



**“Implementar un motor de combustión interna en el banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”**

Ases Castro, Adamaris Sharlyn

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. León Almeida, Jaime Eduardo

24 de febrero de 2022

Latacunga

## Reporte de Verificación de Contenido



**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

# Monografía\_Ases Adamaris (1) 2

**10%** Similitudes

**2%** Texto entre comillas  
2% similitudes entre comillas

**1%** Idioma no reconocido

Nombre del documento: Monografía\_Ases Adamaris (1) 2.docx

ID del documento: f0649b1de18c5025001a0134a51e3e6d9f53530c

Tamaño del documento original: 2.83 Mb

Depositante: ANGEL XAVIER ARIAS PEREZ

Fecha de depósito: 23/2/2023

Tipo de carga: interfase

fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 7038

Número de caracteres: 51.163

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes

#### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <a href="http://repositorio.asepa.edu.ec:8080/bitstream/21000/2480/4/44-ESPEL-mat-0112.pdf">repositorio.asepa.edu.ec   Implementación de una pala y una pluma hidráulica en u...</a> 26 fuentes similares	5%		Palabras idénticas: 58 (376 palabras)
2	 <a href="https://repositorio.asepa.edu.ec/bitstream/21000/3112/1/M-ESPEL-MAT-0140.pdf">repositorio.asepa.edu.ec</a> 26 fuentes similares	5%		Palabras idénticas: 58 (376 palabras)
3	 <a href="http://repositorio.asepa.edu.ec:8080/bitstream/21000/2480/4/44-ESPEL-mat-0056.pdf">repositorio.asepa.edu.ec   Implementación de un sistema de control electrónico para...</a> 22 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 48 (303 palabras)
4	 Documento de otro usuario   <a href="#">A-12114</a> ❗ El documento proviene de otro grupo 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 28 (204 palabras)
5	 DOCUMENTO DE TITULACIÓN ALVARO BURBANO   <a href="#">00133000101 DE</a>   <a href="#">00133000101 DE</a> ❗ El documento proviene de mi grupo 17 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 28 (130 palabras)

#### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <a href="https://engranajedistribucionhasscaoper.blogspot.com">engranajedistribucionhasscaoper.blogspot.com</a>   ENGRANAJES DE OSTRIBUCIO... <a href="https://engranajedistribucionhasscaoper.blogspot.com/2015/09/sistemas-de-distribucion.html">https://engranajedistribucionhasscaoper.blogspot.com/2015/09/sistemas-de-distribucion.html</a>	< 1%		Palabras idénticas: 4 (18 (27 palabras)
2	 Documento de otro usuario   <a href="#">0114414</a> ❗ El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: 4 (18 (16 palabras)



**Ing. León Almeida, Jaime Eduardo**  
C.C.: 1720091238



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Implementar un motor de combustión interna en el banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** fue realizado por la señorita **Ases Castro, Adamaris Sharlyn**, 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 analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permitió acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

*Latacunga, 24 de enero 2022*

---

**Ing. León Almeida, Jaime Eduardo**  
**C.C.: 1720091238**



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Ases Castro, Adamaris Sharlyn** con cédula de ciudadanía N° 185045793-6, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementar un motor de combustión interna en el banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** 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 bibliográfica.

*Latacunga, 24 de enero del 2022*

---

**Ases Castro, Adamaris Sharlyn**

C.C.: 185045793-6



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Ases Castro, Adamaris Sharlyn** con cedula de ciudadanía N° **185045793-6**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementar un motor de combustión interna en el banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 24 de enero del 2021

**Ases Castro, Adamaris Sharlyn**

C.C.: 185045793-6

### **Dedicatoria**

Doy gracias a Dios ya que mediante su bendición y mi fuerza de voluntad se logró llevar a cabo este presente trabajo.

Mi tesis la dedicó con todo mi amor y cariño a los seres que me dieron la vida mis padres, Néstor Ases y Laura Castro, por ese amor incondicional y por sus sacrificios que han logrado hacer de mí una mujer valiente. Gracias por darme una carrera para el futuro y prestar atención a cada paso que doy, por extenderme la mano en cada obstáculo e inspiración para alcanzar mis metas ustedes han sido la luz de este arduo camino y el motivo más importante para seguir de pie.

Los amo infinitamente.

**Ases Castro, Adamaris Sharlyn**

## Agradecimiento

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a Dios por permitirme apreciar estos momentos junto a mi familia, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención es para las siguientes personas:

A mis padres quienes han estado en todo momento, porque nunca escatimaron en darme todo lo que yo he necesitado porque a pesar de mis desaciertos jamás dejaron de apoyarme.

A mis abuelitos: Jorge Castro y Lucrecia Muso por siempre estar ahí con sus palabras de aliento y bendiciones los amo mucho.

A una persona demasiado especial en mi vida Andrés Hoyos que estuvo ahí conmigo apoyándome ya sea con una palabra de aliento o motivame te en cada decisión que tome gracias por estar ahí siempre conmigo y nunca dejarme sola.

De una manera muy especial y sincera agradezco desde el fondo de mi corazón a las siguientes personas Ing. Luis Murillo, Lcdo. Diego Muñoz y Ing. Luis Molina por haber sido guías y consejeros en el transcurso de mi carrera universitaria porque me brindaron su apoyo y ayuda incondicional para desarrollarme como profesional, muchas gracias por la formación que me brindaron siempre estaré eternamente agradecida con ustedes.

De igual manera quiero agradecer a mi tutor de tesis por haber sido el guía en la elaboración de mi titulación.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula</b> .....	<b>1</b>
<b>Reporte de Verificación de Contenido</b> .....	<b>2</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría</b> .....	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación</b> .....	<b>5</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>6</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>8</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>11</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>12</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>13</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>14</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema</b> .....	<b>15</b>
<b>Tema</b> .....	<b>15</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>15</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>16</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>17</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>17</b>
<b>Objetivo General</b> .....	<b>17</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>17</b>
<b>Alcance</b> .....	<b>18</b>
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b> .....	<b>19</b>

<b>Motores .....</b>	<b>19</b>
<i>Motores Térmicos .....</i>	<i>19</i>
<i>Motores eléctricos.....</i>	<i>19</i>
<i>Motores de fluidos.....</i>	<i>19</i>
<b>Clasificación de Máquinas Térmicas de Combustión Interna .....</b>	<b>19</b>
<i>Por el diseño.....</i>	<i>20</i>
<i>Según el tipo de combustible.....</i>	<i>27</i>
<i>Por modo de trabajo.....</i>	<i>28</i>
<i>Por la distribución o disposición de las válvulas .....</i>	<i>30</i>
<b>Mecanismos principales y sistemas de los motores de combustión interna</b>	<b>33</b>
<i>El bloque-cárter y el mecanismo biela manivela.....</i>	<i>33</i>
<i>El mecanismo de distribución de gases.....</i>	<i>33</i>
<i>El sistema de encendido.....</i>	<i>33</i>
<i>El sistema de refrigeración.....</i>	<i>34</i>
<i>El sistema de lubricación.....</i>	<i>34</i>
<i>Partes Fundamentales .....</i>	<i>34</i>
<b>Capítulo III: Desarrollo del tema .....</b>	<b>40</b>
<b>Dimensionamiento de la potencia mecánica del motor.....</b>	<b>40</b>
<b>Selección de la tecnología del motor .....</b>	<b>41</b>
<b>Montaje del motor .....</b>	<b>44</b>
<b>Implementación del sistema de encendido .....</b>	<b>46</b>
<b>Capítulo IV: Marco administrativo .....</b>	<b>50</b>
<b>Recursos humanos.....</b>	<b>50</b>

<b>Recursos tecnológicos .....</b>	<b>50</b>
<b>Recursos Materiales .....</b>	<b>51</b>
<b>Presupuesto .....</b>	<b>51</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>52</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>52</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>52</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>54</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>56</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Selección de motores</i> .....	42
<b>Tabla 2</b> <i>Características de los motores</i> .....	43
<b>Tabla 3</b> <i>Recursos humanos</i> .....	50
<b>Tabla 4</b> <i>Recursos humanos</i> .....	50
<b>Tabla 5</b> <i>Recursos materiales</i> .....	51
<b>Tabla 6</b> <i>Presupuesto</i> .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Nomenclatura de Motores Reciprocantes.</i> .....	20
<b>Figura 2</b> <i>Volumen de desplazamiento de un Cilindro</i> .....	21
<b>Figura 3</b> <i>Motor Real de Combustión Interna</i> .....	23
<b>Figura 4</b> <i>Ciclo Termodinámico Real de una máquina ECH</i> .....	24
<b>Figura 5</b> <i>Motor de ignición por presión</i> .....	25
<b>Figura 6</b> <i>Ciclo Termodinámico Real de motor a Diésel</i> .....	25
<b>Figura 7</b> <i>Despiece de un motor Wankel</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Motor de combustión interna de dos tiempos</i> .....	28
<b>Figura 9</b> <i>Motor de Combustión Interna de 4 tiempo</i> .....	29
<b>Figura 10</b> <i>Sistema de encendido convencional</i> .....	34
<b>Figura 11</b> <i>Culata de un Motor</i> .....	35
<b>Figura 12</b> <i>Tipos de Bloques de Motor</i> .....	36
<b>Figura 13</b> <i>Biela</i> .....	37
<b>Figura 14</b> <i>Cigüeñal</i> .....	37
<b>Figura 15</b> <i>Árbol de levas</i> .....	38
<b>Figura 16</b> <i>Válvulas de Admisión y Escape</i> .....	38
<b>Figura 17</b> <i>Placas de soporte para montaje</i> .....	44
<b>Figura 18</b> <i>Montaje del motor sobre el bastidor</i> .....	45
<b>Figura 19</b> <i>Radiador del motor de combustión</i> .....	45
<b>Figura 20</b> <i>Carga de fluido al sistema de refrigeración</i> .....	46
<b>Figura 21</b> <i>Sistema de Encendido</i> .....	47
<b>Figura 22</b> <i>Batería utilizada en el banco de pruebas</i> .....	47
<b>Figura 23</b> <i>Cableado del switch del encendido</i> .....	48
<b>Figura 23</b> <i>Montaje final del switch de encendido</i> .....	48

