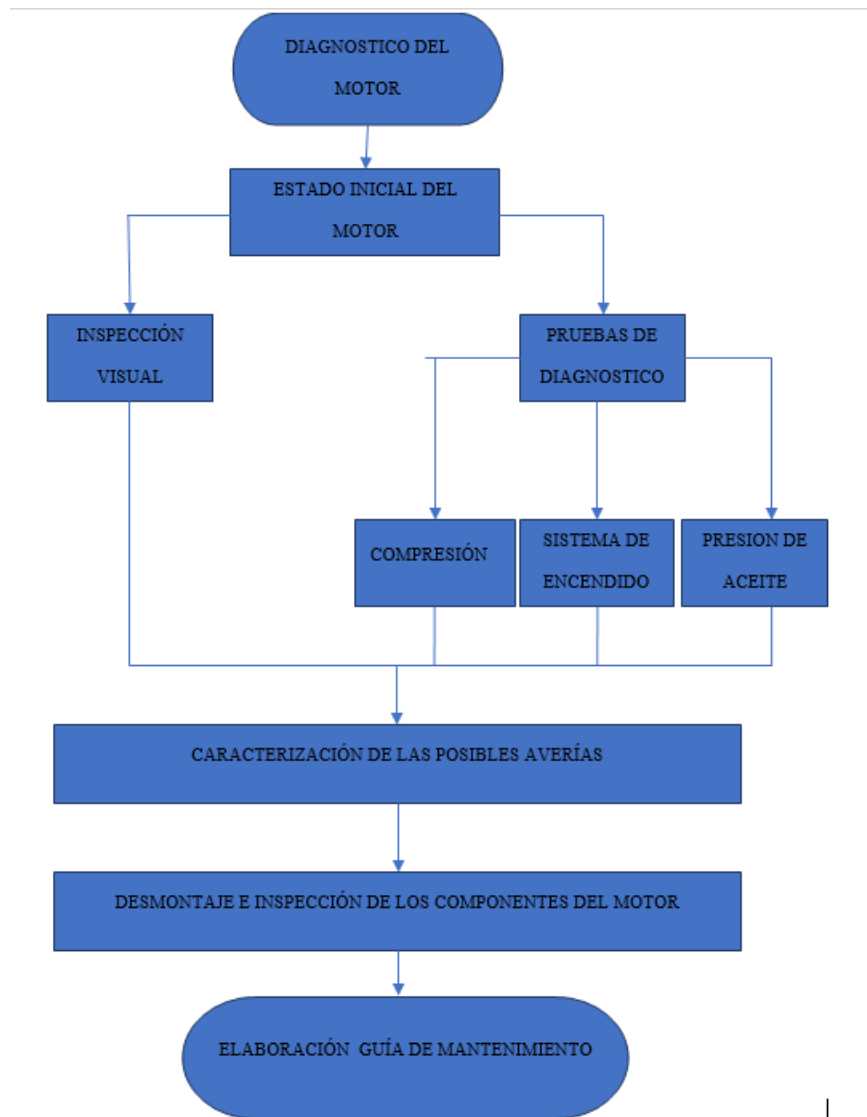
2.2 Diagnóstico

Un diagnóstico del motor es una evaluación que se lleva a cabo para tener información relevante sobre la vida y estado del motor en funcionamiento. Se recomienda que las pruebas sean realizadas por mecánicos profesionales y con equipo apropiado para que el diagnóstico sea el más verídico (“¿Qué es y cómo realizar un diagnóstico del motor?”, s.f).

A continuación, se presenta un diagrama de flujo (ver figura 4) en busca de una mejor comprensión del procedimiento realizado para llevar a cabo el diagnóstico, dicho procedimiento se detalla en la sección posterior al diagrama.

Figura 4

Diagrama proceso de diagnóstico



2.2.1 Estado inicial del motor

En la figura 5 se muestra el estado inicial del motor Toyota, de manera general se puede observar el estado de abandono del equipo y el aparente mal estado de algunos componentes, ya que no es utilizado ni se le da mantenimiento desde hace aproximadamente tres años.

Figura 5

Estado inicial del motor



2.2.1.1 Encendido del motor. Inicialmente se procede a dar marcha al motor, en busca de conocer su estado en funcionamiento y poder realizar una primera inspección general de este.

2.2.1.1.1 Inspección visual y auditiva. En un principio cuando se pretende dar encendido al motor este genera un ruido molesto en el intento, y se queda en eso, un intento, el técnico procede a desconectar el filtro de gasolina para poner una alimentación directa, esto debido a que el filtro de gasolina se observa obstruido y con bastantes residuos, como se observa en la figura 6, lo cual puede estar impidiendo el suministro adecuado de combustible.

Figura 6

Conexión de alimentación directa de combustible



Posteriormente se intenta dar marcha a la máquina nuevamente, en este segundo intento alcanza a prender por momentos, pero no sostiene la carga, entonces como se muestra en la figura 7 se hace una inspección general de elementos como el carburador y el distribuidor en busca de alguna falla o defecto, como puede ser alguna parte mal conectada.

Figura 7

Inspección distribuidor y carburador



Después de estas revisiones y mediante ciertas triquiñuelas, en un tercer intento se logra encender el motor y mantenerlo encendido por un período de tiempo considerable, lo que

permite percibir algunas inconsistencias como: cierto ruido o golpeteo proveniente de alguna de las camisas del bloque y pequeñas aceleraciones o sacudones.

2.2.1.1.2 Pruebas de diagnóstico. Posteriormente a la inspección realizada se realizan algunas pruebas sencillas, pero de importancia, para determinar inconsistencias o fallas en los sistemas más relevantes.

- **Compresión**

Para que los cilindros produzcan potencia uniforme, sus compresiones deben ser semejantes dentro de ciertos límites. Es tan importante comparar las presiones de compresión entre los cilindros como saber la compresión actual. Como tanto la temperatura del motor, la viscosidad del aceite y la velocidad de giro del motor influyen en los resultados de la prueba, se debe esperar algo de variación con respecto a las presiones especificadas. Sin embargo, las compresiones deberán ser semejantes entre los cilindros. Algunos fabricantes permiten una diferencia máxima de compresión de 15%; si se tiene una diferencia mayor, se deberán reparar los cilindros afectados (Córdova, G. 2019).

En la figura 8 se muestran los parámetros mencionados y un diagrama del proceso.

Figura 8

Diagrama de prueba de compresión



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 43), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

- **Comprobación sistema de encendido.**

El sistema de encendido de un motor está compuesto principalmente por la batería, la bobina de encendido, el distribuidor y las bujías de encendido, una falla en cualquiera de estos elementos impide el correcto encendido y funcionamiento del motor. Por ello se realizan las siguientes pruebas para comprobar el estado de dichos componentes.

- **Prueba de voltaje de batería**

La batería es el elemento que proporciona la energía eléctrica necesaria para dar marcha al sistema de encendido, usando un analizador de motores digital y haciendo las conexiones

adecuadas se obtiene una lectura de 13.4 voltios, índice de una batería en buen estado y totalmente cargada. Ver figura 9.

Figura 9

Comprobación voltaje de batería



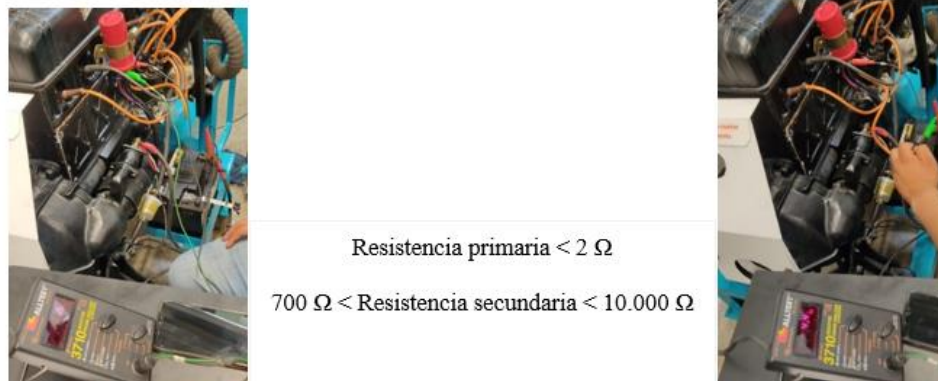
▪ Prueba de resistencia sistema de encendido

Utilizando el analizador digital de motores como ohmímetro se pueden probar varios componentes y circuitos en el sistema de encendido, en este caso se comprobó el estado de la bobina, y los cables de bujías.

○ **Bobina.** Se midió la resistencia eléctrica en el circuito primario y secundario de la bobina como se muestra en la figura 10, obteniendo mediciones de 0.8 Ohmios y 4.4 Kilo-ohmios respectivamente, parámetros que se encuentran dentro de los rangos normales.

Figura 10

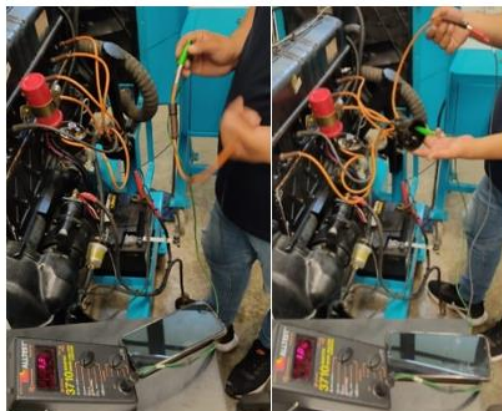
Comprobación de resistencias en la bobina



○ **Cables de bujías.** Se midió la resistencia de un extremo a otro de cada uno de los cables de bujías como se muestra en la figura 11, sin encontrar ninguna inconsistencia, ya que las mediciones arrojadas no superan los 30.000Ω que es el valor máximo permisible para cables de hasta 25 pulgadas.

Figura 11

Comprobación resistencia en cables de bujías



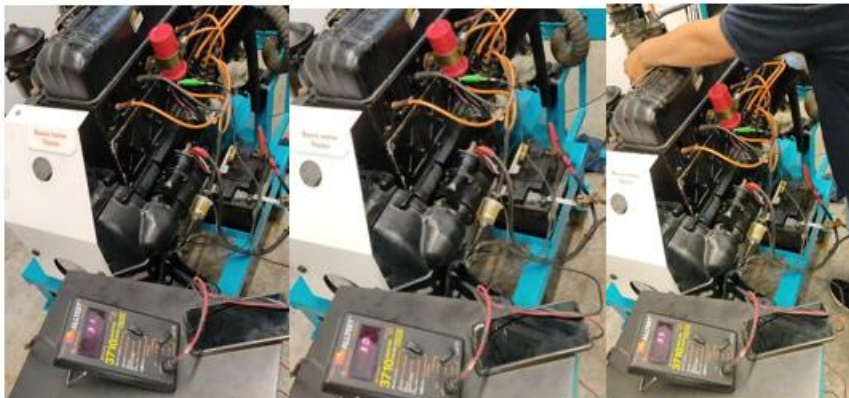
- **Prueba de distribuidor malo**

Para comprobar el estado del distribuidor se mide el ángulo de contacto , el cual hace referencia al tiempo en que los platinos están cerrados. Este determina el voltaje de encendido (Chispa) para las bujías.

