



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE TORQUE Y POTENCIA DEL MOTOR KARTING  
IAME SUDAM REFRIGERADO POR AIRE UTILIZANDO TRES TIPOS DE  
COMBUSTIBLES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: JHERSSON STALIN JIMENEZ RAMÍREZ  
KEVIN ALBERTO SAAVEDRA PALADINES  
TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, MSc.**

Cuenca - Ecuador  
2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Jhersson Stalin Jiménez Ramírez con documento de identificación N° 1718564659 y Kevin Alberto Saavedra Paladines con documento de identificación N° 0706360542; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 5 de agosto del 2024

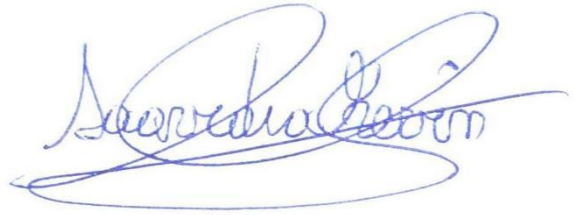
Atentamente,



---

Jhersson Stalin Jiménez Ramírez

1718564659



---

Kevin Alberto Saavedra Paladines

0706360542

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jhersson Stalin Jiménez Ramírez con documento de identificación N° 1718564659 y Kevin Alberto Saavedra Paladines con documento de identificación N° 0706360542, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis comparativo de torque y potencia del motor karting IAME SUDAM refrigerado por aire utilizando tres tipos de combustibles”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de agosto del 2024

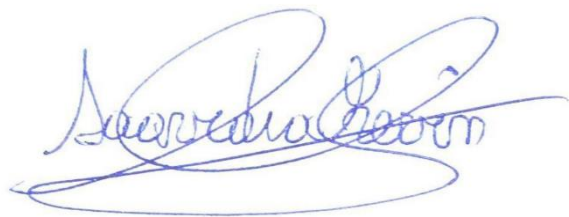
Atentamente,



---

Jhersson Stalin Jiménez Ramírez

1718564659



---

Kevin Alberto Saavedra Paladines

0706360542

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Omar Pulla Morocho con documento de identificación N° 0103570602, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DE TORQUE Y POTENCIA DEL MOTOR KARTING IAME SUDAM REFRIGERADO POR AIRE UTILIZANDO TRES TIPOS DE COMBUSTIBLES, realizado por Jhersson Stalin Jiménez Ramírez con documento de identificación N° 1718564659 y por Kevin Alberto Saavedra Paladines con documento de identificación N° 0706360542, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de agosto del 2024

Atentamente,



---

Ing. Christian Omar Pulla Morocho, MSc.

0103570602

## **Dedicatoria**

*A mis amados padres, José René Jiménez y*

*Flora Aide Ramírez:*

*Este logro no habría sido posible sin el amor y el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida. A ustedes, que con su ejemplo me enseñaron el verdadero significado del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación, les debo todo lo que soy. Papá, gracias por ser mi roca y por demostrarme con tu trabajo incansable que los sueños se alcanzan con determinación y disciplina. Mamá, gracias por tu cariño infinito, por tu fe inquebrantable en mis capacidades, y por ser el faro que siempre ilumina mi camino, incluso en los momentos más oscuros.*

*A mis hermanos, que han sido mis compañeros de vida y mis mejores amigos:*

*Gracias por estar siempre ahí, por cada palabra de aliento y por cada gesto de apoyo. Su compañía ha sido esencial en este viaje, y su confianza en mí ha sido una fuente de motivación constante. Juntos*

*hemos compartido momentos de alegría,  
desafíos y aprendizajes, y estoy  
profundamente agradecido por el lazo que  
nos une. Cada uno de ustedes, con su  
fuerza, valentía y amor, ha dejado una  
huella imborrable en mi vida y en este  
logro.*

*A todos ustedes, mi familia, dedico esta  
tesis como un humilde tributo a su amor y  
sacrificio. Este es tan solo un pequeño  
reflejo de lo que hemos construido juntos.  
Con todo mi cariño y gratitud, les  
agradezco por ser la inspiración que me ha  
llevado hasta aquí.*