## Resumen

El presente proyecto de investigación e integración curricular propuesto, tiene como objetivo el dimensionamiento, la selección e implementación de un motor de combustión interna para el banco de pruebas de maquinaria pesada de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz; mediante el estudio y análisis de los componentes principales, las características técnicas, los principios de funcionamiento y operación de máquinas térmicas reciprocantes utilizadas para producir el movimiento de vehículos utilizados en el ámbito automotriz, además de un estudio económico exhaustivo de los beneficios y los costos, en la determinación de la opción más adecuada de un motor de combustión interna, tomando en consideración que mencionado dispositivo constituye el mecanismo precursor en la generación de la potencia mecánica necesaria para accionar los sistemas y subsistemas adicionales implementados, necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del banco de pruebas, mejorando los procesos metodológicos andragógicos de enseñanza - aprendizaje de las asignaturas teóricas y prácticas fundamentales en el eje de desarrollo académico y profesional de los estudiantes, permitiendo así, generar ambientes de aprendizaje más realistas y propicios, que incentiven el ingreso, desarrollo y la formación de profesionales de excelencia con competencias técnicas y laborales acorde con los requerimientos laborales actuales y el desarrollo tecnológico automotriz.

*Palabras clave:* Motor de combustión interna, Máquina Térmica, Ambientes de aprendizaje, Banco de pruebas de maquinaria pesada.

### **Abstract**

The objective of this proposed research and curricular integration project is the sizing, selection and implementation of an internal combustion engine for the heavy machinery test bench of the Higher Technology in Automotive Mechanics program; through the study and analysis of the main components, technical characteristics, principles of operation and operation of reciprocating thermal machines used to produce the movement of vehicles used in the automotive field, in addition to a comprehensive economic study of the benefits and costs, in determining the most appropriate choice of an internal combustion engine, taking into consideration that this device is the precursor mechanism in the generation of mechanical power needed to drive the additional systems and subsystems implemented, necessary to ensure the correct operation of the test bench, improving the andragogical methodological processes of teaching-learning of the theoretical and practical fundamental subjects in the academic and professional development of the students, thus allowing to generate more realistic and propitious learning environments, which encourage the entry, development and training of professionals of excellence with technical and labor competences in accordance with the current labor requirements and the automotive technological development.

*Key words:* Internal combustion engine, Thermal machine, Learning} environments, Heavy machinery test bench.

## Capítulo I

### Planteamiento del problema

#### Tema

Implementación un motor de combustión interna en el banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

#### Antecedentes

La inexistencia de material didáctico necesario para el desarrollo técnico profesional de los estudiantes de la Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz ha ocasionado un deficiente proceso de enseñanza aprendizaje. En la actualidad el desarrollo de banco didácticos de entrenamiento; tales como la implementación de un banco didáctico de pruebas de un motor de combustión interna de 4 cilindros y 1600 cc para la carrera de Electromecánica Automotriz de la Universidad San Francisco de Quito; el cual fue planteado para que se realicen pruebas en los diferentes sistemas del motor (Salazar, 2016).

Actualmente el desarrollo de los bancos de entrenamiento de maquinaria y equipo pesado, permite la ejemplificación de maquinarias reales para prácticas académicas en la formación educativa del área automotriz. Sin embargo, existen proyecto sobre propuestas para planes de mantenimiento de maquinaria pesada, esto nos puede ayudar para un mejor entendimiento de este banco de entrenamiento. El proyecto desarrollado por la Universidad Politécnica Salesiana, indica planes de mantenimiento para excavadoras. (Maldonado & Siguensa, 2012).

La implementación de motores de combustión interna en bancos de pruebas y/o entrenamiento es una práctica muy aplicada en proyectos automotrices, puesto que dichos motores se convierten en la fuente de potencia y torque para los propósitos planteados. Antecedentes claros de implementación de motores de combustión interna para maquinaria y equipo pesado no existen en el país, por tal motivo este proyecto plantea tal actividad.

### **Planteamiento del problema**

En la formación académica de mecánica automotriz es deficiente la cantidad de material didáctico o bancos de entrenamiento de maquinaria y equipo pesado, el problema se ve reflejado en muchas ocasiones, que los profesionales automotrices de nuestra región no cuentan con bases sólidas sobre maquinaria pesada, por tal motivo la implementación de este banco de entrenamiento con su respectivo motor de combustión, el mismo que será el encargado de entregar la potencia necesaria para el funcionamiento de herramientas de la retroexcavadora; brindará una formación integral y conocimientos más profundos en maquinaria pesada, de este modo entregando profesionales altamente capacitados en esta área para el centro del país y el Ecuador en general.

El motor implementado será el que brinde la potencia mecánica necesaria para el accionamiento de los aditamentos y herramientas de la retroexcavadora, además será la parte primordial del banco de entrenamiento para que el proceso de enseñanza aprendizaje de maquinaria y equipo pesado sea óptimo, y los profesionales en mecánica automotriz que brinda la universidad al país, sigan siendo referentes en todo ámbito.

## **Justificación**

La implementación de un motor de combustión interna para banco de entrenamiento es plausible debido a que se considera un aporte fundamental para el desarrollo de material didáctico operativo, y, sobre todo, mejorar el método de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes y docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas mediante la realización prácticas académicas enfocadas y no solo con simulaciones o de forma teórica.

La importancia radica en que el motor es el componente principal de generación de movimiento para el banco de maquinaria pesada, de este modo, será el que brinde la energía necesaria para que trabaje el circuito hidráulico y posteriormente se muevan las herramientas tales como cucharón, plum, brazo, cargadora, de la retroexcavadora. Además, el motor brindará la potencia y torque necesarios para que la retroexcavadora opere con normalidad, asemejándose a una maquina real.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Implementar un motor de combustión interna en el banco de entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### ***Objetivos Específicos***

- Analizar el funcionamiento del motor de combustión interna, y verificar las especificaciones realizadas en fuentes bibliográficas para el correcto funcionamiento del equipo.
- Determinar los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna analizando la velocidad, potencia y torque para el banco de entrenamiento de maquinaria pesada.
- Acoplar el motor de combustión en el banco de entrenamiento mediante la utilización de procesos ensamblaje y elementos de sujeción mecánica, asegurando el soporte del motor.

**Alcance**

El proyecto pretende brindar material apropiado para el área automotriz de la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga y a toda la comunidad universitaria en general, por tal motivo el alcance de este proyecto se define en el montaje de motor para asegurar el funcionamiento de una retroexcavadora, analizando todos los parámetros básicos de funcionamiento, ciclo termodinámico y comportamiento estático y dinámico de los motores como tal, además del proceso de montaje y ensamblaje para su correcto funcionamiento.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **Motores**

De acuerdo con (González, 2015), un motor es una máquina capaz de transformar una forma de energía de entrada en energía mecánica, generando un trabajo de salida; además, sugiere que existen diversos tipos de motores, sin embargo, principalmente pueden ser clasificados como:

##### ***Motores Térmicos***

Son máquinas que producen trabajo a partir de transferencia energética en forma de calor, pueden ser clasificados como motores de combustión interna, si la combustión de una mezcla estequiométrica de combustible y comburente genera la energía mecánica, o motores de combustión externa, si se produce la combustión de un fluido distinto al combustible del motor (Mott, 2006).

##### ***Motores eléctricos***

Son máquinas que transforman una fuente de energía eléctrica en energía mecánica, mediante los fenómenos electromagnéticos producidos por la corriente inducida a través de conductores eléctricos., mencionados motores pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de corriente de alimentación, es decir, pueden ser de corriente continua (DC) y de corriente alterna (AC) (González, 2015).

##### ***Motores de fluidos***

De acuerdo con (Mott, 2006), son dispositivos que aprovechan la energía cinética que proporciona un fluido y la convierten en una forma de energía mecánica, como turbinas, actuadores rotatorios y lineales. Los motores de fluido generalmente impulsan los elementos rotatorios del dispositivo.

#### **Clasificación de Máquinas Térmicas de Combustión Interna**

Generalmente las máquinas térmicas de combustión interna están representadas por máquinas que cumplen el ciclo Otto y Diésel, sin embargo, existen diversas características propias de los motores que permiten clasificarlos como se muestra a continuación.