Mediante el uso del analizador digital de motores se realiza la medición del ángulo de contacto, el cual no debe variar más de 2 grados entre cilindros, lo cual como se observa en la figura 12 no ocurre, señal de que el distribuidor está en buen estado.

Figura 12

Comprobación del distribuidor



- **Presión de aceite**

Se trata de la presión del aceite de motor, que conviene mantener en un nivel correcto para que el vehículo funcione a la perfección. La presión del aceite la marca la resistencia que opone un lubricante a ser movido por la bomba del aceite, así como las distancias a las que debe ser movido, es decir, los metros de tubería, codos o filtros por los que pasa, entre otros elementos, que rebajan dicha resistencia (Córdova, G. 2019).

Normalmente, una alta presión en la bomba implica la existencia de resistencias extraordinarias en el sistema que se deben superar, como por ejemplo la suciedad causada por

polvo o carbonillas, la cual obtura el paso del aceite. Esto exige que la bomba trabaje a mayor potencia. Se realizó la comprobación de la presión de aceite y ase evidenció que se encuentra en valores cercanos a los rangos normales de funcionamiento estipulados en la figura 13.

Figura 13

Comprobación de la presión de aceite



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 43), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

2.2.1.2 Caracterización por sistemas de las posibles averías. Haciendo un análisis de lo observado se plantean las posibles averías que pueden estar presentes en el motor:

2.2.1.2.1 Sistema de arranque. Aunque funciona, lo hace con dificultad y emitiendo un ruido chirriante que puede ser producido porque el motor de arranque esté patinando.

2.2.1.2.2 Sistema de alimentación de combustible. Los sacudones y apagones del motor pueden tener raíz en fallas del circuito de alimentación de combustible, o en el carburador, debido a una inadecuada mezcla de aire-combustible.

2.2.1.2.3 Sistema de compresión. El golpeteo proveniente de las camisas puede estar relacionado con el desgaste de alguno de los elementos que conforman el conjunto cilindro-pistón.

2.2.2 Desmontaje del motor

Para poder determinar con certeza las fallas presentes en el motor es necesario realizar el desmontaje de este y sus partes, con el fin de poder observar los componentes que se presume están fallando. Para llevar a cabo el desmontaje es necesario contar con las herramientas adecuadas, como ya se mencionó anteriormente, también es necesario seguir un proceso de trabajo, metódico y ordenado, para evitar el daño o pérdida de cualquier componente del motor y facilitar el proceso de montaje posterior.

2.2.2.1 Proceso de desmontaje en busca de la avería en el sistema de compresión. El proceso de desmontaje para llegar al conjunto cilindro pistón inicia desconectando la batería, posteriormente se desconectan los cables de bujías y cualquier conductor eléctrico que deba ser retirado para permitir el retiro de la tapa de la culata, como se observa en la figura 14.

Figura 14

Retiro de la tapa de culata.



Posterior a esto, se retira la junta y el eje de balancines, el cual se desatornilla y retira suavemente, con la precaución de conservar los seguidores de levas en su ubicación original. También terminan de realizarse algunas desconexiones, como la manguera de alimentación del sistema de refrigeración, los cables de conexión del alternador, entre otros, como se observa en la figura 15.

Figura 15

Desmontaje del eje de balancines



Seguidamente de realizar las desconexiones necesarias, se procede a retirar las tuercas que mantienen unido el bloque de cilindros con la culata como se observa en la figura 16, de esta manera se puede separar la culata y acceder a las camisas y pistones del motor para así poder revisar los componentes de cada uno de los cilindros y ver cual es la razón del golpeteo escuchado en la primera inspección.

Figura 16

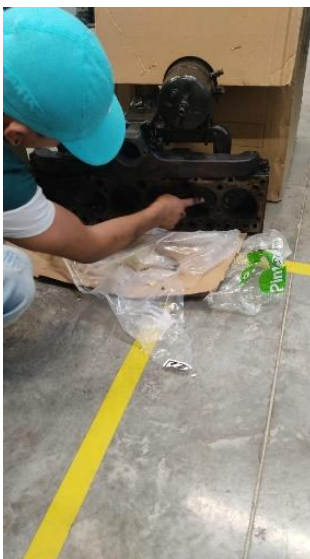
Desmontaje de la culata



Inicialmente el técnico hace una inspección visual de los conductos de admisión y escape en la culata como se puede observar en la figura 17, en busca de alguna falla evidente, como rayaduras, sopladuras o roturas.

Figura 17

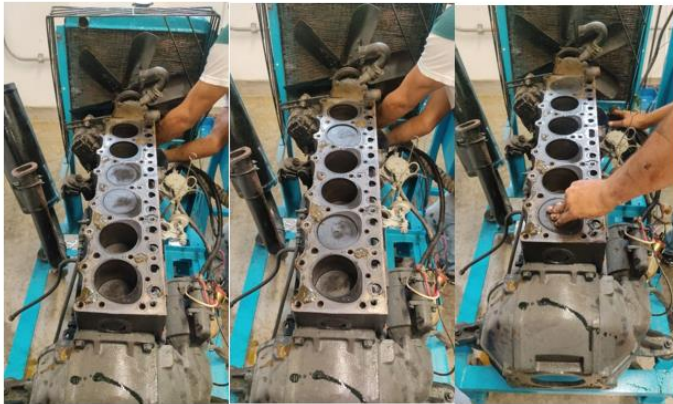
Inspección culata



Sin percibirse de ninguna avería evidente en la culata, se procede a girar el motor manualmente para observar el comportamiento de los pistones, como se observa en la figura 18.

Figura 18

Verificación de bloqueos en el movimiento de los pistones



Al realizar este proceso no se observa ningún percance en el movimiento de los pistones, lo que indica que al parecer el rectificado de los cilindros es el correcto y que el juego existente entre estos y los pistones no presenta bloqueos o interferencias.

Luego se procede a vaciar el aceite del cárter, para poder retirarlo, inspeccionar el cigüeñal y acceder a las camisas de los diferentes cilindros, para lo cual es necesario desacoplar la bomba de aceite como se observa en la figura 19.

Figura 19

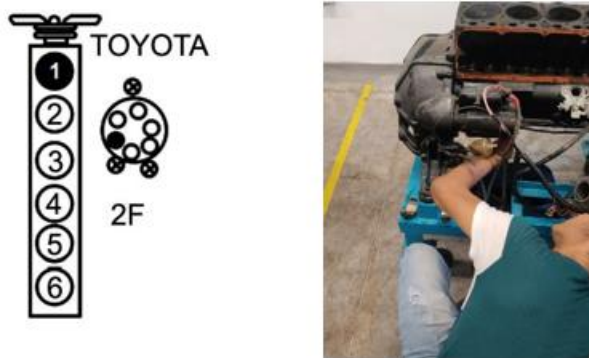
Vaciado de aceite, retiro del cárter y la bomba de aceite



Una vez retirada la bomba de aceite, se procede a desmontar uno a uno los pistones, iniciando por el lado de donde se presume proviene el ruido, es decir por los cilindros 5 y 6, según la figura 20.

Figura 20

Desmontaje pistones



Al desmontar estos 2 cilindros se observa un desgaste excesivo en los casquetes de biela del pistón número 6, en cambio el número 5 presenta poco desgaste, o un desgaste normal de trabajo, como se aprecia en la figura 21, el resto de los pistones al igual que el número 5 presentan un desgaste normal.

Figura 21

Desgaste casquetes de biela



2.2.3 Análisis diagnóstico

Después de la inspección y pruebas realizadas, analizando los problemas encontrados principalmente en el encendido del motor y el ruido de golpeteo descrito, el cual tiene raíz en el desgaste de los casquetes de biela de un pistón, se puede inferir que existen cuatro sistemas principales a los cuales prestar atención en el mantenimiento del motor:

- Sistema de arranque
- Sistema de alimentación de combustible
- Sistema de lubricación
- Sistema de compresión

Partiendo de este análisis se elabora una pequeña guía de mantenimiento presentada en la tabla 1, en la cual se detalla por sistemas y elementos las actividades a realizar así como el encargado de realizarlas y algunas observaciones.

Tabla 1

Guía de mantenimiento

SISTEMA/COMPONENTE	ACTIVIDAD	ENCARGADO	OBSERVACIONES
Sistema de Arranque			
Motor de Arranque	Desmontar y revisar que las escobillas y bujes no estén desgastados.	Eléctrico	Realizar el cambio de los componentes desgastados.
Sistema de alimentación de combustible			
Carburador	Desmontar, realizar limpieza y regular las entradas de aire y combustible.	Mecánico	Es importante realizar una buena regulación del carburador al instalarlo nuevamente, para obtener la mezcla de aire-combustible adecuada.
Bomba de combustible	Remover e inspeccionar	Mecánico	Comprobar la hermeticidad de las válvulas de retención.
Filtros y tuberías	Inspección en busca de posibles obstrucciones.	Mecánico	Realizar cambio de filtros.