***Jhersson Stalin Jiménez Ramírez***

## **Dedicatoria**

*Este proyecto va dedicado a quienes han sido mi mayor apoyo a lo largo de este viaje. A mi madre, Mariuxi Paladines, y a mi padre, Wilson Saavedra, por su amor incondicional, paciencia y aliento constante por estar siempre a mi lado con su apoyo inquebrantable; y a mis amigos, por su comprensión y apoyo en cada momento. Este trabajo no habría sido posible sin su ayuda y su fe en mí.*

*Gracias por ser mi inspiración y por hacer posible este logro.*

*Con gratitud y cariño,*

***Kevin Alberto Saavedra Paladines***

## **Agradecimiento**

*En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, José René Jiménez y Flora Aide Ramírez. Ustedes han sido mi mayor inspiración y mi mayor apoyo a lo largo de este arduo camino. Su amor incondicional, sus sacrificios diarios y su fe en mí han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y el compromiso. Este logro es tan suyo como mío.*

*A mis hermanos, quienes han estado a mi lado en cada etapa de esta travesía, les agradezco de corazón por su apoyo constante y por ser un pilar fundamental en mi vida. Su compañía y aliento me han dado la fortaleza necesaria para superar los desafíos y alcanzar mis metas.*

*Quiero también expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor, Christian Pulla, quien ha sido un guía invaluable en el desarrollo de esta tesis. Su paciencia, conocimientos y sabios consejos han sido*



*fundamentales para la culminación de este trabajo. Gracias por su dedicación y por creer en mi capacidad para llevar a cabo este proyecto.*

*Asimismo, deseo agradecer a Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de formarme en un ambiente académico de excelencia. A los profesores y al personal administrativo, gracias por su esfuerzo y compromiso, que han hecho de esta experiencia educativa una etapa enriquecedora y formativa en mi vida.*

*Finalmente, agradezco a todos aquellos que de una u otra manera han sido parte de este proceso, brindándome su apoyo, su tiempo y su confianza. Este logro no habría sido posible sin cada uno de ustedes.*

***Jhersson Stalin Jiménez Ramírez***

## **Agradecimiento**

*En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Christian Pulla por su guía incondicional, su apoyo constante y su paciencia a lo largo de todo el proceso de investigación y redacción de esta tesis. Sus valiosos consejos y su conocimiento profundo han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.*

*Mi gratitud se extiende a mis compañeros en especial Stalin Jiménez, quienes, con sus discusiones enriquecedoras y su colaboración, hicieron de este proceso una experiencia más gratificante y productiva.*

*Finalmente, agradezco a la institución Universidad Politécnica Salesiana su apoyo y contribuciones valiosas que facilitaron la realización de esta tesis.*

*A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.*

***Kevin Alberto Saavedra Paladines***

## **Resumen**

*Palabras Claves:*

## **Abstract**

Keywords:

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria .....	V
Dedicatoria .....	VII
Agradecimiento .....	VIII
Agradecimiento .....	X
Resumen .....	XI
Abstract .....	XII
Introducción .....	XVI
Problema .....	XVII
Antecedentes .....	XVII
Delimitación .....	XIX
Objetivos .....	XX
Objetivo General .....	XX
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
Estado del arte .....	1
1.1 Historia del Karting .....	1
1.2 Motores de Combustión Interna .....	2
1.2.1 Ciclo de Trabajo de los Motores de Combustión Interna .....	3
1.2.1.1 Ciclo de trabajo de motores de cuatro tiempos .....	3
1.2.1.2 Ciclo de trabajo de motores de dos tiempos .....	8
1.3 Tipo de refrigeración para motores de combustión interna .....	11
1.4.1 Par motor .....	14
1.4.2 Potencia del motor .....	16
1.4.3 Curva del consumo específico del combustible .....	19
1.5 Banchi prova soft -engine motor braker 120 .....	20
1.5.1 Norma de ensayos de Prueba .....	22
1.5.2 Normativa SAE J1349 .....	23
1.6 Combustibles .....	24
1.6.1 Ecopaís .....	25
1.6.2 Súper .....	26
1.6.3 Queroseno o JET A1 .....	26
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>28</b>
Pruebas experimentales de torque y potencia en el motor IAME SUDAM, mediante el banco dinamométrico Soft-Engine .....	28
2.1 Selección del tipo de Motor .....	28
2.2 Datos técnicos del tipo de motor seleccionado. ....	29
2.3 Tipos de combustibles utilizados. ....	30
2.4 Preparación y caracterización de muestras de combustibles para la evaluación de torque y potencia. ....	31
Ordoñez Ochoa y Sarmiento Correa (2022) dicen que para cada una de las pruebas a realizar se debe de mezclar una porción de aceite con el	