### **Por el diseño**

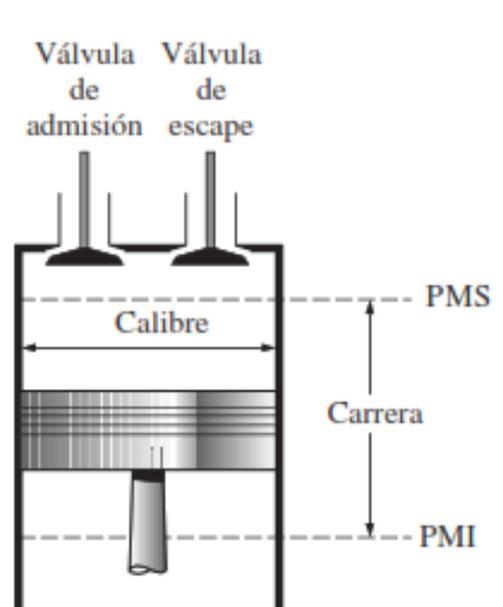
De acuerdo con (Rodríguez, 2016) según el diseño de la máquina térmica, las mismas se pueden clasificar en dos grupos principales:

- **Máquinas reciprocantes o alternativas.**

De acuerdo con (Cengel, 2012) la máquina reciprocante es un desarrollo tecnológico que ha sido utilizado como fuente de poder en la mayoría de vehículos automotrices. Estos dispositivos, que son básicamente un sistema termodinámico cerrado, básicamente compuesto por un dispositivo cilindro-émbolo, y sus componentes principales se muestran en la *Figura 1*.

### **Figura 1**

*Nomenclatura de Motores Reciprocantes.*

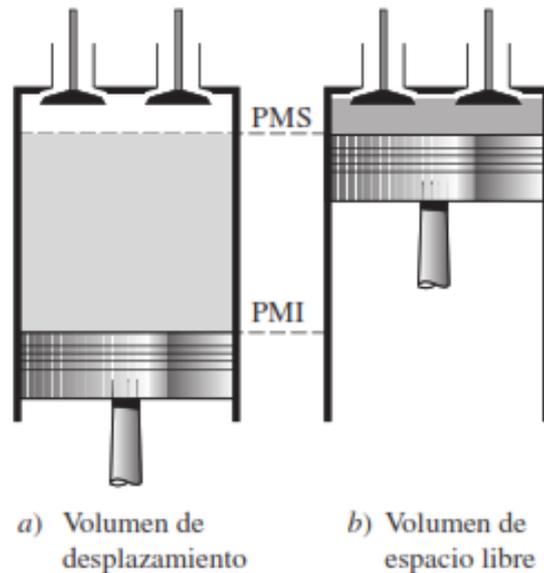


*Nota.* Denominación de los parámetros principales de un motor reciprocante. Tomado de (Cengel, 2012).

El émbolo oscila en el cilindro entre dos posiciones fijas denominadas Punto Muerto Superior (PMS) y Punto Muerto Inferior (PMI), que son posiciones en las cuales se forma el volumen de desplazamiento, es decir, el mínimo y máximo volumen, respectivamente, dentro del cilindro; a esta distancia de recorrido se le denomina carrera del motor. Además, el diámetro del pistón es denominado Calibre, así como se muestran en la *Figura 2*.

## Figura 2

*Volumen de desplazamiento de un Cilindro.*



*Nota.* Puntos muertos superior e inferior de un sistema cerrado cilindro émbolo. Tomado de (Cengel, 2012).

Finalmente, el elemento que permite la entrada de la mezcla de aire y combustible es la válvula de admisión, y la que permite el escape de los gases de combustión se denomina válvula de escape.

Este funcionamiento cíclico en el volumen de desplazamiento tiene el nombre de relación de compresión, y se puede expresar con la siguiente ecuación

$$r = \frac{v_{max}}{v_{min}} \quad (1)$$

*Nota.* Relación de compresión dentro de un sistema cilindro émbolo (Salazar, 2016).

Existe un término empleado en las máquinas recíprocas denominado presión media efectiva (PME), que representa la presión "ideal" que actúa sobre el pistón produciendo la potencia neta del sistema, como se puede expresar en las siguientes ecuaciones.

$$W_{neto} = PME * volumen\ de\ desplazamiento \quad (2)$$

*Nota.* Trabajo neto que desarrolla un motor de combustión (Rodríguez, 2016).

$$PME = \frac{W_{neto}}{V_{max} - V_{min}} \quad (3)$$

*Nota:* Potencia efectiva neta que desarrolla un motor de combustión

Las maquinas reciprocantes pueden ser clasificados en dos grupos, tomando en cuenta como se inicia el proceso de combustión en el cilindro:

- Máquinas de Encendido o Ignición por chispa (ECH)
- Máquinas de encendido o ignición por compresión (ECOM)

La diferencia entre este tipo de máquinas radica en que, en las máquinas ECH, la mezcla de aire-combustible ignita por acción de una chispa producida en una bujía. Por el contrario, en las máquinas ECOM la mezcla auto ignita por acción de la compresión por sobre su temperatura de autoignición

#### - **Máquinas de Encendido o Ignición por Chispa**

A partir de 1876, cuando Nikolaus A. Otto, implementó la primera máquina de 4 tiempos basada en el ciclo propuesto por Beau de Rochas, la mayor parte de máquinas de ignición por chispa ejecuta esta secuencia y son denominadas máquinas de combustión interna de 4 tiempos (Wark, 2000). Sin embargo, es habitual encontrar dos versiones: de 2 y 4 tiempos. El término tiempo hace referencia al desplazamiento que el pistón debe realizar para completar un ciclo y, de acuerdo con (Cengel, 2012) ocurre como se describe a continuación.

#### - **Tiempo de Compresión**

Inicialmente, y cerradas las válvulas de admisión y de escape, el embolo se encuentra en el punto muerto inferior (PMI). En el trascurso de la carrera de compresión, se comprime la mezcla de aire y combustible a través del desplazamiento del émbolo hacia arriba.

#### - **Tiempo de Expansión**

La bujía produce una chispa y la mezcla se enciende, con lo cual aumenta la presión y la temperatura del sistema. Mientras que en los motores de ignición por compresión el combustible se comprime hasta su temperatura de auto ignición. Los gases de alta presión

impulsan al émbolo hacia abajo, el cual a su vez obliga a rotar al cigüeñal, lo que produce una salida de trabajo útil durante la carrera de expansión o carrera de potenciar de combustión interna.

- **Tiempo de Escape**

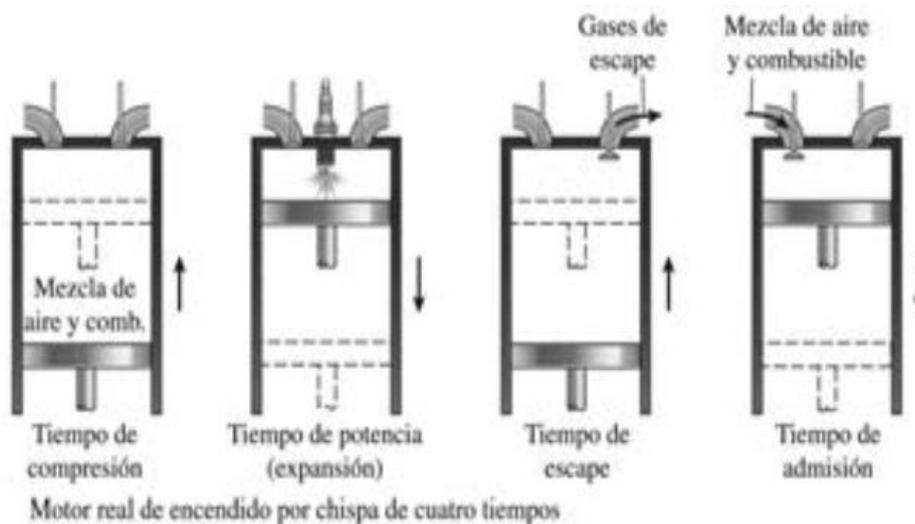
Al final de esta carrera, el émbolo se encuentra en su posición más baja (la terminación del primer ciclo mecánico) y el cilindro se llena con los productos de la combustión. Después el émbolo se mueve hacia arriba una vez más y evacua los gases de escape por la válvula de escape (carrera de escape)

- **Tiempo de Admisión**

La válvula de admisión se activa Para descender por segunda vez extrayendo una mezcla fresca de aire y combustible a través de la válvula de admisión (carrera de admisión), como se muestra en la *Figura 3*.