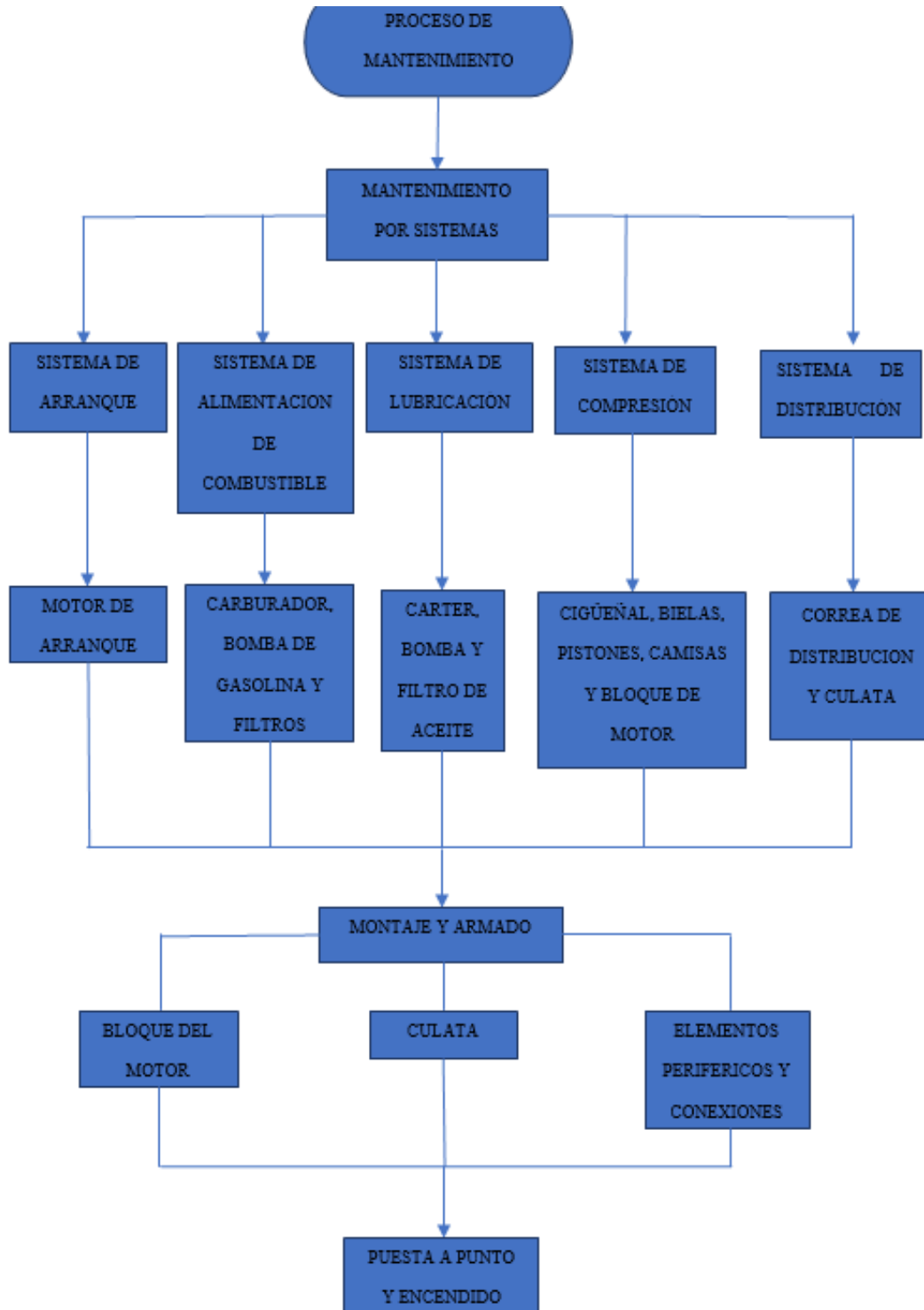
Sistema de lubricación			
Carter	Verificar que no esté roto, chueco, golpeado o fracturado.	Mecánico	Se debe remplazar el empaque o junta ubicado entre el cárter y el bloque del motor.
Filtro de aceite	Verificar si hay fugas alrededor del filtro, o si está apretado en su base.	Mecánico	Si es necesario se realiza su cambio, al instalarlo debe hacerse sin demasiada fuerza.
Bomba de aceite	Desarmar e inspeccionar en busca de elementos desgastados, o trabados.	Mecánico	Probar el funcionamiento (la succión de aceite) de la bomba, de ser necesario rectificar.
Sistema de compresión			
Cigüeñal	Inspección de los muñones del cigüeñal en busca de muescas o fisuras.	Mecánico	El Técnico mecánico mediante una inspección visual determina si hay ovalaciones o conicidad en los muñones.
Biela-Pistón	Comprobar el estado de los diferentes componentes del conjunto biela -pistón.	Mecánico	Los componentes más propensos al desgaste y recambio son los anillos del pistón, y los metales antifricción.
Camisas	Revisar que las cámaras de combustión no estén rayadas.	Mecánico	Las rayaduras hacen que se filtre aceite a la cámara de combustión disminuyendo la potencia entregada.
Sistema de distribución			
Correa de distribución	Inspección visual de la banda en búsqueda de roturas o falta de dientes.	Mecánico	En caso de estar demasiado desgastada es de vital importancia hacer el cambio, ya que es el elemento principal en la distribución y transmisión del movimiento.
Válvulas de admisión y escape	Comprobar si no están quemadas o rajadas.	Mecánico	Debe tenerse en cuenta a que guía pertenece cada válvula, para facilitar posteriormente su instalación y asentamiento.
Culata	Remover los componentes alojados en la culata para inspeccionarla.	Mecánico	Debido a la interacción entre las válvulas y las guías de la culata pueden presentarse rayaduras que dificulten el movimiento de las válvulas, entorpeciendo la combustión.

2.3 Proceso de mantenimiento

Tomando como referencia la guía de mantenimiento presentada anteriormente, se procede a realizar el mantenimiento del motor Toyota F-110, en el siguiente diagrama (ver figura 22) se presenta de manera sencilla dicho proceso.

Figura 22

Diagrama del proceso de mantenimiento



2.3.1 Sistema de arranque

2.3.1.1 Motor de arranque. Se desmonta el motor de arranque y se lleva a un taller especializado en motores de arranque, dónde un eléctrico realiza su desarme y revisión como se observa en la figura 23 , encontrando en esta, que las escobillas y bujes se encuentran bastante desgastados, por tanto procede a realizar el cambio de estos componentes por unos nuevos.

Figura 23

Despiece y revisión del motor de arranque



Nota. Adaptado de

https://www.youtube.com/watch?v=PveyffUbAwQ&ab_channel=EltallerdeJeffer

2.3.2 Sistema de alimentación de combustible

2.3.2.1 Carburador. Se realiza el desmontaje del carburador e igualmente que con el motor de arranque se lleva dónde un técnico especializado para que realice el despiece de este como se observa en la figura 24, lo inspeccione en busca de fallas y realice los ajustes necesarios para su buen funcionamiento.

Figura 24

Despiece e inspección del carburador



2.3.2.2 Bomba de combustible. Se desconectan las tuberías flexibles de combustible y se remueve la bomba , se pasa combustible a través de ella para comprobar la hermeticidad de las válvulas de retención y se comprueba el correcto funcionamiento de ésta mediante la obstrucción de algunos conductos y la aplicación de fuerza en el brazo de la bomba para cerciorarse que se bloquee o permita el movimiento de acuerdo a su operación.

2.3.2.3 Filtros y tuberías. Se realiza la inspección visual en todo el trayecto del sistema de alimentación de combustible en busca de obstrucciones o fisuras que impidan el correcto abastecimiento de gasolina al motor. Como se puede observar en la figura 25 el filtro de gasolina esta totalmente obstruído por lo cual se requiere cambiarlo.

Figura 25

Estado filtro de gasolina



2.3.3 Sistema de lubricación

2.3.3.1 Cáster. Se realizó el correcto proceso de limpieza del carter con gasolina, para retirar los asentamientos de aceite y poder realizar la inspección de este en busca de grietas o roturas, obteniendo un buen resultado de dicha inspección, ya que se encuentra en condiciones adecuadas de trabajo, como se observa en la figura 26.

Figura 26

Inspección del cárter

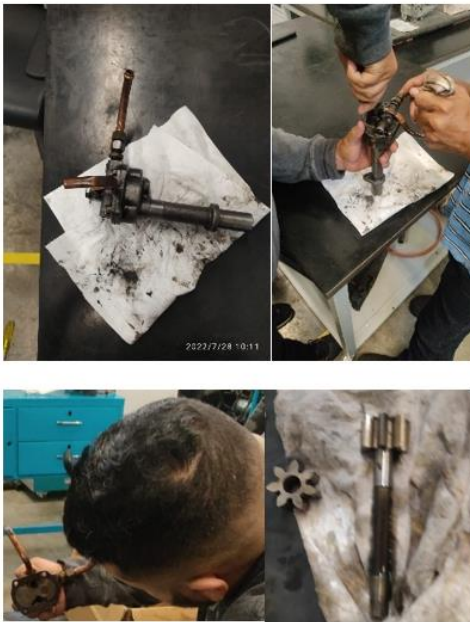


2.3.3.2 Filtro de aceite. Se realizó la inspección visual del filtro de aceite y se concluyó que necesita un recambio.

2.3.3.3 Bomba de aceite. Como la bomba de aceite ya había sido desmontada previamente se procede a su desarme para comprobar el desgaste o deterioro de sus componentes, como se muestra en la figura 27.

Figura 27

Inspección Bomba de aceite



Al realizar la inspección de los elementos que conforman la bomba se observa que de manera general se encuentran en buen estado, se procede a realizar un pequeño proceso de desbaste para rectificar las superficies de la tapa y los engranajes mediante el uso de papel de lija como se observa en la figura 28.

Figura 28

Rectificación de componentes de la bomba de aceite



Posterior a dicha rectificación se realiza una adecuada limpieza de los componentes para proceder a rearmar nuevamente la bomba, no sin antes comprobar que la bomba realmente cumple la función de succionar e impulsar el aceite de manera adecuada, dicha comprobación se observa en la figura 29, donde se hace pasar aceite a través del cuerpo de la bomba mediante el movimiento de los engranajes.

Figura 29

Comprobación del funcionamiento de la bomba de aceite



2.3.4 Sistema de compresión

2.3.4.1 Cigüeñal. Como previamente ya se han desmontado los seis pistones del motor, el técnico mecánico realiza una inspección del estado de los muñones del cigüeñal como se observa en la figura 30, en busca de algún indicio de rotura o rayaduras, sobre todo se presta atención al muñon correspondiente al piston número 6, en el cual se encontro el desgaste del casquete de biela.

Figura 30

Inspección del cigüeñal



A simple vista no se encontraron averías en el cigüeñal, por tanto no fue necesario su desmontaje y se prosiguió con la inspección del conjunto biela-pistón de cada uno de los cilindros.

2.3.4.2 Biela-Pistón. Se realizó la limpieza de los 6 pistones del motor y se dispuso como se observa en la figura 31 a revisar todo el conjunto en busca de rayaduras o roturas, se concluyó que ninguna de las bielas presenta fallas y que los pistones también se encuentran en buen estado, únicamente se observa el daño ya mencionado en los metales antifricción, los cuales requieren ser cambiados, e igualmente se requiere un cambio de los anillos del pistón, ya que presenta cierta holgura y además las rayaduras presentes en los cojinetes de biela indican una mala lubricación.

Figura 31

Inspección conjunto Biela-Pistón



2.3.4.2.1 Cambio de casquetes de biela. A continuación en la figura 32 se muestra el recambio de los metales antifricción que se encuentran entre la cabeza de la biela y el muñón del cigüeñal. Debe prestarse atención al momento de colocarlos, procurando hacer coincidir las guías de la cabeza de biela con las de los casquetes, ya que este tiene una forma correcta de hacerlo para que el agujero por donde entrará el aceite quede de manera adecuada. La instalación de dichos casquetes se realiza a presión.

Figura 32

Cambio casquetes de biela



2.3.4.2.2 Cambio de anillos del pistón. Se realiza el cambio del juego de anillos de los seis pistones como se muestra en la figura 33, teniendo la precaución de colocar cada anillo

donde corresponde, es decir los aros de compresión o también llamados aros de fuego se sitúan en la parte superior del pistón y los aros de distribución de aceite o aros rascadores en la parte inferior. También es importante que la ranura de dichos aros se encuentre opuesta a 180 grados entre cada aro, para permitir el correcto flujo de aceite.