combustible, es decir serán 8 Oz de aceite por 1 galón de combustible Súper. 31

2.5 Adaptación de un Sistema de Ventilación Forzada para el Motor de Karting IAME SUDAM Refrigerado por Aire ..... 35

2.5.1 Especificaciones del ventilador..... 36

2.5.2 Tabla de elementos del sistema de ventilación externa. .... 38

2.6 Diseño de la base de soporte para la instalación del ventilador ..... 39

2.7 Elementos adicionales para el sistema de ventilación..... 41

3. CAPÍTULO III.....**¡Error! Marcador no definido.**

2.1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX .....**¡Error! Marcador no definido.**

CONCLUSIONES .....**¡Error! Marcador no definido.**

RECOMENDACIONES .....**¡Error! Marcador no definido.**

BIBLIOGRAFÍA..... 45

### ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.1**..... **1**

**Figura 1.2:**..... **4**

**Figura 1.3**..... **5**

**Figura 1.4**..... **7**

**Figura 1.5**..... **8**

**Figura 1.6**..... **9**

**Figura 1.7:**..... **10**

**Figura 1.8:**..... **11**

**Figura 1.9**..... **12**

**Figura 1.10**..... **13**

**Figura 1.11** ..... **15**

**Figura 1.12** ..... **16**

**Figura 1.13** ..... **18**

**Figura 1.14:**..... **18**

**Figura 1.15** ..... 20

**Figura 1.16** ..... 21

**Figura 1.17** ..... 22

**Figura 1.18:** ..... 25

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Tabla 1.1** ..... 21

**Tabla 1.2:** ..... 27

## **Introducción**

El rendimiento de los motores de karting es un factor crucial en las competencias de alto nivel, donde cada detalle puede marcar la diferencia entre la victoria y la derrota. Entre los parámetros más importantes que determinan el desempeño de un motor están el torque y la potencia, los cuales influyen directamente en la aceleración, la velocidad máxima y la capacidad de respuesta del vehículo en distintas condiciones de carrera. Los motores IAME Sudam 125 cc. refrigerados por aire, ampliamente utilizados en competencias de karting, son conocidos por su alto rendimiento, pero su eficiencia puede variar significativamente en función del tipo de combustible utilizado.

El presente estudio se enfoca en un análisis comparativo del torque y la potencia del motor de karting IAME Sudam 125 cc refrigerado por aire, empleando diferentes tipos de combustibles. La selección del combustible es un aspecto crítico en el karting, ya que afecta directamente la combustión y, por ende, las características de desempeño del motor. Comparar cómo diferentes combustibles influyen en el torque y la potencia permite obtener una visión detallada sobre cuál ofrece un mejor rendimiento bajo determinadas condiciones de carrera.

La importancia de este análisis radica en su potencial para optimizar el rendimiento de los motores en competencias de karting, proporcionando datos precisos que pueden ser utilizados para ajustar la configuración del motor y seleccionar el combustible más adecuado. Además, comprender cómo diferentes combustibles impactan el rendimiento del motor IAME Sudam 125 cc puede contribuir a mejorar las estrategias de mantenimiento y ajuste, prolongando la vida útil del motor y garantizando un desempeño consistente.

A lo largo de esta investigación, se realizarán pruebas experimentales para medir y comparar el torque y la potencia del motor bajo el uso de distintos combustibles. Los resultados obtenidos serán analizados para identificar patrones y determinar las condiciones en las que cada combustible



ofrece un rendimiento óptimo. Finalmente, se presentarán recomendaciones específicas para maximizar el desempeño del motor en competencias de karting, basadas en los hallazgos del estudio.

### **Problema**

En la actualidad, “el avance tecnológico en la industria automotriz ha permitido optimizar las curvas de desempeño en los vehículos, mejorando el Torque, la Potencia y disminuyendo la contaminación provocada por los motores de combustión interna” Zambrano, R. A. & Núñez, C. M. (2013). Sin embargo, para nuestro tema de estudio, los motores Karting cuenta con limitada información sobre las curvas de desempeño (Torque y Potencia) y el efecto que se obtendrá al utilizar tres tipos de combustibles de alto octanaje. Al ser un motor diseñado para la competición nuestra finalidad será comparar las curvas de desempeño con los tres tipos de combustible y verificar el tipo de combustible que nos permita mejor rendimiento en términos de torque y potencia, además de analizar si el combustible es contaminante para el medio ambiente.