**Figura 3**

*Motor Real de Combustión Interna.*



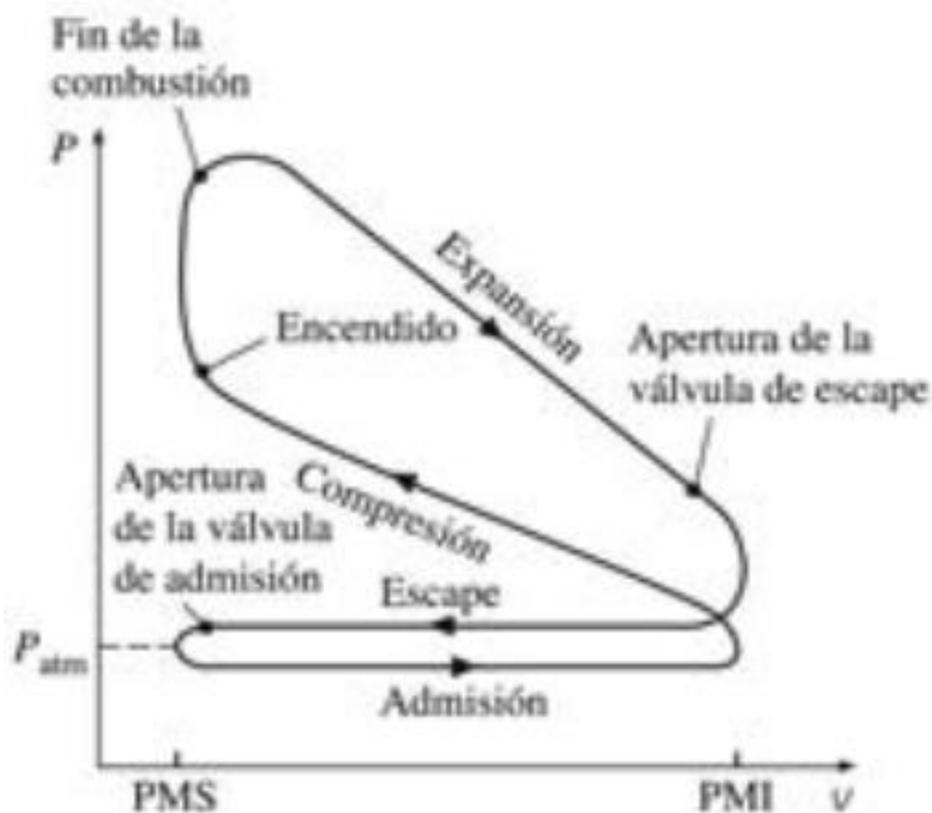
*Nota.* Ciclo real de un motor de ignición por compresión (Cengel, 2012)

### - Ciclo Termodinámico Real

Un diagrama esquemático termodinámico representa los tiempos de las máquinas de combustión interna, tomando en cuenta el ciclo real en el diagrama P-v, como se muestra en la *figura 4*.

**Figura 4**

*Ciclo Termodinámico Real de una máquina ECH*



*Nota.* En el diagrama se puede observar la generación de la transferencia de calor y generación de potencia, tomando en cuenta cada uno de los procesos de los 4 tiempos de un motor de combustión (González, 2015).

### - Máquinas de Ignición por chispa

El ciclo Diésel es el ciclo idealizado para las máquinas recíprocantes de ignición por compresión, en diferencia a los motores de ignición por chispa, la mezcla de aire con combustible se comprime hasta una temperatura superior a la temperatura de auto ignición,

y la combustión inicia al contacto, cuando el combustible se inyecta dentro de este aire caliente (Faires, 1999).

### Figura 5

*Motor de ignición por presión.*

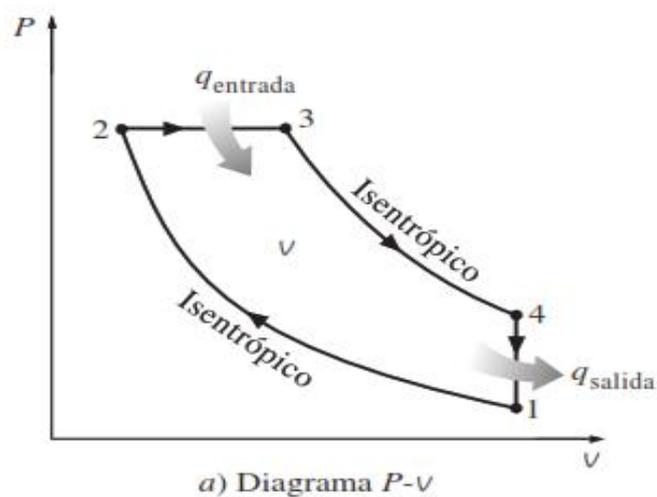


*Nota.* El motor de combustión de ignición por presión a diferencia del motor de ignición por chispa posee un atomizador de combustible. Tomado de (Cengel, 2012).

### - Ciclo Termodinámico Real

### Figura 6

*Ciclo Termodinámico Real de motor a Diésel*



*Nota.* La igualdad entre los dos ciclos es evidente en el diagrama P-v del ciclo diésel.

Tomado de (Faires, 1999).

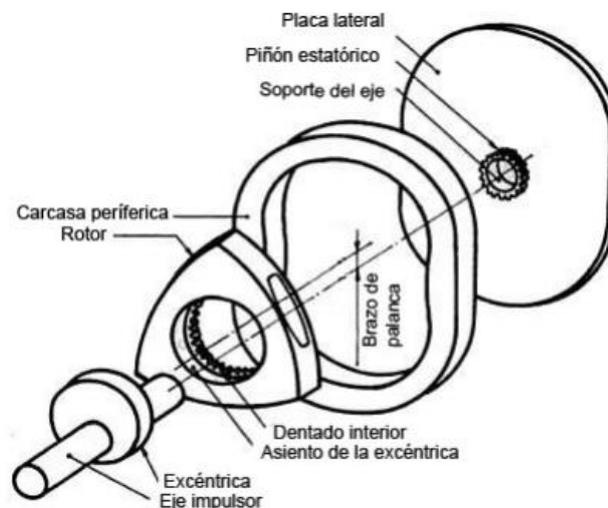
Se observa el proceso se ejecuta en un dispositivo cilindro embolo que forma un sistema cerrado, y se observa la cantidad de calor añadida a la mezcla de aire combustible a presión constante y rechazado por este a volumen constante, como se muestra en la figura anterior.

#### - **Máquina o Motor Wankel**

Es un motor rotativo que funciona análogamente al principio de operación de una máquina reciprocante de 4 tiempos en diferentes partes del boque o estator del motor, además, posee un rotor de forma prismático triangular, que transmite su movimiento a un cigüeñal posicionado en el interior y que tiene un centro de giro concéntrico, como se muestra en la.

#### **Figura 7**

*Despiece de un motor Wankel*



*Nota.* La igualdad entre los dos ciclos es evidente en el diagrama P-v del ciclo diésel.

Tomado de (Farell, 2009).

Tomando en cuenta el diseño, este tipo de motores pueden tener un funcionamiento análogo al de una máquina reciprocante, asimilando los ciclos de combustión interna de ignición por chispa o por compresión. De la misma manera, los ciclos termodinámicos que se desarrollan en los motores Wankel son semejantes a la termodinámica y mecánica realizada por los motores de combustión interna.

**Según el tipo de combustible****- Motores a gasolina natural**

Son máquinas termodinámicas que a través de la combustión de una mezcla estequiométrica de aire y combustible producen energía mecánica de rotación en un eje motriz. De acuerdo con él (INEN, Derivados del Petróleo. Gasolina. Determinación de las características Antidetonantes. Método Research (RON), 1998), la medida de las características anti detonantes de las gasolinas, se denomina NÚMERO DE OCTANO RON, el cual se obtiene comparando la capacidad antidetonante con la determinada en las mezclas de referencias RON conocidas, en operación normalizada. De acuerdo con él (INEN, 2016) en la Norma Técnica Ecuatoriana 935, la gasolina de acuerdo con su octanaje se puede clasificar, como se muestra a continuación:

Gasolina de 87 octanos (RON)

Gasolina de 92 octanos (RON)

Gasolina de 93 octanos (RON)

**- Motores a diésel**

Son máquinas térmicas que se alimentan con una mezcla de aire precalentado y combustible, constituido por fracciones intermedias del petróleo, cuyas temperaturas de destilación se encuentran entre los 150°C y 400°C; el mismo que es administrado a presión dentro de la cámara de combustión por un inyector. Según el (INEN, 2003) en la Norma Técnica Ecuatoriana 2 341:2003, se puede diferenciar 3 tipos de este combustible, como se menciona a continuación:

Diésel No. 1: Para su utilización en motores con cambios periódicos de velocidad y carga

Diésel No. 2: Para su utilización en el ámbito industrial y motores de autoignición.

Diésel Premium: Con de bajo contenido de azufre. Para la utilización en el ámbito automotriz.

### - Motores a hidrocarburos gaseosos

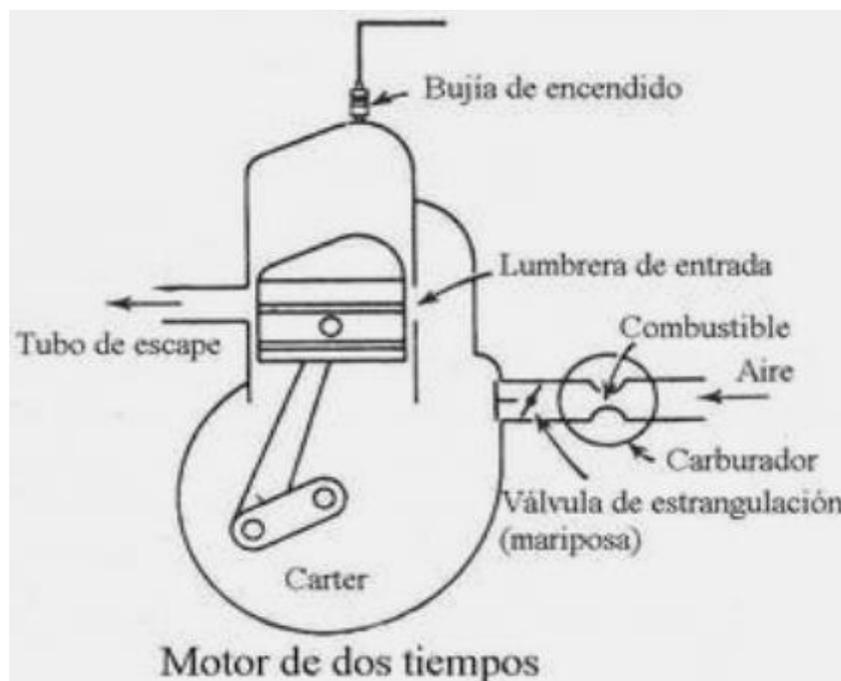
Son máquinas térmicas análogas a las que utilizan gasolina natural, sin embargo, son menos potentes y utilizan compuestos orgánicos conformados de hidrógeno y carbono, principalmente en estado gaseoso. De acuerdo con él (INEN, 2003) en la Normativa Técnica Ecuatoriana 2 341:2003 existen diversos tipos de hidrocarburos gaseosos que son de origen natural y otros obtenidos a través del proceso de refinación de combustibles fósiles. Sin embargo, es necesario considerar que las máquinas térmicas que utilizan este tipo de combustible principalmente utilizan GLP (gas licuado de petróleo); que está compuesto de hidrocarburos ligeros que son procesados en fase líquida bajo condiciones controladas de temperatura y presión.