Figura 33

Cambio anillos de los pistones



2.3.4.3 Camisas. Se realiza una inspección visual de cada una de las camisas del motor en búsqueda de rayaduras o muescas que puedan entorpecer el movimiento del pistón, en la figura 34 se muestra dicho proceso de inspección y se realiza un proceso de lijado para corregir y remover cualquier imperfección.

Figura 34

Inspección y rectificado de las camisas del bloque



2.3.5 Sistema de distribución

2.3.5.1 Banda de distribución. Se realiza una inspección visual de la banda en búsqueda de grietas, deterioro o falta de alguno de sus dientes, como se observa en la figura 35, la correa no presenta ninguno de estos signos por tanto se dejará la misma.

Figura 35

Inspección correa de distribución



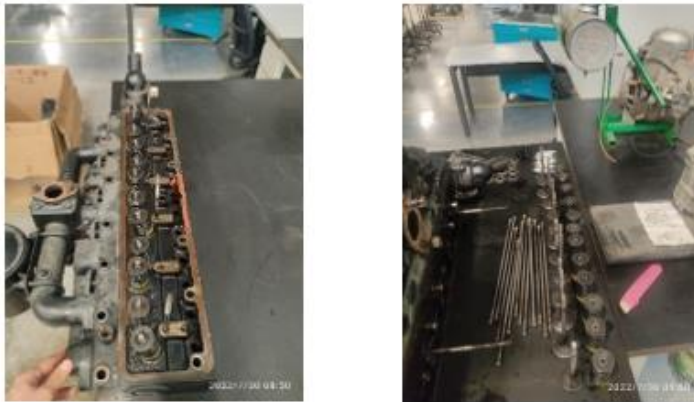
Nota. Adaptado de y editado por el autor

https://es.made-in-china.com/co_xspower/product_Cummins-Engine-Part-4bt-Engine-Fan-Belt-3288790_riussygrg.html

2.3.5.2 Culata. Se realiza el desmonte de todos los elementos alojados en la culata para poder inspeccionar a plenitud la culata buscando signos de rotura o rajaduras, se aprovecha para revisar también el estado de los componentes alojados en la culata como son: válvulas, guías, bujías, resortes, y sellos, como se observa en la figura 36. Como resultado de dicha inspección, se concluye que el estado de la culata y los componentes son aptos para seguir en funcionamiento.

Figura 36

Inspección culata y componentes



2.3.6 Montaje y armado de los diferentes componentes del motor

Luego de realizar las tareas de mantenimiento estipuladas en la guía, se procede a realizar el montaje de los diferentes sistemas y componentes del motor, procurando mantener la misma disposición que tenían los componentes en el motor antes de su desarme, también se realiza el cambio de empaques y filtros, así como una lubricación adecuada de los componentes que lo requieran.

2.3.6.1 Bloque del motor. Se da vuelta al volante de inercia como se muestra en la figura 37, con el fin de posicionar los muñones del cigüeñal de manera que embonen con la biela del pistón correspondiente.

Figura 37

Posicionamiento de los muñones del cigüeñal



Seguidamente se insertan con ayuda de un bruñidor cada uno de los pistones en su correspondiente cilindro como se observa en la figura 38, teniendo la precaución de insertar los pares de cilindros adecuados e ir girando el cigüeñal para posicionar el siguiente par de muñones y pistones.

Figura 38

Inserción de pistón



Al ajustar la cabeza de la biela, se debe tener en cuenta que los casquetes de biela y las guías de estos casen y apunten hacia el frente del motor, como muestra la figura 39, con ayuda de un torquímetro se ajustan las tuercas de la biela a 50 (lbs).

Figura 39

Ajuste de la biela al cigüeñal



Posterior a esto se instala la bomba de aceite y su soporte en la parte inferior del bloque, para posteriormente instalar el cárter como se muestra en la figura 40, teniendo la precaución de cambiar el empaque del cárter por uno nuevo y no ejercer mucha presión para evitar que este se reviente.

Figura 40

Instalación bomba de aceite y cárter



2.3.6.2 Culata. Inicialmente se realiza la limpieza a fondo de las partes a remontar, luego se procede con el asentamiento de las válvulas en su canal, este procedimiento se realiza mediante la rotación de la válvula sobre su asiento, con el fin de asegurar la hermeticidad. En este procedimiento se tiene a precaución de colocar las válvulas en su conducto correspondiente como se observa en la figura 41.

Figura 41

Asentamiento de válvulas



Inmediatamente se procede a comprimir los muelles de las válvulas como se indica en a figura 42, ayudándonos con una prensa apropiada para cambiar los sellos de las válvulas.

Figura 42

Instalación muelles de las válvulas

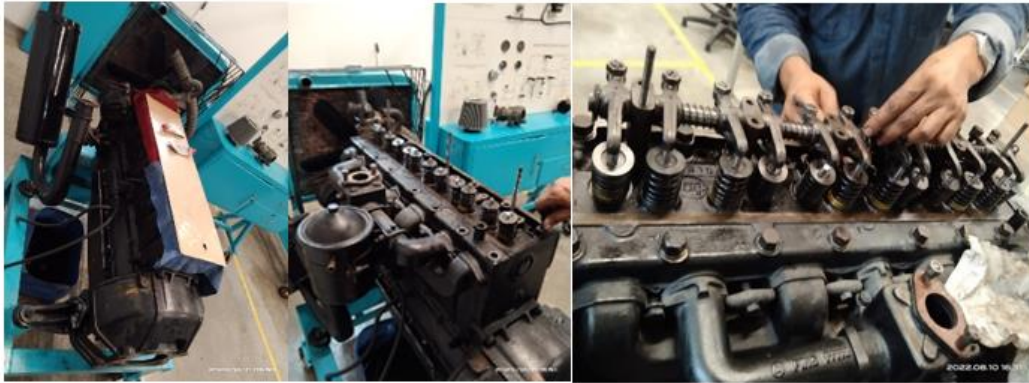


Se monta la culata previamente armada y con las válvulas asentadas en ella sobre el bloque de cilindros en posición, teniendo la precaución de cambiar la junta entre estos, teniendo en cuenta que los agujeros del aceite coincidan, se ajustan los pernos que la sujetan al bloque

(Torque 11.5-13.5 Kg-m) y se procede a instalar los balancines. Dicho procedimiento se observa en la figura 43.

Figura 43

Montaje de culata y balancines



Con el motor caliente realizamos la calibración de válvulas con ayuda del cilindro #1 en el punto muerto superior (compresión) y con ayuda del distribuidor se realiza el ajuste de las válvulas de acuerdo con las especificaciones del manual del fabricante, finalmente se coloca la tapa superior apretándola con un torque de [3,9 Kg-m]. Esto se evidencia en la figura 44.

Figura 44

Calibración de válvulas



2.3.6.3 Periféricos del motor. Una vez se ha armado el bloque del motor con el cárter y la culata, se procede a instalar los componentes periféricos del motor, como lo son la bobina, el distribuidor, el motor de arranque, batería, carburador, filtros de combustible, así como realizar las conexiones adecuadas de las tuberías flexibles, conductos de escape y los diferentes cableados que componen el motor; como son los cables de bujías, las conexiones del alternador, bobina, motor de arranque, batería, distribuidor, etc. Como se evidencia en la figura 45.

Figura 45

Montaje periféricos del motor



2.3.7 Encendido y puesta a punto del motor

2.3.7.1 Sincronización de la distribución. Instalación de la correa de distribución verificando que las marcas de sincronía entre los piñones del arbol de levas , así como entre el piñon del cigüeñal y el bloque de cilindros estén alineadas, en la figura 46 se aprecia esta alineación.

Figura 46

Alineación de marcas de referencia

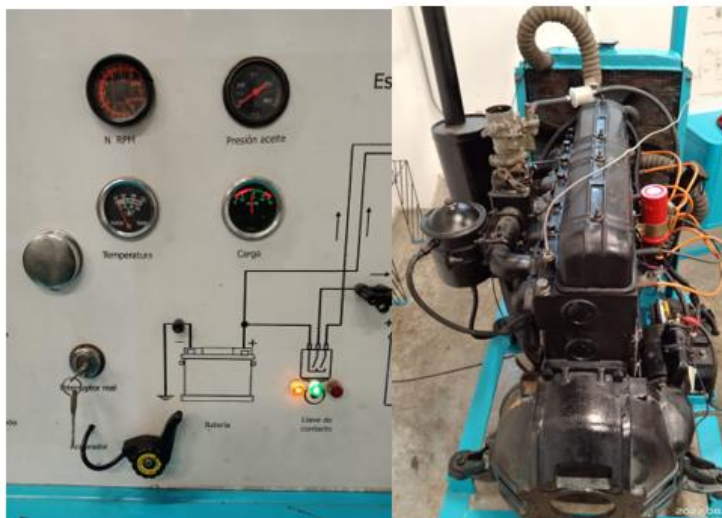


Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 43), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

2.3.7.2 Encendido. Habiendo realizado el mantenimiento adecuado al motor y los diferentes componentes del mismo, y posterior a su adecuado armado, montaje y sincronización, se procede a dar marcha al mismo (ver figura 47) para comprobar su correcto funcionamiento, observándose en este proceso que el motor arranca sin ningún problema y no se aprecia ninguna señal o ruido extraño que indique alguna falla.

Figura 47

Encendido del motor



3. Diseño, adecuación y desarrollo del banco

En este capítulo se presenta de manera ordenada el proceso de diseño del banco didáctico, así como las adecuaciones necesarias realizadas para poder llevar a cabalidad diferentes prácticas para cada uno de los 7 sistemas propuestos.

Inicialmente se realiza una caracterización de cada uno de los sistemas teniendo en cuenta los parámetros, requerimientos y limitaciones presentes al momento de realizar las prácticas, para a partir de esta caracterización plantear diferentes alternativas de diseño del banco didáctico las cuales se evaluarán teniendo en cuenta criterios como: espacio, costo, durabilidad, complejidad de manejo, construcción y mantenimiento, para así seleccionar la alternativa más adecuada de acuerdo al uso y funcionamiento que tendrá dicho banco. De manera posterior se realiza la documentación de todo el proceso constructivo y de adecuación del banco. El proceso se detalla de mejor manera en el diagrama de la figura 48.

Figura 48

Diagrama del proceso de diseño



3.1 Diseño conceptual

En esta sección inicial del diseño se estudian los parámetros y limitaciones para tener en cuenta en el desarrollo adecuado del banco didáctico, para que este permita el correcto

desarrollo de prácticas que proporcionen al estudiantado una interacción más directa con el funcionamiento y los sistemas de un motor de combustión interna.