### **Antecedentes**

La eficiencia y el rendimiento de los motores de karting, como el IAME SUDAM refrigerado por aire, han sido objeto de estudio en diversas investigaciones debido a la importancia de optimizar su desempeño en competencias y en la práctica profesional. El análisis comparativo de diferentes tipos de combustibles es una de las áreas de investigación clave para entender cómo afectan los parámetros críticos del motor, tales como el torque y la potencia.

Los motores de karting han evolucionado significativamente en las últimas décadas, con mejoras en tecnología y diseño que buscan maximizar el rendimiento en pista. La literatura existente señala que el tipo de combustible utilizado puede influir de manera notable en el

comportamiento del motor. Los combustibles comunes en el karting incluyen gasolina con diferentes octanajes y mezclas con aditivos, que pueden alterar la eficiencia del motor y sus características de rendimiento (Smith et al., 2015; Johnson y Lee, 2018).

Diversos estudios han analizado el impacto de diferentes combustibles en el torque y la potencia de motores similares al IAME SUDAM. Investigaciones previas han mostrado que el tipo de combustible puede afectar no solo la potencia máxima, sino también la curva de torque, lo cual es crucial para la optimización del rendimiento en condiciones de carrera (Brown, 2016; Garcia et al., 2020). La realización de pruebas en bancos dinamométricos es una metodología ampliamente aceptada para medir y comparar estos parámetros, permitiendo obtener datos precisos sobre el comportamiento del motor con diferentes combustibles.

El uso de software estadístico para el análisis de datos experimentales es esencial para interpretar los resultados de las pruebas de torque y potencia. Herramientas como [nombre del software] permiten realizar análisis detallados y comparativos, facilitando la identificación de patrones y la evaluación del impacto de las variaciones en el tipo de combustible (Williams y Patel, 2019).

La investigación propuesta busca contribuir a la comprensión de cómo los diferentes combustibles afectan el rendimiento del motor IAME SUDAM, proporcionando datos valiosos que pueden ser utilizados para optimizar la selección de combustible en aplicaciones prácticas. Este análisis comparativo tiene el potencial de influir en las decisiones de diseño y en la estrategia de competición, ofreciendo una base científica para futuras investigaciones y mejoras en el campo del karting.

El presente proyecto aportará al grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GITT), a docentes, estudiantes y todos los aficionados al Karting, que buscan el mejor combustible para un mayor rendimiento, además, se podrá disponer del motor IAME de prueba para futuros proyectos de investigación.

### **Delimitación**

Este estudio se llevó a cabo exclusivamente en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, debido a que se cuenta con el taller y las herramientas necesarias. La delimitación geográfica y organizativa del proyecto está diseñada para asegurar la relevancia y aplicabilidad de los hallazgos dentro del contexto particular de esta institución.

#### **Figura 0**

Croquis de la Universidad Politécnica Salesiana



Fuente: Google Maps

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Efectuar el análisis comparativo de torque y potencia del motor karting IAME SUDAM refrigerado por aire utilizando tres tipos de combustibles.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer el estado del arte, mediante la investigación bibliográfica referente a los tipos de combustible empleados, para fundamentar la investigación propuesta.
- Realizar las pruebas experimentales de torque y potencia en el motor IAME SUDAM mediante el banco dinamométrico Soft-Engine empleando muestreos de tres tipos de combustibles.
- Analizar los datos obtenidos, mediante el uso del software estadístico para la determinación del comportamiento de los combustibles en los parámetros de torque y potencia del motor.



## CAPÍTULO I

### Estado del arte

#### 1.1 Historia del Karting

Para empezar este capítulo hablaremos sobre la historia del karting también conocido como Go-Kart el cual se remonta en la década de 1950 en Estados Unidos, cuando el Ing. Art Ingels fabrico el primer Go-Kart con tubos de acero para el chasis y un motor de cortadora de césped.