#### *Por modo de trabajo*

### - Operación de 2 Tiempos

#### **Figura 8**

*Motor de combustión interna de dos tiempos.*



*Nota.* Un motor de combustión a dos tiempos es menos costoso, de menor dimensión e ideal para autos liviano. Tomado de (Rodríguez, 2016).

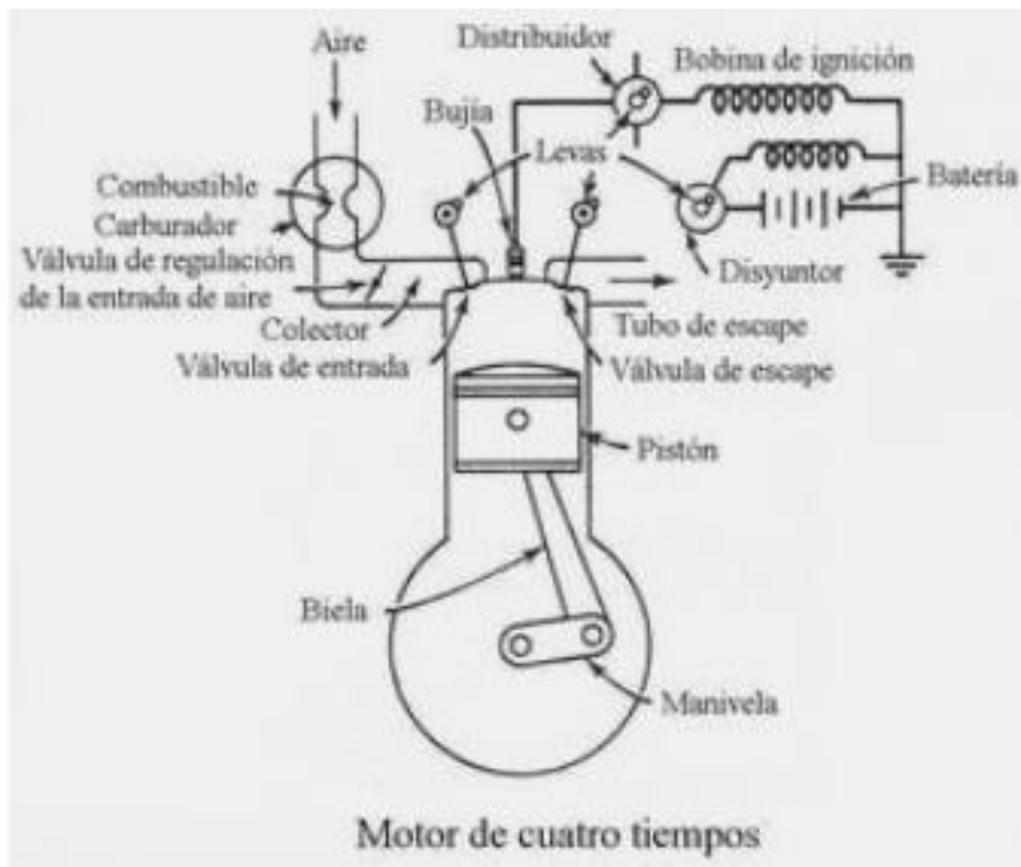
En los motores de combustión interna de dos tiempos, el desplazamiento que realiza el pistón permite la etapa admisión de combustible mientras y la etapa de expulsión de los gases de combustión producidos, como se muestra en la siguiente figura 8.

#### - Operación de 4 Tiempos

Se mencionó anteriormente que la mayor parte de máquinas de combustión interna realizan una secuencia de cuatro tiempos para completar un ciclo de funcionamiento, realizando dos ciclos mecánicos y dos ciclos termodinámicos, que, con la ayuda de los elementos mostrados en la figura 9, permiten realizar un ciclo de combustión.

#### Figura 9

*Motor de Combustión Interna de 4 tiempos.*



*Nota.* Potencia efectiva neta que desarrolla un motor de combustión. Tomado de (Rodríguez, 2016).

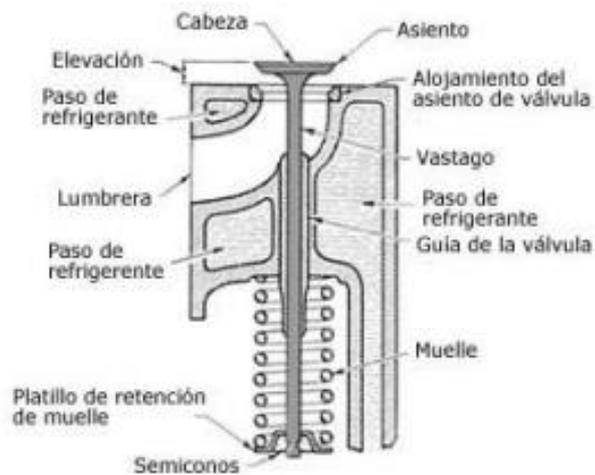
### **Por la distribución o disposición de las válvulas**

#### **- Sistema SV (side valves)**

Se destaca en un sistema de válvulas laterales como se observa en la figura 10, donde la válvula está alojada en el bloque, ya que el mando de esa válvula se efectúa junto al árbol de levas siendo situado en el bloque del motor; estos modelos no son utilizados ya que es necesario que las cámaras de combustión sean de mayor tamaño.

#### **Figura 10**

*Válvula alojada en el bloque*



*Nota.* El sistema SV, provoca que la cámara de compresión obtenga que debe ser mayor y su tamaño de aquellas cabezas de estas válvulas son limitadas. Tomado de (Saralegui, 2019)

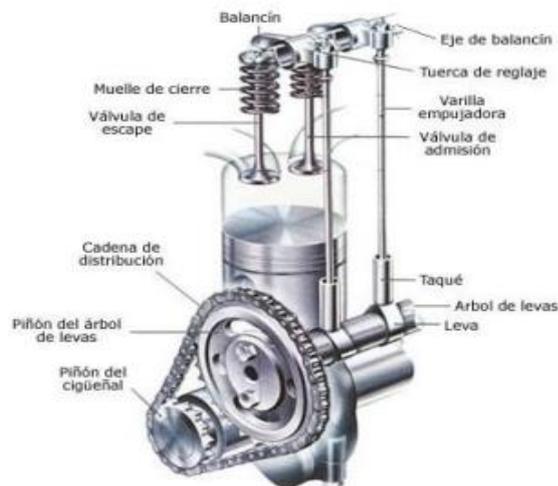
#### **- Sistema OHV (OverHead Valve)**

El sistema viene a distinguirse por obtener el árbol de levas dentro del bloque del motor, ya que las válvulas están dispuestas en la culata como se muestra en la *figura 11*, además se presenta una ventaja en que la transmisión de movimiento del cigüeñal a el árbol de levas que se realiza directamente por medio de los dos piñones o a su vez con la interposición de un tercero. Además, para este mantenimiento es nulo o cada muchos Km, sin embargo, se presenta una desventaja que se viene dada por el elevado número de

estos elementos que se componen dentro de este sistema que sirve para compensar la distancia que existe entre el árbol de levas y las válvulas.

### Figura 11

*Sistema de distribución (OHV, Over Head Valve).*



*Nota.* Este sistema de distribución se destaca una suma importancia donde depende solo del funcionamiento. Tomado de (Saralegui, 2019)

#### - Sistema OHC (OverHead Cam)

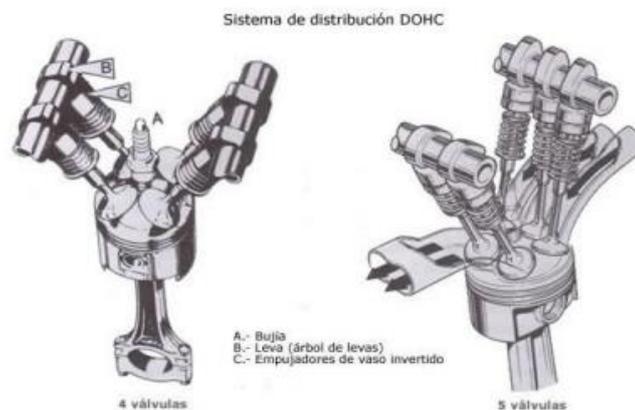
Se destaca en el árbol de levas en la culata ya que lo mismo se trata en las válvulas, generalmente este sistema es el más utilizado actualmente en todos los automóviles, determinado su ventaja de este sistema en el que se procede a reducir el número de elementos entre el árbol de levas y la válvula por lo que su apertura y el proceso de cierre de las válvulas son más precisas.