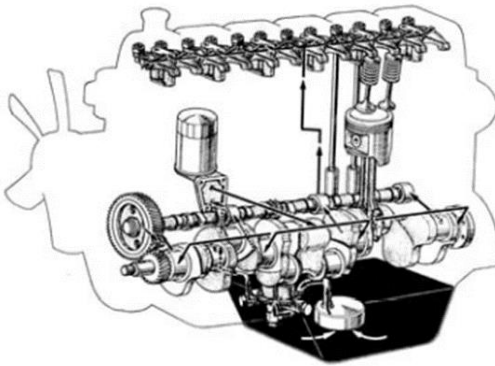
3.1.1 Caracterización de los sistemas del banco y sus prácticas

En este apartado se realiza una breve caracterización de los sistemas a estudiar que constituirán el banco didáctico teniendo en cuenta la información presentada en la fundamentación teórica, con el fin de determinar las posibles prácticas a realizar y el modelo del banco que será implementado para el desarrollo de dichas prácticas.

3.1.1.1 Sistema de lubricación. En la figura 49 se presenta un esquema del sistema de lubricación.

Figura 49

Diagrama sistema de lubricación



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 25), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

3.1.1.1.1 Parámetros. El elemento de mayor importancia en este sistema es la bomba de aceite, la cual se encuentra ubicada en la parte posterior del motor y cubierta por el Carter. Otro parámetro de importancia es el aceite lubricante, el cual está depositado en el cárter y se tiene acceso a este mediante la varilla medidora.

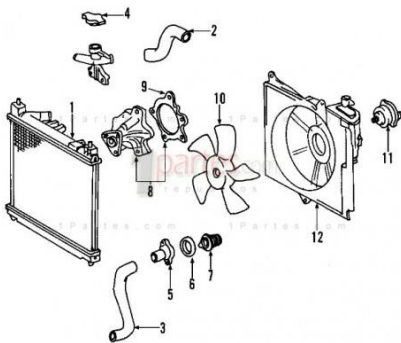
3.1.1.1.2 Requerimientos. Interactuar con los componentes principales del sistema para inspeccionarlos y conocer mejor su funcionamiento.

3.1.1.1.3 Limitaciones. Los componentes principales son de difícil acceso y además debido a su gran relevancia, es importante no afectar su correcto funcionamiento.

3.1.1.2 Sistema de enfriamiento. En la figura 50 se presenta un esquema del sistema de enfriamiento.

Figura 50

Diagrama sistema de enfriamiento



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 31), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

3.1.1.2.1 Parámetros. Los componentes más importantes son la bomba de agua que proporciona la presión para que el agua recorra todo el sistema, y el radiador que se encarga de retirar el calor absorbido por el agua.

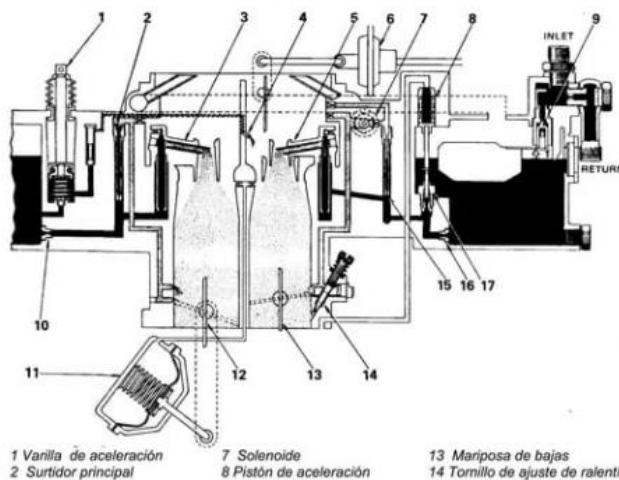
3.1.1.2.2 Requerimientos. Comprender el funcionamiento de la bomba de agua y radiador, así como los parámetros que determinan su correcto funcionamiento, mediante la inspección de estos.

3.1.1.2.3 Limitaciones. Ubicación de la bomba, falta de herramientas para la medición de la presión en el radiador del motor.

3.1.1.3 Sistema de alimentación de combustible. En la figura 51 se presenta un esquema del carburador, principal elemento del sistema de alimentación de combustible del motor estudiado.

Figura 51

Diagrama carburador



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 48), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

3.1.1.3.1 Parámetros. El sistema de alimentación de combustible se compone principalmente por la bomba de combustible, el carburador y elementos como tuberías y filtros.

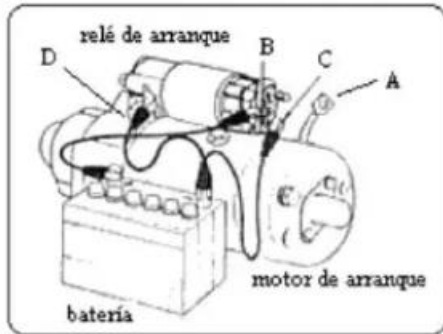
3.1.1.3.2 Requerimientos. Entender y comprobar el funcionamiento de la bomba de combustible y el carburador, reconocer el estado de los filtros.

3.1.1.3.3 Limitaciones. Los componentes principales como son el carburador y la bomba de alimentación de combustible son de gran importancia en el motor, es importante no afectar su correcto funcionamiento mediante su constante montaje y desmontaje.

3.1.1.4 Sistema de arranque. En la figura 52 se presenta un esquema del sistema de arranque.

Figura 52

Diagrama sistema de arranque



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 27), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

3.1.1.4.1 Parámetros. En este sistema los componentes principales son el motor de arranque, el cual es vital para el funcionamiento del motor, también un elemento de mucha importancia es la batería ya que es la que suministra la energía al motor de arranque.

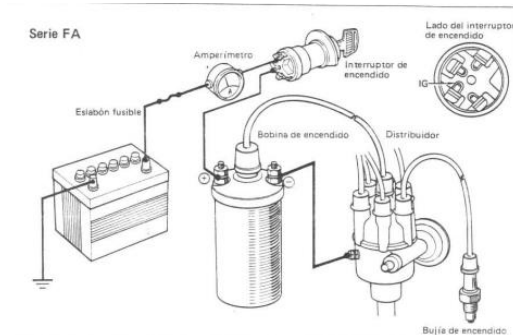
3.1.1.4.2 Requerimientos. Comprobar el estado de los componentes principales del sistema de arranque.

3.1.1.4.3 Limitaciones. El desmontaje, desarme y montaje del motor de arranque es un proceso complejo y de sumo cuidado.

3.1.1.5 Sistema de encendido o ignición. En la figura 53 se presenta un esquema del sistema de ignición.

Figura 53

Diagrama sistema de encendido o ignición



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 33), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

3.1.1.5.1 Parámetros. Los elementos que componen el sistema de encendido como son la bobina, el distribuidor, las bujías y sus cables funcionan mediante conceptos eléctricos.

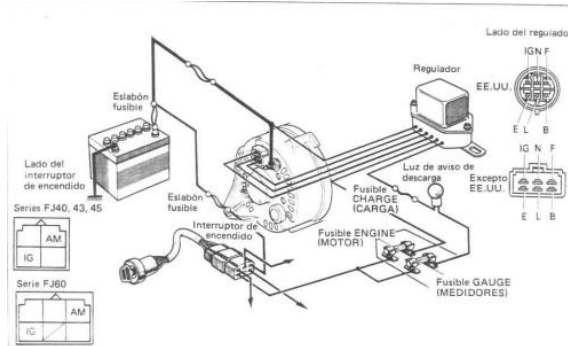
3.1.1.5.2 Requerimientos. Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de encendido mediante la verificación del estado de sus componentes.

3.1.1.5.3 Limitaciones. No existe un proceso establecido para realizar dicha comprobación en el banco motor existente.

3.1.1.6 Sistema de carga. En la figura 54 se presenta un esquema del sistema de carga.

Figura 54

Diagrama Sistema de carga



Nota: Adaptado de Toyota Motor Sales, 1972 (p. 34), F Engine Repair Manual, Export Technical Department

3.1.1.6.1 Parámetros. El elemento fundamental en este sistema es el alternador, que permite la carga la batería.

3.1.1.6.2 Requerimientos. Comprender el funcionamiento del sistema y del alternador mediante su inspección, así como el estado de la batería.

3.1.1.6.3 Limitaciones. El desmontaje y desensamble constante del alternador para su inspección puede ocasionar daños en el mismo.

3.1.1.7 Sistema de admisión y escape. En la figura 55 se presenta un esquema del sistema de admisión y escape.

Figura 55

Diagrama sistema de admisión y escape



Nota. Adaptado de

https://www.academia.edu/35744555/DESENSAMBLE_Y_DIAGNOSTICO_DE_MOTORES

3.1.1.7.1 Parámetros. Uno de sus componentes principales son las válvulas de admisión y escape, estas controlan la entrada y salida de la mezcla aire-combustible y de los gases de combustión respectivamente, la cantidad adecuada de aire en la mezcla de combustión es un factor clave. La presión en el sistema de admisión, así como la contrapresión en el escape son factores importantes del sistema.

3.1.1.7.2 Requerimientos. Inspeccionar y comprobar el correcto estado de las válvulas sus componentes, así como verificar una buena relación de aire.

3.1.1.7.3 Limitaciones. No se dispone de los elementos adecuados para medir los factores de presión.

3.1.2 Planteamiento de alternativas

Basándonos en la caracterización hecha previamente de los sistemas que se piensan abordar y teniendo en cuenta sobre todo las variables y elementos más importantes de cada sistema se propondrán tres alternativas de diseño para el funcionamiento del banco didáctico.

De acuerdo con los sistemas y componentes que se pretenden evaluar en las practicas que se propondrán se estudian tres modelos para el banco con diferentes estilos de trabajo, los cuales son:

- **Modelo 1:** Trabajar con el motor desmontando y montando las diferentes partes que así lo requieran para su estudio, incluso generando fallas intencionales para que los estudiantes las descubran.

- **Modelo 2:** Realizar las pruebas a través del uso de sensores y componentes externos despiezados similares a los presentes en los sistemas del motor para explicar su funcionamiento y métodos de examen.

- **Modelo 3:** De acuerdo con los requerimientos de la práctica se trabaja directamente en el motor o con piezas externas, dependiendo de la complejidad de la práctica y de su intrusión en el equipo, buscando que las pruebas sean más interactivas, pero sin poner en riesgo la integridad del banco o de los estudiantes.

3.1.3 Selección de alternativa

3.1.3.1 Criterios de evaluación. Para facilitar la selección de la mejor alternativa entre las tres propuestas, se evaluaran criterios como:

- **Durabilidad:** Propiciar o propender una larga vida de los diferentes componentes del banco.

- **Manipulación:** Al momento de realizar las practicas debe ser práctico y sencillo.

- **Costo:** Fácil construcción y mínimo costo.