#### Figura 1.1

*Imagen del creador del GO-KART*



Nota. Art Ingels és Lou Borelli [Fotografía],  
[https://recreationcentral.eu/media/pub/magazino,  
k/23/2016.1-190317133559.pdf](https://recreationcentral.eu/media/pub/magazino,k/23/2016.1-190317133559.pdf) CC BY 2.0.

Después de unos años fueron introducidos a Europa y rápidamente se popularizo como entrenamiento y deporte para la gente de todas las edades debido a su bajo coste el cual se hizo accesible para muchos. Según (Yusupov, 2021) menciona que existe un punto de inflexión en el

desarrollo del karting ya que, en el año 1962 se creó una Comisión Internacional de Karting, que se convirtió en uno de los órganos de la Federación Internacional del Automóvil (FIA), lo cual, este lo reconoce como un deporte de motor y posterior a ellos se crearon reglas para su diseño y para la competición las cuales están vigentes en la actualidad.

Hoy en día, los karts están equipados con motores de 2 tiempos y cilindradas de 125 cc. que pueden ser refrigerados tanto por aire como por agua. Estos motores pueden tener una sola marcha, tres marchas (motor DD2) o hasta seis marchas (Shifter), siendo esta última la categoría principal en esta modalidad para la competición. El motor de dos tiempos ofrece claras ventajas en vehículos ligeros y económicos, debido a su simplicidad y a la facilidad de su fabricación, lo que lo convierte en una opción ideal para los modelos más pequeños. (Arbeloa Murillo, 2010)

## **1.2 Motores de Combustión Interna**

“La energía mecánica es fundamental para el funcionamiento de diversas máquinas y puede obtenerse a partir de la energía térmica, hidráulica, solar y eólica” (Morales & Guzmán, s. f. p. 3). La energía térmica, derivada de la combustión de combustibles orgánicos como los hidrocarburos, es la más utilizada. El objetivo de un motor de combustión interna es generar trabajo mecánico a partir de la energía química del combustible, que se libera mediante la quema de este por ayuda ya sea por fuente de calor externa (chispa eléctrica) o por ignición.

Según Marín y Toro (2018), menciona que “el motor de combustión interna se compone de varios sistemas y mecanismos que producen potencia al convertir la energía química del combustible en calor y luego en movimiento, conocido como trabajo mecánico, ocurre a través de la expansión de los gases generados por la explosión del combustible dentro de un cilindro y émbolo” (p. 11).

## 1.2.1 Ciclo de Trabajo de los Motores de Combustión Interna

A continuación, se explicará el ciclo de trabajo de un motor de combustión interna que para nuestro tema de estudios solo sería para motores a gasolina. De acuerdo con el ciclo de trabajo, los motores alternativos se dividen en motores de cuatro tiempos (4T) y motores de dos tiempos (2T) y una de sus principales diferencias entre estos dos tipos de motores es su ciclo de trabajo específicamente en las etapas de escape y admisión, (Marín y Toro, 2018. p.28).

Mencionamos a continuación la diferencia de motores alternativos de cuatro tiempo y dos tiempos.

### 1.2.1.1 Ciclo de trabajo de motores de cuatro tiempos

En los motores de cuatro tiempos, el ciclo de trabajo se completa en dos giros de 360° del cigüeñal, es decir, que el pistón estará dos veces en (PMI) y dos veces en (PMS), esta característica es la razón por la que se les conoce como motores de cuatro tiempos (4T).

El ciclo de trabajo de los motores se basa en el Ciclo Otto que es el proceso termodinámico utilizado en los motores de combustión interna con encendido por chispa eléctrica. Según menciona Morales & Guzmán (s. f.), “En 1862, el francés Beau De Rochas patentó un ciclo, el cual fue utilizado por los alemanes Otto y Langen en un motor de cuatro tiempos, el cual es el primer motor implementado con este ciclo”.