**Figura 12***Sistema OHC.*

*Nota.* Este sistema es el más complejo y caro, resultando más efectivo y rindiendo un mayor alto de factibilidad del motor. Tomado de (Saralegui, 2019)

#### - Sistema DOHC

Este sistema está compuesto por dos árboles de levas, ya que esta se destaca que el primero acciona la válvula de admisión y el segundo por las válvulas de escape como se observa en la *figura 13*.

**Figura 13***Sistema Dohc.*

*Nota.* Su sistema se compone en un sistema en V ya que estas trabajan con válvula de admisión y válvulas de escape. Tomado de (Saralegui, 2019)

## **Mecanismos principales y sistemas de los motores de combustión interna**

Los motores de combustión interna poseen diversos sistemas y mecanismos como se muestra en la anterior, y se describen a continuación.

### ***El bloque-cárter y el mecanismo biela manivela***

Son los encargados de la transmisión de movimiento alternativo del pistón, en movimiento giratorio del cigüeñal; están compuestos por el cilindro, el pistón, bulón del pistón, biela, cigüeñal y del volante.

### ***El mecanismo de distribución de gases***

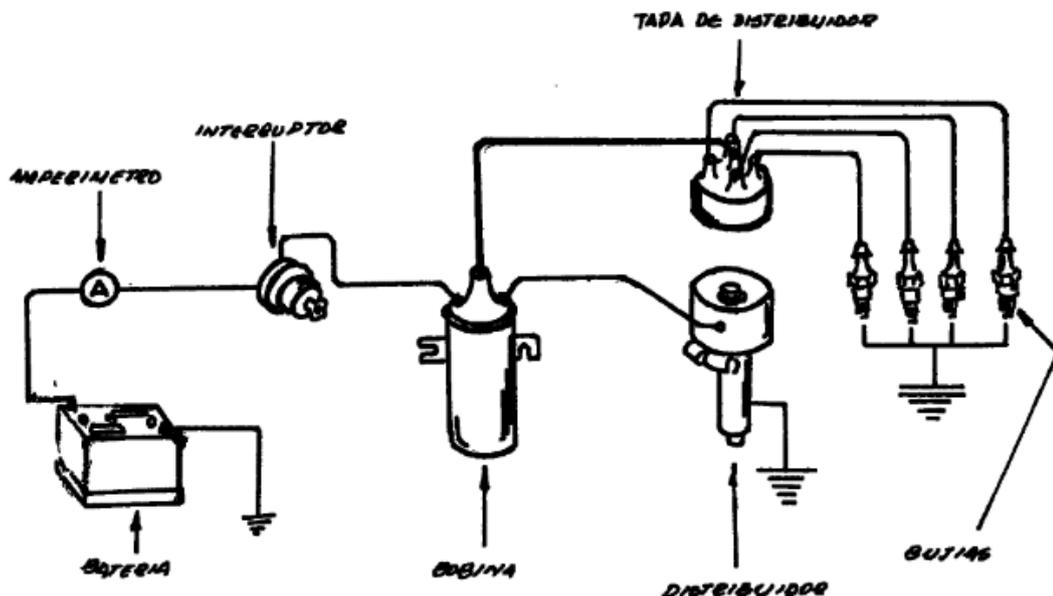
Suministra la mezcla de aire y combustible hacia dentro del cilindro, además de expulsar los gases de combustión del cilindro. Este mecanismo consta del árbol de distribución, el tren de engranajes para el accionamiento del árbol de distribución, empujadores, válvulas de admisión y escape, y los muelles.

### ***El sistema de encendido***

Está destinado para la ignición de la mezcla de combustible mediante la generación de una chispa eléctrica. En los motores de ignición por compresión el encendido se realiza mediante la compresión del combustible inyectado en la cámara de ignición. Permite el generar la máxima eficiencia siempre que este bien sincronizado según las características técnicas del motor, además, del estado óptimo de sus elementos.

Figura 10

*Sistema de encendido convencional*



*Nota.* Los elementos que forman del sistema de encendido permiten el arranque y mantener encendido el motor (Campuzano, 2007).

### ***El sistema de refrigeración***

Su función es la extracción del calor producido por la combustión y movimiento de las piezas constitutivas del motor, este proceso puede realizar por líquido o por aire.

### ***El sistema de lubricación***

Proporciona la lubricación necesaria a las piezas sometidas a desgaste por fricción y ayuda a disipar el calor.

### ***Partes Fundamentales***

#### **- Elementos Fijos**

Estructuralmente, el cuerpo del motor se compone de 3 partes principales:

- Culata
- Bloque
- Cáster

### - La culata

La culata es el elemento superior, constituido de hierro fundido o aluminio, se monta firmemente en la parte superior del bloque del motor mediante la utilización de fijaciones mecánicas. En este elemento se encuentran montadas las válvulas de admisión y escape, las bujías y los conductos que permiten la admisión del combustible, el escape de los gases de combustión, además, de los conductos que permiten la circulación de agua.

### Figura 11

*Culata de un Motor*



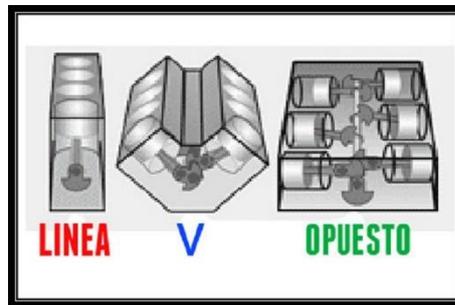
Nota. La culata de un motor es el elemento mecánico fijo en donde se ensamblan las válvulas de admisión y escape. Tomado de (Técnico, 2001)

### - El bloque

El bloque del motor es una pieza sólida estructural, generalmente de acero o aluminio fundido, en la cual se realiza el montaje de los cilindros, los cuales pueden ser variables dependiendo de la tipología por número de cilindros y su disposición en el mismo.

## Figura 12

### *Tipos de Bloques de Motor*



*Nota.* Las válvulas de admisión y escape se diferencian por sus dimensiones. Tomado de (Salazar, 2016).

Según la disposición de los cilindros los motores pueden ser lineales, motores en V o motores opuestos, como se muestra en la anterior figura. La función principal del bloque del motor es la de dar soporte y su interior albergar al tren alternativo conformados por los pistones, bielas y el cigüeñal. Además, de ayudar a la disipación del calor producido en el proceso de combustión.

#### - **Elementos Móviles**

En el desarrollo tecnológicos de los motores de combustión interna se ha añadido diferentes partes las cuales mejoraron la eficiencia del desempeño de estas máquinas de combustión. Por lo cual las partes móviles de un motor de combustión interna son:

#### - **Sistema Pistón-Biela-Manivela**

Según (Martínez, 2004) este sistema es el encargado de transformar el movimiento lineal que realiza el pistón en el volumen de desplazamiento en movimiento giratorio al cigüeñal. De acuerdo a (Torres, 2015) el pistón es una geometría ligeramente cónica vaciada en el interior, que posee 3 segmentos en su corona, en donde se insertan los anillos de compresión y de retención de aceite, En la zona inferior posee dos agujeros para fijar el bulón para la articulación del pistón con la biela.

- **Biela**

De acuerdo con (Salazar, 2016) este elemento es el encargado de transmitir el movimiento producido en el pistón por la ignición del combustible hacia el cigüeñal.

**Figura 13**

*Biela*



*Nota.* La biela es un elemento que conecta el cigüeñal con el pistón a través de la fijación mecánica llamada bulón. Tomado de (Salazar, 2016)

- **Cigüeñal**

Es el elemento del motor que, mediante su conexión con la biela, transforma el movimiento lineal del pistón en un movimiento rotatorio.

**Figura 14**

*Cigüeñal*



*Nota.* El cigüeñal es un elemento mecánico que transforma el movimiento lineal del pistón en un movimiento circular. Tomado de (Salazar, 2016)

### - **Árbol de Levas**

Es el elemento de máquina del motor que se encarga de regular la apertura y cierre de las válvulas tanto de admisión como de escape.

#### **Figura 15**

*Árbol de levas*



*Nota.* El árbol de levas es el elemento de máquina que producen el accionamiento sincronizado de las válvulas de admisión y escape. Tomado de (Salazar, 2016)

### - **Válvulas**

Son los elementos fabricados de metales de aleación Cromo – Silicio, que están encargados de realizar el sello hermético de la cámara de combustión, mediante su accionamiento, como se muestra en la figura.

#### **Figura 16**

*Válvulas de Admisión y Escape*



*Nota.* Las válvulas de admisión y escape se diferencian por sus dimensiones. Tomado de (Salazar, 2016).

Estas válvulas pueden ser de admisión o de escape, según el ducto en donde se encuentran montadas. Cada una de estas válvulas tienen características específicas, tanto en dimensiones como en temperaturas de trabajo.