- **Mantenimiento:** Baja frecuencia e intensidad de fallas en los componentes del banco.

- **Interacción:** Hace referencia a la capacidad de interaccionar que ofrece el banco al estudiante.

3.1.3.2 Puntuación de alternativas. En base a los criterios de selección expuestos anteriormente se realizó una tabla para puntuar de 1 a 5, siendo 1 la menor calificación y 5 la más alta, cada uno de los criterios en referencia al modelo propuesto, esta información se presenta a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2

Puntuación de las alternativas

ALTERNATIVA	CRITERIOS DE SELECCIÓN														
	Durabilidad			Mantenimiento			Manipulación			Costo			Interacción		
Modelo 1	X			X			X					X			X
Modelo 2			X			X			X		X			X	
Modelo 3			X			X			X		X				X

Se realiza la suma del puntaje obtenido en cada uno de los criterios y se divide en la cantidad de criterios (cinco), para obtener así una puntuación de 1 a 5 en cada uno de los modelos propuestos, así:

- **Modelo 1:** 2.8 sobre 5
- **Modelo 2:** 3.2 sobre 5
- **Modelo 3:** 3.8 sobre 5

En base a la puntuación obtenida de cada una de las alternativas se concluye que el modelo más adecuado y por ende el que se va a utilizar, es el modelo híbrido que permite una interacción directa con algunos parámetros de los sistemas y componentes del motor en funcionamiento e incluye una parte más expositiva que también posee interacción con elementos

del motor, pero están fuera de este, sin la necesidad de desmontarlas del motor e interferir con su correcto funcionamiento, permitiendo que el mismo se conserve en el mejor estado posible.

3.1.4 Caracterización de bancos auxiliares

De acuerdo con la caracterización de los sistemas realizada previamente, en la que se identifican los componentes y parámetros principales de cada sistema, se hace un análisis por sistema de la viabilidad de realizar pruebas que expliquen o verifiquen el funcionamiento y estado de dichos componentes y parámetros principales.

3.1.4.1 Análisis por sistema. Se realiza el análisis por separado para cada sistema, como se presenta a continuación.

3.1.4.1.1 Sistema de arranque. En el laboratorio de máquinas térmicas alternativas se dispone de un analizador digital de motores, mostrado en la figura 56, que permite realizar mediciones no intrusivas de varios parámetros del sistema de arranque, y determinar su estado y el de sus componentes. Por tanto, no es necesario la implementación de un banco auxiliar.

Figura 56

Analizador digital de motores



3.1.4.1.2 Sistema de carga de la batería. Al igual que en el sistema de arranque, la mayoría de las mediciones son de tipo eléctrico, y por tanto se puede utilizar el analizador digital de motores para verificar el estado del sistema y algunos de sus componentes, sin embargo, se

considera necesario realizar un banco auxiliar que permita el despiece del elemento principal de dicho sistema, el alternador, en busca de realizar una buena explicación de su funcionamiento e inspección.

3.1.4.1.3 Sistema de encendido. La inspección y funcionamiento de componentes principales del sistema como la bobina, el distribuidor, los cables de bujías entre otros, se puede realizar con el analizador digital de motores. Sin embargo, muchas fallas del motor pueden determinarse a través del estado de sus bujías, por tanto, se considera pertinente la elaboración de un banco auxiliar que permita realizar su inspección.

3.1.4.1.4 Sistema de lubricación. En el sistema de lubricación los elementos principales son el aceite o lubricante y el elemento encargado de impulsarlo hacia las diferentes partes del motor, es decir, la bomba de aceite. Como la bomba está ubicada dentro del cárter, su acceso es complicado, por tanto, se ve la necesidad de la realización de un banco auxiliar que permita explicar su funcionamiento, además también se considera importante categorizar el lubricante, por tanto, se propende la realización de un banco auxiliar que lo permita.

3.1.4.1.5 Sistema de enfriamiento. En este sistema el radiador es quien tiene la función principal de disipar el calor extraído del motor mediante el refrigerante, por ello en las adecuaciones se plantea la instalación de un sistema de medición que permita conocer las temperaturas de entrada y salida del refrigerante en el radiador. Un factor importante en el radiador es la hermeticidad de este, ya que se requieren ciertas condiciones específicas de temperatura y presión para conseguir la transferencia de calor deseada. Sin embargo, debido a que no se cuenta con la instrumentación adecuada, que es un probador de radiador y tapas, conocido también como tester de fugas. Además, teniendo en cuenta su elevado costo, se

considera necesario realizar un banco auxiliar en el que se pueda evaluar de manera más sencilla la hermeticidad del radiador.

3.1.4.1.6 Sistema de admisión y escape. Este sistema es el encargado de controlar la entrada de aire y la expulsión de los gases de combustión en el motor, es decir está relacionado directamente con la combustión y en consecuencia con la potencia del motor; se pueden realizar algunas pruebas de potencia directamente en el motor mediante el uso del analizador digital de motores, que pueden ayudar a detectar posibles fallas en este sistema. También se considera necesario realizar un banco auxiliar con algunos componentes importantes en este sistema como son las válvulas y los muelles de estas.

3.1.4.1.7 Sistema de alimentación de combustible. Para no intervenir en el motor los componentes principales del sistema de alimentación de combustible, se propende la realización de bancos auxiliares que permitan un estudio más profundo de dichos componentes, como son la bomba de agua y el carburador.

3.2.1 Estado actual del banco

Se realiza una inspección de los elementos que componen el banco en busca de comprobar su estado, funcionamiento y determinar las adecuaciones y elementos auxiliares que deben realizarse.

El banco base está conformado por el motor de combustión Toyota, el banco auxiliar de encendido electrónico y la parte estructural que sostiene estos componentes.

3.2.1.1 Componente estructural. El banco inicialmente cuenta con dos estructuras, una de ellas es la estructura soporte del motor, la cual se detalla a continuación.

3.2.1.1.1 Estructura soporte del motor. En la figura 57 se observa la estructura soporte del motor.

Figura 57

Estructura soporte del motor

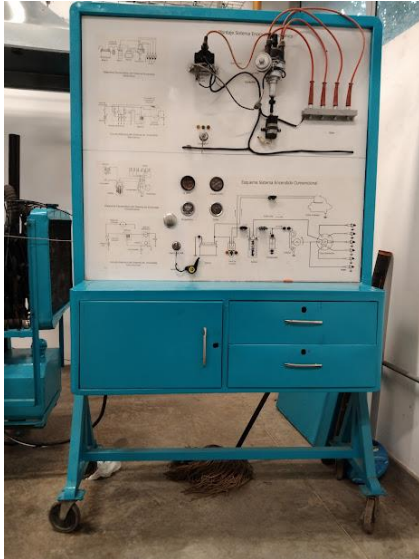


Su función principal es sostener el motor, ya sea apagado o en marcha, está diseñado para que soporte las vibraciones que genera el motor, además de asegurar su fácil desplazamiento. La estructura está fabricada en ángulo de acero ASTM A36 de 1 ½ in x ¼ in, que cumple con las condiciones necesarias a la que está sometido el motor, así mismo cuenta con unas ruedas con soporte metálico en acero estampado, diseño de doble esfera y rueda hecha de caucho termoplástico tpr, para su fácil movimiento. El estado actual de la estructura es bueno, por lo cual no requiere de modificaciones, mantenimiento o cambio de componentes.

3.2.1.1.2 Estructura soporte del banco de encendido electrónico. En la figura 58 se observa la estructura del banco de encendido electrónico.

Figura 58

Estructura del banco de encendido electrónico



Su función es simular el mando en un carro donde se tienen todos los indicadores y el sistema de encendido del motor, generando mayor facilidad para apreciar las rpm de motor, temperatura, carga de batería. También aloja el banco auxiliar de sistema de encendido electrónico. La estructura del banco está construida por ángulo de acero ASTM A36 de 1 in x 1/8, lámina de acero calibre 14 y madera para la adecuación de los sistemas de medición. La estructura del banco auxiliar de mando se encontraba en condiciones óptimas lo que no fue necesario realizarle ningún tipo de adecuaciones y mantenimiento.

3.2.1.2 Motor de combustión. En la figura 59 se observa el motor de combustión interna Toyota F-110.

Figura 59

Motor de combustión



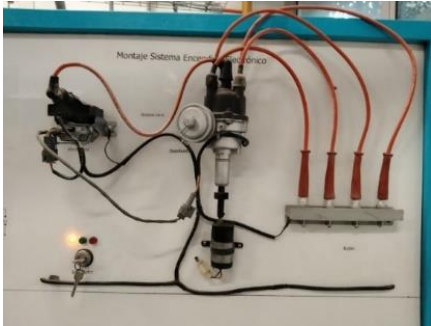
Es el componente principal del banco, ya que es el que permite evidenciar visualmente el funcionamiento de una máquina de combustión interna y la comprobación del estado de este y de algunos de sus sistemas mediante la toma de datos provenientes del mismo.

Al motor del banco como se evidenció en el capítulo 1 se le realizó un mantenimiento de acuerdo con el diagnóstico realizado al mismo, por tanto, se encuentra en condiciones óptimas de trabajo; Sin embargo, se observa que se requiere de ciertas adecuaciones en algunos sistemas para hacer más seguro su uso y obtener mediciones de algunos parámetros importantes. La única observación para notar es que el carburador no contaba con guaya para acelerar el motor de manera remota.

3.2.1.3 Banco auxiliar de encendido electrónico. En la figura 60 se observa el banco de encendido electrónico.

Figura 60

Banco de encendido electrónico



3.2.2 Adecuaciones e instalaciones

Con base en el estado actual del banco y la caracterización de los sistemas realizada en el diseño conceptual, teniendo en cuenta el modelo de trabajo que se implementará en el desarrollo de las prácticas se seleccionan los elementos necesarios y las adecuaciones e instalaciones necesarias para cumplir con los requerimientos básicos para la realización de las pruebas. En el análisis del estado actual del banco realizado en el apartado anterior, se observaron ciertas carencias y falencias de algunos sistemas expuestos a continuación.

3.2.2.1 Sistema de ventilación. En la figura 61 se muestra el sistema de ventilación existente.

Figura 61

Sistema de ventilación



Se observa que sistema de escape no está conectado directamente al ducto del sistema de extracción y evacuación de gases, lo cual es un problema, ya que este sistema debería ser lo más hermético posible debido la nocividad de dichos gases.

Se realizan mediciones de las tuberías de ambos sistemas, en aras de visualizar y proponer una solución adecuada. El tubo del salida de escape y el de entrada al extractor de gases tienen un diámetro de 6 cm y la distancia entre estos es de 50 cm, para esto se plantean dos posibles soluciones:

- Utilizar un tubo de acero de 6 cm y un largo de 50cm como el mostrado en la figura 58 con dos bridas soldadas al escape y al tubo del extractor dejando hermético e inamovible el banco.