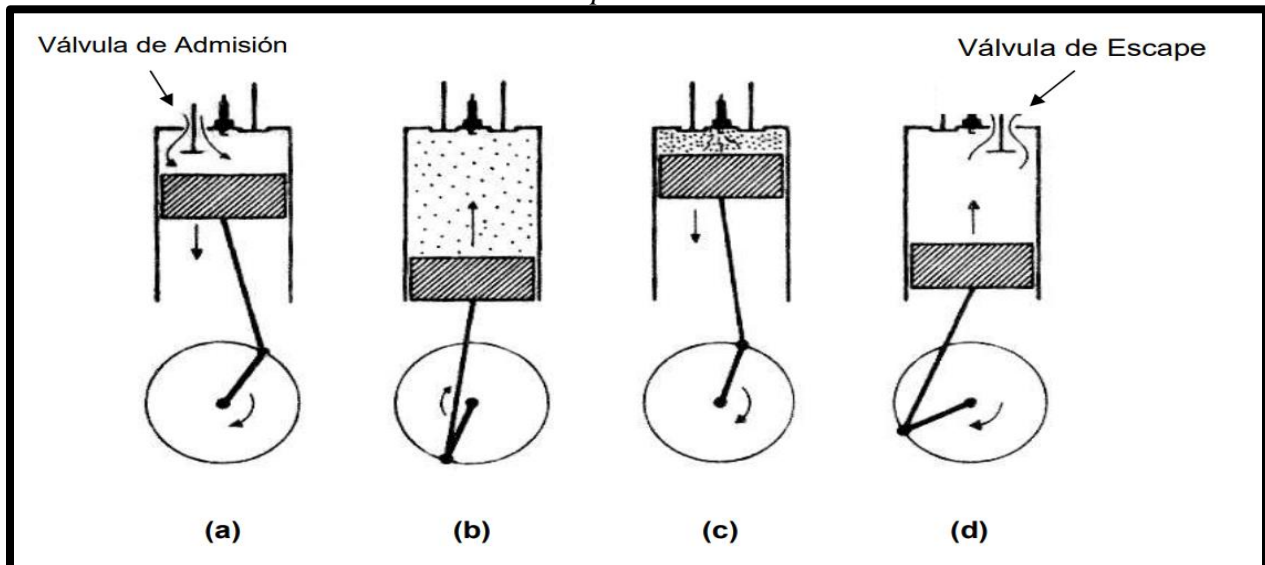
- **Admisión:** Para el caso de un motor de cuatro tiempos de encendido por chispa, el pistón se desplaza desde su PMS hasta su PMI, provocando una depresión en el interior del cilindro, permitiendo la entrada de la mezcla de aire-combustible, mientras la válvula de admisión aún permanece abierta y la de escape se mantiene cerrada.



- **Compresión:** Una vez finalizado este proceso, se comprime la mezcla, haciendo que el pistón ascienda PMI hasta su PMS, mientras que las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas.
- **Explosión:** Al finalizar este proceso, se realiza la combustión de la mezcla aire-combustible mediante la acción de una fuente calorífica externa como es la bujía, que provoca el incremento de la presión y la temperatura de la mezcla.
- **Expansión:** Como resultado de esta combustión, los gases acumulados dentro del cilindro provocan que el pistón se desplace de su PMS hasta el PMI, además es necesario tener en cuenta que esta etapa es el único momento donde se obtiene el trabajo.
- **Escape:** Cuando el pistón alcanza su PMI, la válvula de escape se abre, expulsando los gases de combustión del cilindro hacia la atmósfera. Este proceso podemos observarlo en la Figura 1.2 del proceso del ciclo Otto de un Motor de 4 tiempos.