- **Mezcla Estequiométrica**

De acuerdo con (Salazar, 2016) se denomina mezcla estequiométrica a la relación que existe entre el peso de la gasolina y el aire, para que se produzca la ignición completa y se aproveche al máximo la energía calorífica de la combustión. La relación estequiométrica normal es de 14.7 a 1, es decir, que para realizar la ignición de 1 gramo de gasolina se requieren 14.7 gramos de aire, sin embargo, en el funcionamiento del motor pueden existir mezclas ricas que van desde 12.1 hasta 14.7 a 1.

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

#### Dimensionamiento de la potencia mecánica del motor

Para la implementación del presente proyecto es necesario considerar el dimensionamiento de la potencia hidráulica necesaria que debe entregar la bomba al fluido para producir la presión de trabajo y poder realizar accionamiento de las herramientas del banco de entrenamiento. Este valor se determinó en el proceso de diseño del circuito hidráulico específico para el presente desarrollo, mediante la aplicación de la *Ecuación 4*.

#### Ecuación 4

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

*Nota.* Ecuación para calcular potencia hidráulica agregada a un fluido para una bomba hidráulica. Tomado de (Mott, 2006).

Donde:

$h_A$ : Es la presión dinámica necesaria

$V$ : Es el peso específico del fluido

$Q$ : Es el caudal mínimo necesario de la bomba

Es necesario considerar la eficiencia mecánica que posee la bomba para poder dimensionar con mayor exactitud la potencia mecánica que debe tener el eje motriz del motor de combustión interna que será conectado mediante un volante de inercia y un acople a uno de los engranajes de la bomba para producir la entrada de movimiento necesaria, se realizó a través de la siguiente ecuación determinando la potencia mecánica necesaria para la bomba, como se muestra en la *Ecuación 5*:

$$e_M = \frac{P_A}{P_I} = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia ingresada a la bomba}} \quad (5)$$

*Nota.* Ecuación para dimensionar la potencia mecánica que transmite un motor. Tomado de (Mott, 2006).

$$P_I = \frac{\text{Presión de trabajo [Bar]} * \text{Flujo Volumétrico} \left[ \frac{\text{Lts}}{\text{min}} \right]}{600 * e_M} \quad (6)$$

*Nota.* Ecuación para calcular potencia hidráulica agregada a un fluido para una bomba hidráulica considerando la eficiencia mecánica.

Del análisis mencionado, se consideró el caudal mínimo necesario y la presión máxima de trabajo del circuito hidráulico, la potencia hidráulica de la bomba se puede determinar utilizando el siguiente desarrollo de la anterior ecuación mencionada:

$$P_A = \frac{207 \text{ [Bar]} * 46 \left[ \frac{\text{Lts}}{\text{min}} \right]}{600 * 0.73} = 21.73 \text{ [KW]} \quad (7)$$

*Nota.* Ecuación para calcular potencia hidráulica agregada a un fluido resuelta.

Se determinó que la potencia real mecánica del motor debe ser de 21.73 [KW] o 29.14 [HP] o aproximadamente 30 [HP], es decir que ésta es la potencia mecánica que debe ingresar a la bomba, a través del eje del motor del motor de combustión

### **Selección de la tecnología del motor**

El motor es un elemento esencial en sistemas de transmisión de potencia y movimiento en los vehículos automotrices, ya que es el dispositivo encargado de transformar una entrada de una fuente de energía en potencia mecánica. Según (González, 2015), actualmente existen diversas tecnologías para transformar una forma de fuente de energía en energía mecánica, capaz de realizar el trabajo necesario para permitir que un vehículo tenga movimiento. Para la selección de motores y actuadores, de acuerdo con (Kumar, 2010), se tomó en consideración factores y características técnicas de funcionamiento, así como también, se considera el costo de operación y mantenimiento del mismo. Para lo cual se procedió a realizar un análisis exhaustivo de las tecnologías comúnmente utilizadas en el ámbito automotriz y determinar la tecnología que mejor se acople al presente prototipo.

Tabla 1

*Selección de motores*

<b>Tipo de Motores</b>	<b>Características</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Eléctricos</b>	Buen desempeño Ecológico Disponibilidad en el mercado Poco ruidosos Alto costo	Poca autonomía Tecnología de almacenamiento de energía en desarrollo
<b>Gas Natural</b>	Bajo costo de combustible Buen desempeño Tecnología desarrollada	20% de potencia y torque menor que motores de combustión
<b>Gasolina</b>	Tecnología desarrollada Alto desempeño Disponibilidad en el mercado (motores y repuestos)	Bajo número de profesionales calificados para mantenimiento
<b>Diésel</b>	Tecnología desarrollada Al desempeño Disponibilidad en el mercado Bajo consumo de combustible	Poco número de profesionales calificados para mantenimiento Costo de mantenimiento alto (Mano de obra y repuestos)

*Nota.* Comparación de las características de las tecnologías de motores.

Finalmente, se considera que comúnmente los motores utilizados para implementar los sistemas de movimiento, tracción y/o accionamiento de maquinaria pesada son los

motores de combustión interna de ignición por compresión o a diésel; sin embargo, al ser implementado en un banco de prácticas, para mejorar el proceso de aprendizaje tecnológico de los fundamentos teóricos principales en la formación técnica del estudiante, el costo de adquisición, mantenimiento y/o puesta en marcha del mismo, y la potencia mecánica necesaria en la bomba seleccionada, se optó por la selección de un motor de combustión interna de encendido por chispa o a gasolina, de segunda mano, que recibió mantenimiento para asegurar su correcto funcionamiento y se determinó que posee las características técnicas mostradas en la *Tabla 2*.

**Tabla 2***Características de los motores*

<b>Fabricante del motor</b>	<b>Toyota</b>	<b>Ford</b>	<b>Honda</b>
<b>Cilindrada / Desplazamiento / Capacidad del motor</b>	~ 1.0 Lts 993 cc	~ 1.3 Lts 1305 cc	~ 1.2 Lts 1170 cc
<b>Número de cilindros</b>	4	4	4
<b>Disposición de cilindros</b>	en línea	En V	En línea
<b>Número de válvulas por cilindro</b>	2	2	2
<b>Diámetro del cilindro</b>	72.00 mm	84.0 mm	70.00 mm
<b>Carrera del pistón</b>	61.00 mm	58.86 mm	76.00 mm
<b>Relación de compresión</b>	9.00:1	8.2:1	8.3:1
<b>PME</b>	119.29 psi 822.48 kPa	147.98 psi 1020.29 kPa	143.26 psi 987.74 kPa
<b>Tipo de motor</b>	OHV (válvula en cabeza)	OHV (válvula en cabeza)	SOHC (un solo árbol de levas en la cabeza)
<b>Refrigeración</b>	refrigeración por agua	refrigeración por agua	refrigeración por agua
<b>Sistema de combustión</b>	Carburador	Carburador	Carburador
<b>Potencia máxima</b>	35 kW 48 HP	47 kW 64 HP	37 kW 50 HP

Fabricante del motor	Toyota	Ford	Honda
Par motor máximo	66 N-m	106 N-m	93 N-m
Revoluciones por minuto	3800 rpm	3000 rpm	3000 rpm
Volumen / capacidad de depósito /tanque	38.60 lts 10.20 gal	38.60 lts 10.20 gal	38.60 lts 10.20 gal

*Nota.* Características técnicas principales del motor seleccionado para la implementación en el banco de pruebas de maquinaria pesada. Tomado de (Carinf.com, 2020)

### Montaje del motor

Para el proceso de montaje del motor en la estructura mecánica o bastidor del banco de pruebas de maquinaria pesada diseñado y elaborado anteriormente, se consideró la utilización de elementos mecánicos de fijación, para asegurar el correcto soporte del motor en el mismo, mediante la colocación de 4 placa de soporte a los lados del motor, como se muestra la *figura 17*.

### Figura 17

*Placas de soporte para montaje*



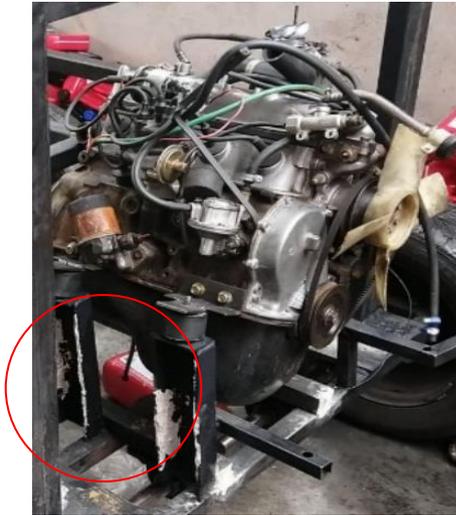
*Nota.* Las placas de soporte para montaje permitirán el ensamblaje del motor con el bastidor.

Estos elementos de soporte son fijados en la parte inferior del bloque del motor, mediante realización de 8 taladros roscados, 4 en cada lado, y con la utilización de pernos de 1", para brindar el adecuado soporte en el montaje sobre 4 pilares que posee el bastidor,

para lo cual, con la utilización de un soporte de izaje para motores o convencionalmente conocido como tecele, se procedió a montar el motor, como se muestra en la *figura 18*.

### **Figura 18**

*Montaje del motor sobre el bastidor*



*Nota.* Las placas de soporte del motor son apoyadas en los pilares del bastidor utilizando acoples de caucho.