Figura 62

Tubo de acero



Nota. Adaptado de

<http://es.worldironsteel.com/3pe-3pp-fbe-pipe/api-5l-5ct-flange-welded-hdpe-steel-pipe.html>

- Utilizar manguera flexible como la mostrada en la figura 63, con un diámetro de 6 cm y adaptada con acoples que soporten las condiciones de trabajo y temperatura, superiores a los 350°C, la flexibilidad del ducto permite la movilidad del banco lo cual es deseable.

Figura 63

Manguera flexible



Nota. Adaptado de

<https://www.polypro.com.co/acople-flexible-en-acero-inoxidable-para-calentador/>

3.2.2.2 Sistema de aceleración de marcha. En la figura 64 se observa la falta de un sistema de aceleración que evite la manipulación directa.

Figura 64

Aceleración de marcha mediante manipulación directa del carburador



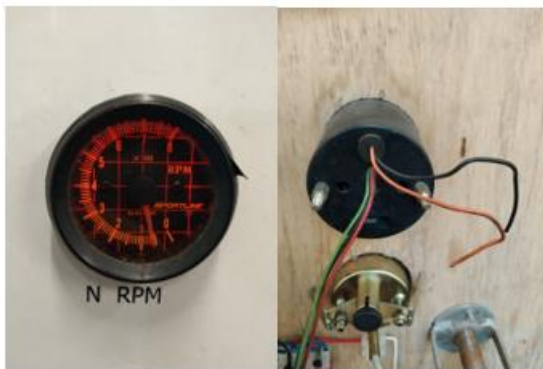
El motor no cuenta con un sistema apropiado para acelerar la marcha de este, es decir hay un nulo control de la marcha, la única forma de acelerar o desacelerar el motor, es a través de la manipulación directa del carburador, lo cual es inadecuado e inseguro. Por tanto, se busca y plantea una solución que permita controlar las revoluciones del motor remotamente sin poner en riesgo la integridad de los componentes del motor, ni del estudiantado. Se propone adecuar un

sistema de cambios de bicicleta con guaya, para adaptárselo al carburador y permitir la aceleración motor desde el banco auxiliar de mando, empleando un resorte en la palanca del carburador para que cuando se deje de imprimir fuerza para acelerar el motor, este resorte regrese la marcha a su mínimo.

3.2.2.3 Sistema de medición. Se observa luego de la inspección del motor, que uno de los dispositivos de medición, más concretamente el tacómetro no está funcionando, como se observa en la figura 65, en búsqueda de poder contar con el parámetro de las rpm del motor, se analizan las conexiones necesarias para su funcionamiento y se hace un diagrama con el paso a paso necesario para revisar y arreglar dichas conexiones.

Figura 65

Condición y conexiones del tacómetro



3.2.2.4 Sistema de enfriamiento. Uno de los parámetros más importantes en dicho sistema es la transferencia de calor, mediante la cual se evacua el calor generado en los diferentes sistemas del motor, por tanto, se considera de gran importancia contar con algunos datos que permitan de alguna manera realizar una estimación aproximada del calor transferido en el proceso de enfriamiento o de otros parámetros relacionados con el mismo. De acuerdo con lo expuesto anteriormente se sugiere colocar un sistema de medición a la salida y entrada del

radiador, buscando conocer las temperaturas de entrada y salida del agua. Se propone la implementación de termómetros analógicos en la manguera que transporta el agua dentro y fuera del radiador. Para la adecuación de los termómetros se implementó un tubo del diámetro interno de la manguera, la cual es de 20 cm de largo, se cortaron y unieron los dos tramos de manguera dejando espacio para la instalación del termómetro mediante una tuerca soldada para que se pudiese enroscar como se observa en la figura 66.

Figura 66

Instalación de termómetros análogos



3.2.3 Diseño y construcción de los bancos auxiliares

Se realiza el proceso de diseño y construcción por sistemas en un mismo apartado con el fin de una mejor comprensión del sistema que se está proponiendo.

3.2.3.1 Sistema de lubricación.

3.2.3.1.1 Fase de diseño. Se diseñan dos bancos auxiliares para la interacción con el sistema de lubricación, se propone la utilización de una bomba de aceite de lóbulos y otra de engranajes para su comparación y manipulación, además de un banco de aceites para su caracterización.

- **Caracterización pruebas.** Las pruebas para realizar en el banco auxiliar de bombas de aceite serán la inspección y comparación de los dos tipos de bombas, además de la manipulación de los elementos con el fin de identificar las partes internas que contiene la bomba de aceite. En el banco auxiliar de aceites se pretende realizar una inspección visual de viscosidad, caracterizando el aceite y determinando las fallas en aceites quemados y contaminados.

- **Componentes necesarios para su construcción.**

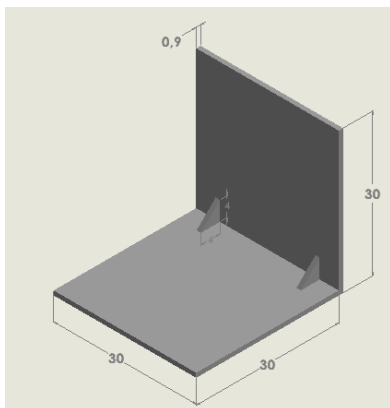
- **Banco auxiliar de bombas de aceite:** Bomba de aceite de engranajes, bomba de aceite de lóbulos, madera, tornillos, acrílico, pintura.

- **Banco auxiliar de viscosidad de aceites:** Tubos de ensayo, madera, cilindro de madera, tornillos, aceite de motor en diferentes condiciones.

- **Diseño soportes.** Se diseñó un soporte en madera para alojar las bombas de aceite, se incluirá en las superficies de este una breve descripción de las partes que las conforman, así como el proceso de despiece de las bombas. A continuación, en la figura 67 se muestra cómo sería la estructura soporte con sus respectivas medidas.

Figura 67

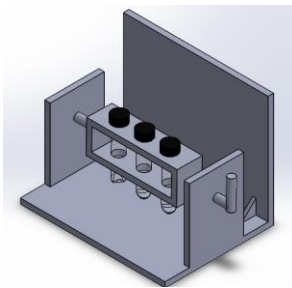
Estructura soporte bomba de aceite



Se diseñó un soporte utilizando madera, colocando unos tubos de ensayo donde va alojado tres tipos de aceite (Ver figura 68), aceite limpio, aceite quemado y aceite contaminado. Se realizará la caracterización del aceite determinando la viscosidad y el tipo, además diferenciando las viscosidades cuando se presentan estas tres situaciones.

Figura 68

Estructura soporte aceites.

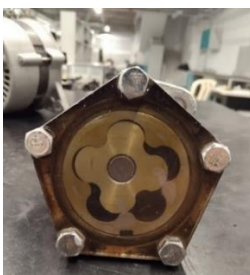


3.2.3.1.2 Fase de construcción.

- **Banco auxiliar bomba de aceite.** Con la madera cortada a las medidas indicadas en la fase de diseño, se procede a la construcción de las cajas o soportes donde van alojadas cada una de las bombas de aceite. Al tener armada la base, se montó la bomba de aceite dependiendo el uso que se le va a dar, por ejemplo, la bomba de lóbulos es una inspección visual de su funcionamiento, se retiró la tapa inferior de la bomba y se le colocó acrílico como se puede ver en la figura 69.

Figura 69

Bomba de lóbulos

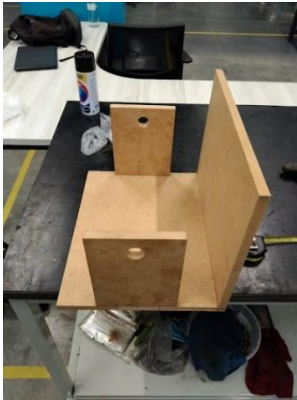


La bomba de engranajes debe ser desmontable porque esta se desarma para comprobar las partes internas de la bomba y su mantenimiento. Los soportes quedan armados y se introduce la información necesaria de las partes que la conforman y su funcionamiento.

- **Banco auxiliar de aceites.** Se realizó la construcción de la maqueta con todos los elementos mencionados en la fase de diseño (ver figura 70), para cumplir con la función necesaria para la inspección de aceites.

Figura 70

Estructura soporte aceites.



3.2.3.2 Sistema de alimentación de combustible.

3.2.3.2.1 Fase de diseño. En el sistema de alimentación, se diseña un banco para la comprensión del funcionamiento de la bomba de gasolina, por la difícil manipulación de la bomba de gasolina, ya que, la bomba es mecánica y trabaja por el movimiento de la leva. La prueba para realizar es el despiece de la bomba, por lo cual necesitamos que el banco sea desmontable para la interacción con la bomba de combustible.

- **Elementos necesarios para su construcción:** Bomba de combustible mecánica motor Toyota, Madera, tornillos.

3.2.3.2.2 Fase constructiva. Después de tener la madera con las medidas para colocar la bomba y su información, se creó la base de la maqueta y se colocó la bomba de gasolina mecánica dejando un fácil desmonte de esta, como se observa en la figura 71. Finalmente se pintan los elementos y se coloca la información de la bomba, su funcionamiento y partes para la interacción con la bomba.

Figura 71

Banco bomba de combustible



3.2.3.3 Sistema de enfriamiento.

3.2.3.3.1 Fase de diseño. Para los elementos como la bomba de agua y el radiador en el motor Toyota, debido a su difícil desmontaje, se elaboran bancos auxiliares para explicar su funcionamiento y tener mejor interacción con los elementos sin afectar el funcionamiento del banco principal del motor Toyota.

Las pruebas que se realizan en los dos bancos auxiliares en el sistema de enfriamiento son primeramente una inspección visual de la bomba de agua y determinar las partes que la conforman y en segundo lugar en el banco auxiliar de radiador se realiza una prueba de fugas para determinar fallas en el elemento. Elementos necesarios para la construcción de cada banco:

- **Banco auxiliar bomba de agua:** Bomba de agua, madera, tornillos.
- **Banco auxiliar radiador:** Radiador, 2 tapones de goma de 1 ¼ in, abrazaderas de 1 ½ in, racor de ¼ in, tapón de goma de ¼ in, manguera de 1/8 in x 15 cm, válvula de regulación, reducciones de 3/16 a ¼ in, manómetro, bomba de aire manual, tina de 50 x 80 cm.

3.2.3.3.2 Fase de construcción. Utilizando la madera previamente cortada a medida necesaria para el banco se realiza la base de la maqueta. La bomba de agua es necesario quitarle la tapa inferior para apreciar mejor los elementos internos que la conforman, se pintan las partes (ver figura 72) y finalmente se coloca la bomba en la base, buscando una fácil manipulación para la inspección visual de sus elementos y con ayuda de la información de partes y funcionamiento de la bomba que quedan ilustrados en la maqueta.

Figura 72

Bomba de agua



Para la prueba de fugas del radiador se implementa una cabeza de prueba para inyectar el aire hacia el radiador totalmente hermético para determinar las fallas en el sistema, la cabeza de prueba se conecta al radiador; el radiador con ayuda de los tapones se adecúa para que quede

dispuesto para la prueba (ver figura 73), finalmente se utiliza la tina para sumergir el radiador para comenzar la prueba.

Figura 73

Banco auxiliar radiador



3.2.3.4 Sistema de carga.

3.2.3.4.1 Fase de diseño. El difícil acceso al alternador, debido a la cercanía al ventilador del motor, lo cual hace que sea peligrosa su manipulación directa en el motor Toyota, lo que hace indispensable realizar un banco auxiliar para entender y manipular el alternador, determinando su funcionamiento y las partes que lo conforman.

La prueba a realizar es el desensamble del alternador para interactuar internamente con las partes que lo conforman, comprender su funcionamiento y determinar posibles fallas que puedan ocurrir.

- **Elementos necesarios para la fabricación del banco auxiliar:** Alternador motor Toyota F-2F, madera, tornillos.

3.2.3.4.2 Fase de construcción. Para el desmonte del alternador se realizó una maqueta con una base de madera con medidas y condiciones adecuadas para sostener el alternador y facilitar su manipulación para su desarmado (ver figura 74). Finalmente, en la base de la maqueta

se suministrará información del funcionamiento y partes que conforman el alternador del motor Toyota F.

Figura 74

Banco auxiliar alternador



4. Desarrollo de las guías prácticas y manual de mantenimiento preventivo

En esta sección se realizan las diferentes guías para el desarrollo de las prácticas de los 7 sistemas propuestos inicialmente. El banco didáctico posee siete (7) sistemas disponibles para la realización de pruebas que permitan una mejor comprensión del funcionamiento de un motor de combustión interna. Estos sistemas son: Arranque, Ignición, Carga, Alimentación de combustible, lubricación, enfriamiento, admisión y escape. A continuación, se muestra la estructura y contenido general de las guías para el desarrollo de las prácticas correspondientes a cada sistema, también se muestra el desarrollo de una prueba, esto con el objetivo de no extender demasiado el contenido del libro. El contenido completo de la guía general de prácticas,

así como cada una de las prácticas se detalla por sistema en los **Apéndices A, B, C, D, E, F, G** y **H**. El manual de mantenimiento preventivo se detalla en el **Apéndice I**.

4.1 Estructura de las guías

Cada uno de los siete sistemas mencionados en el apartado anterior cuenta con una guía para el desarrollo de prácticas, la organización en dichas guías es de la siguiente manera:

- **Objetivos de la práctica:** apartado en el cual se describen los objetivos de cada práctica.
- **Introducción:** pequeño resumen de lo que se busca con la práctica y lo que se realizará.
- **Materiales y equipo necesario:** listado de elementos necesarios para el desarrollo de la práctica.
- **Fundamentos teóricos:** teoría relevante relacionada con el sistema desarrollado en la práctica.
- **Desarrollo paso a paso de las pruebas:** guías que detallan el paso a paso que debe seguirse en la realización de las prácticas.
- **Cuestionario:** listado de preguntas referentes al sistema analizado y al desarrollo de las prácticas.

4.2 Instructivo de una práctica en motor

Con el fin de dar un vistazo inicial al lector, se presenta el instructivo de desarrollo de una práctica en el banco motor, en el cual se detalla paso a paso mediante la inclusión de imágenes, el procedimiento a seguir para el adecuado desarrollo de la práctica.

4.2.1 Práctica de capacidad de batería

El propósito de dicha prueba es comprobar la capacidad de la batería para mantener su carga.

1. Realice la conexión de los cables de energía del analizador a la batería como se especifica en las conexiones básicas en la explicación general del Alltest. Ver figura 75.

Figura 75

Conexiones básicas



2. Seleccione la función VOLTS en el selector de funciones del analizador y conecte la sonda TDV como se muestra en la figura 76.

Figura 76

Conexión sonda TDV



3. Conecte el cable Rojo/Voltios al terminal (+) de la batería. Ver figura 77.

Figura 77

Conexión cable Rojo/Voltios



4. Desconecte el cable de alto voltaje que va de la bobina al distribuidor, desconéctelo en la tapa de este y póngalo a masa con una superficie metálica del motor. Ver figura 78.

Figura 78

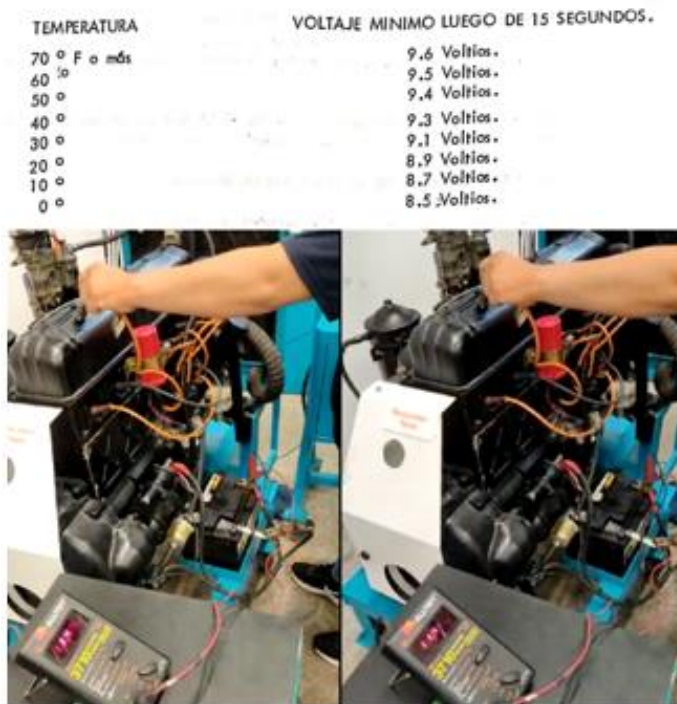
Cable de alto voltaje de la bobina en masa



5. De arranque al motor durante unos 15 segundos mientras observa la lectura de voltaje. Este no debe caer por debajo de los siguientes valores mínimos si la batería se encuentra en buenas condiciones. Ver figura 79.

Figura 79

Medición de voltaje



Nota: Si el voltaje cae por debajo del mínimo especificado para los rangos de temperatura especificados, recargue la batería y repita la prueba. Si se repite el mismo resultado la batería está dañada y debe ser reemplazada.

6. Llene la tabla 3 con las lecturas tomadas.

Tabla 3

Resultados prueba capacidad de batería

Temperatura	Voltaje

5. Conclusiones

Se realizó el diagnóstico, mantenimiento y puesta en marcha del motor Toyota F-110 que se encontraba inoperante en el laboratorio. El mantenimiento se llevó a cabo por sistemas, corrigiendo las fallas y/o elementos averiados.

El desarrollo de las prácticas y los bancos se basó en los elementos y parámetros más importantes de cada sistema, así como en criterios de seguridad y durabilidad, planteando el desarrollo de pruebas tanto en el motor, mediante la toma de datos, como en bancos auxiliares a través de la inspección de componentes principales.

El banco didáctico implementado es una herramienta que permite a los estudiantes de la asignatura Maquinas Térmicas Alternativas interactuar, inspeccionar y poner en práctica los conocimientos adquiridos en clase, afianzando el conocimiento de los sistemas que contiene un motor de combustión interna y su funcionamiento.

6. Recomendaciones

Realizar las tareas del proceso de mantenimiento preventivo expuesto en las guías de uso y operación en los tiempos estipulados, con la finalidad de conservar el motor en las mejores condiciones posibles.

Asegurarse de que la extracción de gases sea la adecuada, mediante la conexión directa del tubo de escape con el ducto de ventilación a través de alguna de las soluciones propuestas en el diseño a detalle. Lo cual no se pudo llevar a cabo por cuestiones económicas.

Se sugiere la compra de un kit para la comprobación de compresión en motores a gasolina, en busca de tener una interacción más cercana con algunos sistemas y comprobar sus parámetros de operación.

La realización del banco didáctico de motores de combustión interna carburados atiende a la necesidad de reforzar el componente práctico de la asignatura, pero hace falta relacionarse con motores de la época, con nuevos sistemas, por lo que se sugiere a la escuela de ingeniería mecánica, la implementación de un banco de pruebas de motor de combustión interna con inyección electrónica.

Referencias bibliográficas

ANDI. (2019). Catálogo de capacidades industria automotriz colombiana. ANDI.
<https://www.andi.com.co/Home/Camara/4-automotriz#estudiosyestadisticas>.

Blázquez, L. (2019). Motor de arranque: qué es y cómo funciona.
<https://noticias.coches.com/consejos/motor-de-arranque-que-es-y-como-funciona/332703>

Booster, B. (2015). El sistema de carga. <https://www.encendidoelectronico.com/sistemas-carga-alternadores/sistemas-de-carga-parte-1/>

Chacón et al. (2022). Diagnóstico de motores de combustión interna alternativos mediante el análisis de las oscilaciones del bloque. Bucaramanga.

“Cómo funcionan los sistemas de encendido”. (s.f)

<https://www.championparts.mx/Technical/Tech-Tips/How-Ignition-Systems-Work.html>

Córdova, G. (2019). Guía metodológica de motores de combustión interna.

“Desensamble y diagnóstico de motores”. (s.f). Mecánica automotriz fácil.

https://www.academia.edu/35744555/DESENSAMBLE_Y_DIAGNOSTICO_DE_MOTORES

“El sistema de arranque automotriz”. 2007. <https://www.quiminet.com/articulos/el-sistema-de-arranque-automotriz-18766.htm>.

Federico. (2019). Sistemas de encendido: tipos y principios de funcionamiento.
<https://autoytecnica.com/sistemas-de-encendido-tipos/>

Mateos, J. (2022). Para qué sirve el motor de arranque y cómo funciona.
<https://www.autofacil.es/tecnica/funciona-motor-arranque/197251.html>

Mateos, J. (2020). Sistema de carga y arranque de tu coche: ¿qué componentes lo forman?
<https://www.autofacil.es/tecnica/sistema-carga-arranque-coche-componentes/178145.html>

Navarrete, B. (2015). Sistema de carga. <https://es.slideshare.net/BrianNavarrete/sistema-de-carga-53129590>

Ortega, J. (2021) Componentes del sistema de carga fallas comunes y cómo solucionarlo. <https://automexico.com/mantenimiento/sistema-de-carga-automotriz-fallas-soluciones-aid13206>

“¿Qué es y cómo realizar un diagnóstico de motor?”. (s.f). <https://autodiagnostico.pe/revision-diagnostico-del-motor/>.

“Sistema de alimentación de combustible”. (s.f). <https://www.pruebaderuta.com/alimentacion-de-combustible.php>