Ya ubicado el motor sobre los pilares y asegurados los soportes, se continúa con la instalación del radiador, mostrado a continuación; con el objetivo de garantizar el correcto proceso de refrigeración del motor instalado. Este dispositivo termodinámico que ayuda a disipar el calor del fluido refrigerante, fue instalado el parte anterior del motor, mediante la fijación en la estructura del bastidor utilizando 3 pernos de 1" para su soporte, como se muestra en la *figura*.

### **Figura 19**

*Radiador del motor de combustión*



*Nota.* Es importante asegurarse que no existan fugas en este dispositivo para asegurar su correcto funcionamiento y refrigeración de la máquina.

Para finalizar, tomando en cuenta que todos los demás sistemas de la máquina ya fueron implementados se procedió a la carga de fluido en el sistema de refrigeración, como se muestra en la figura, para proceder a realizar las pruebas de funcionamiento correspondientes.

### **Figura 20**

*Carga de fluido al sistema de refrigeración*



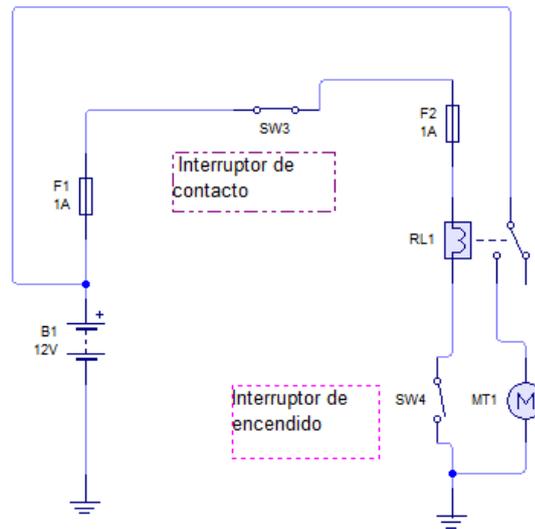
*Nota.* Es importante asegurarse de mantener el nivel de fluido en el sistema de refrigeración para asegurar la transferencia térmica correspondiente.

### ***Implementación del sistema de encendido***

Habiendo culminado el montaje del motor, se procedió a implementar el sistema de encendido para que obtener máxima eficiencia, considerando el circuito de arranque convencional que se muestra a continuación, constituido por conductores e interruptores de corriente eléctrica que permiten el flujo de electrones desde los terminales positivo y negativo de la batería hasta los contactos de conexión en la bobina de arranque.

**Figura 21**

*Sistema de Encendido.*



*Nota.* Funcionalmente el sistema de encendido es el encargado de producir la chispa dentro del cilindro para combustionar la mezcla combustible.

Se utilizó una batería Bosch 24 HP S4, como se muestra en la figura, este dispositivo posee una potencia para consumo de 64 Ah, mediante conductores eléctricos se conecta en serie al motor de arranque, el switch y la bobina de encendido.

**Figura 22**

*Batería utilizada en el banco de pruebas.*



*Nota.* La batería debe proporcionar el flujo de electrones necesario para realizar el proceso de encendido del motor

El switch de encendido será montado en el panel frontal de la cabina permitiendo su fácil acceso para el arranque del motor, a través de un switch de encendido de dos posiciones.

**Figura 23**

*Cableado del switch del encendido*



*Nota.* Para realizar el cableado del switch del sistema de encendido se utilizó cable 18 AWG.

**Figura 24**

*Montaje final del switch de encendido*



*Nota.* Ubicación del switch de encendido del motor en la cabina del banco de pruebas de maquinaria pesada.

Al ver realizado el cableado del sistema de encendido, se procede a realizar el montaje en el panel de la cabina, como se mencionó anteriormente, para lo cual se procedió a realizar una perforación del diámetro del switch de encendido y su fijación a través de sus elementos de fijación, como se muestra en la figura.

## Capítulo IV

### Marco administrativo

#### Recursos humanos

Todo el personal técnico involucrados en el proceso de este proyecto de titulación se especifican en la siguiente tabla, en la misma que se detalla el aporte específico de cada uno de los contribuyentes.

**Tabla 3**

*Recursos humanos*

<b>Nombres</b>	<b>Aporte</b>
Ases Castro Adamaris Sharlyn.	Implementación del proyecto.
Ing. Jaime León Almeida.	Tutor del trabajo de titulación.

#### 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 4**

*Recursos humanos*

<b>Orden</b>	<b>Recurso tecnológico</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
1	Motores de búsquedas (Google, Mozilla)	1	\$ 40.00	\$40.00
2	MICROSOFT OFFICE	1	\$50.00	\$100.00
			<b>Total:</b>	\$90.00

## 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 5**

*Recursos materiales*

Orden	Recurso material	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Motor	1	\$300.00	\$300.00
2	Switch encendido	2	\$39.00	\$39.00
3	Conductores eléctricos	2	\$5.00	\$5.00
4	Batería	1	\$50.00	\$50.00
			<b>Total:</b>	\$394.00

## Presupuesto

Una vez concluyentes los consumos de los recursos tecnológicos y materiales ayudaron a la construcción del proyecto de titulación, a continuación, podemos observar en la siguiente tabla los valores invertidos de los recursos y además se agrega un presupuesto de entrevistas que se utilizaron en el tiempo de elaboración del proyecto.

**Tabla 6**

*Presupuesto*

Orden	Recursos	Total
1	Recursos tecnológicos	\$90.00
2	Recursos materiales	\$394.00
3	Imprevistos	\$170.00
<b>Total:</b>		\$654.00

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

Se determinó analíticamente que la potencia mecánica mínima necesaria que el eje motriz del motor de combustión interna es de 30 [HP], considerando la eficiencia mecánica tanto del motor como de la bomba seleccionada para el circuito hidráulico.

Mediante el estudio de las características principales de las tecnologías de motores que actualmente se encuentran en desarrollo y utilización en el ámbito automotriz e industrial, se infirió que un motor de combustión interna a gasolina es una opción plausible para la implementación en un banco de pruebas de aprendizaje de maquinaria pesada debido a que a su enfoque de mejoramiento del proceso de enseñanza – aprendizaje.

Además, el motor de combustión de marca Toyota, de cilindraje 993 centímetro cúbicos, posee las especificaciones técnicas necesarias para considerarse implementarse en el banco de pruebas de aprendizaje de maquinaria pesada, tomando en cuenta que transmite una potencia máxima de 48 HP a la máxima velocidad de rotación, lo cual permitirá el correcto funcionamiento del mismo en el transcurso de la realización de practica de laboratorio.

Es necesario utilizar y practicar los fundamentos teóricos en referencia a operaciones de ensamblaje y montaje utilizando elementos de fijación mecánica, que permitirán mantener el correcto montaje del motor de combustión en la estructura mecánica principal de la máquina, permitiendo su acoplamiento con los demás elementos del banco de pruebas.

#### Recomendaciones

Considerar las características técnicas de los motores en el proceso de selección, ya que la potencia máxima y el par de torsión máximo se producen a distintas velocidades angulares, evitando la sobrecarga del motor.

Para el dimensionamiento y la selección considerar las pérdidas de potencia mecánica que se pueden generar debido al estado de los componentes y sistemas del motor de combustión interna.

Para la selección del motor considerar los factores económicos de mantenimiento, puesta en marcha y reparación en el caso de ser necesario, para no incurrir en gastos prematuros innecesarios por mal funcionamiento de los sistemas y elementos constitutivos de los motores de combustión interna.

## Bibliografía

Arrellano, F. (2015). Análisis, diseño e implementación de un banco de pruebas para calibración del sistema de iluminación frontal de un vehículo liviano, de acuerdo a normas internacionales. Quito.

Campuzano, R. (2007). *Implementación para el Laboratorio de Motores de Combustión Interna*. Cali.

Carinf.com. (2020). *Toyota*. Recuperado el 07 de 03 de 2022, de Toyota 1000 (1976): <https://www.carinf.com/es/c7f044878.html>

Cengel, Y. (2012). *Termodinámica*. México: McGraw Hill.

Faires, V. (1999). *Termodinámica*. Limusa.

Farell, M. (2009). *Motores Rotativos. Tipologías y Combustibles alternativos*. Barcelona.

García, V. (05 de Marzo de 2020). *Electrónica práctica aplicada*. Obtenido de <https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988>

González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo S.A.

INEN. (1998). *Derivados del Petróleo. Gasolina. Determinación de las características Antidetonantes. Método Research (RON)*.

INEN. (2003). *NTE 2341:2003. Derivados del Petróleo. Productos relacionados con el Petróleo y afines. Definiciones*. Quito.

INEN. (2016). *NTE iNEN 935. Productos Derivados de Petróleo. gasolina. Requisitos*.

INEN. (s.f.). *NTE 1489. Productos derivados del Petróleo. Diésel. Requisitos*.

Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Prentice Hall.

Rodríguez, J. (2016). *Introducción a la Termodinámica. Con algunas aplicaciones de ingeniería*.

Salazar. (2016). *Implementación de un motor de combustión interna, Ciclo Otto de cuatro cilindros y 1600 cc*.

Saralegui, I. G. (2019). *Universidad Nacional de La Plata "Proyecto de motores"*.

Recuperado el 07 de 03 de 2022, de Apunte de cátedra – Parámetros de Semejanza en

MCI: <file:///C:/Users/Segundo%20Y/Downloads/Sistema%20de%20distribuci%C3%B3n.pdf>

## Anexos