**Figura 1.2:**

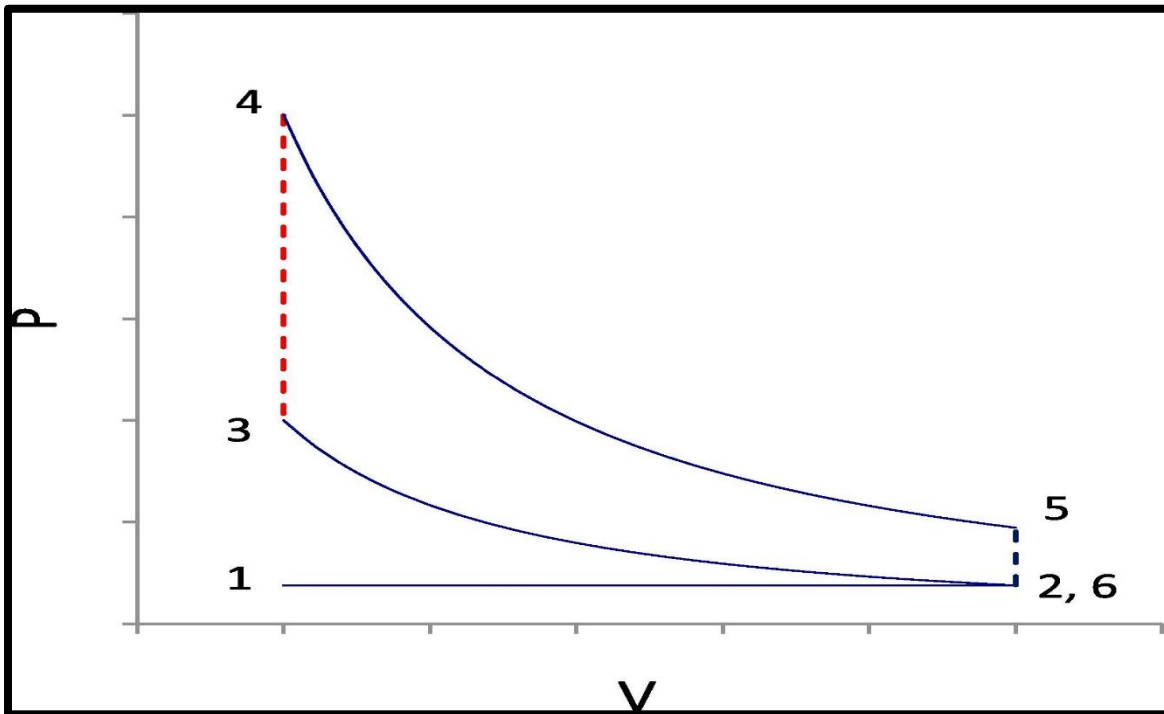
*Proceso del ciclo Otto de un Motor de 4 tiempos*



*Nota.* Tiempo de un Ciclo Otto, a) Admisión, b) Compresión, c) Explosión, d) Escape [Fotografía], <http://www.org.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>

Para la práctica, no se cumple exactamente, ya que supone que el ciclo es cerrado (volumen de aire y combustible constante) y que el medio sufre el proceso del ciclo repetidas veces, en la Figura 1.3 se puede observar el Ciclo Otto Teórico.

**Figura 1.3**  
*Ciclo Otto Teórico*



*Nota.* Diagrama de presión-volumen para los números ideales de estaciones de ciclo Otto utilizados en este análisis. Admisión isobárica de 1 a 2, compresión adiabática de 2 a 3, combustión isocórica de 3 a 4, expansión adiabática de 4 a 5, purga de cilindros de 5 a 6 y escape isobárico de 6 a 1 [Fotografía],

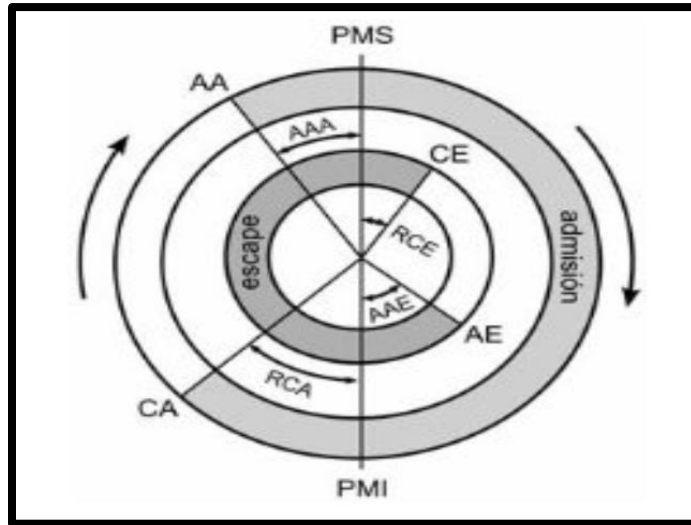
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890422013796>

Para solucionar ese inconveniente que específicamente es en la apertura y cierre de las válvulas, realizaron adelantos y retrasos con respecto a los señalado anteriormente. Entonces siguiendo la secuencia anterior quedaría de la siguiente manera:

- **Adelanto en la apertura de admisión (AAA):** es decir que antes de culminar el proceso de escape la válvula de admisión se abre de uno 5 a 9 grados, permitiendo que se realice un mejor llenado dentro del cilindro
- **Retraso en el cierre de admisión (RCA):** es decir cuando se realice la siguiente etapa de compresión la válvula de admisión permanece abierta permitiendo que se siga entrando mezcla de aire combustible, además de que parte de esa mezcla se devuelve al colector, enriqueciendo el combustible para el proceso posterior. Según menciona (Ordoñez, Sarmiento), “La válvula de admisión tiene un retraso de 49 grados de cierre después del PMI”(González & Desantes, 2011, p.29 )
- **Adelanto en la apertura del escape (AAE):** Es decir luego de haber explotado, el pistón se desplaza al PMI y al mismo tiempo la válvula de escape se abre entre unos 66 grados antes del PMI.
- **Retraso en el cierre de escape (RCE):** Como las válvulas se abrieron antes, esto permitió una mejor salida de los gases del cilindro y esto dura hasta que el pistón nuevamente suba al PMS es decir que las válvulas de escape se mantienen abiertas entre unos 26 grados después del PMS.

**Figura 1.4**

*Diagrama de apertura y cierre de las válvulas*

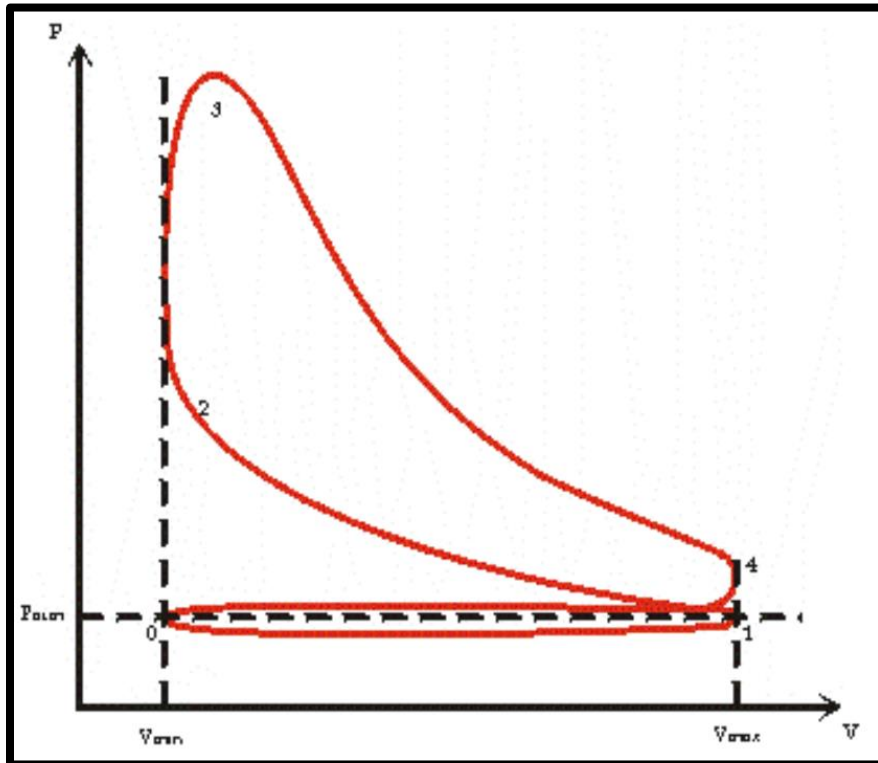


*Nota.* Diagrama de la distribución de un motor de cuatro tiempos, Marín y Toro (2018), <https://core.ac.uk/download/pdf/161642559.pdf>

Gracias a estos retrasos y avances de la válvula de escape y admisión, hay un momento donde estas válvulas permanecen abiertas lo cual se lo ha denominado cruce de válvulas y esto lo podemos observar en la Figura 1.4 del Diagrama de apertura y cierre de las válvulas, entre AAA y AAE.

El valor ideal de estos ángulos se ve influenciado significativamente por dos factores principales: las condiciones específicas de funcionamiento del motor, especialmente su velocidad de rotación, y los aspectos estructurales propios del motor, como el número y disposición de los cilindros, así como las dimensiones de los conductos de admisión. En la Figura 1.5 se puede observar el diagrama de volumen y presión real considerando los avances y retrasos mencionados con anterioridad, a la cual se lo denomina Ciclo Otto Real.

**Figura 1.5**  
*Ciclo Otto Real*



*Nota.* Ciclo Otto real [fotografía], Morales, M., & Guzmán, A. (s. f.),

<http://www.org.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>

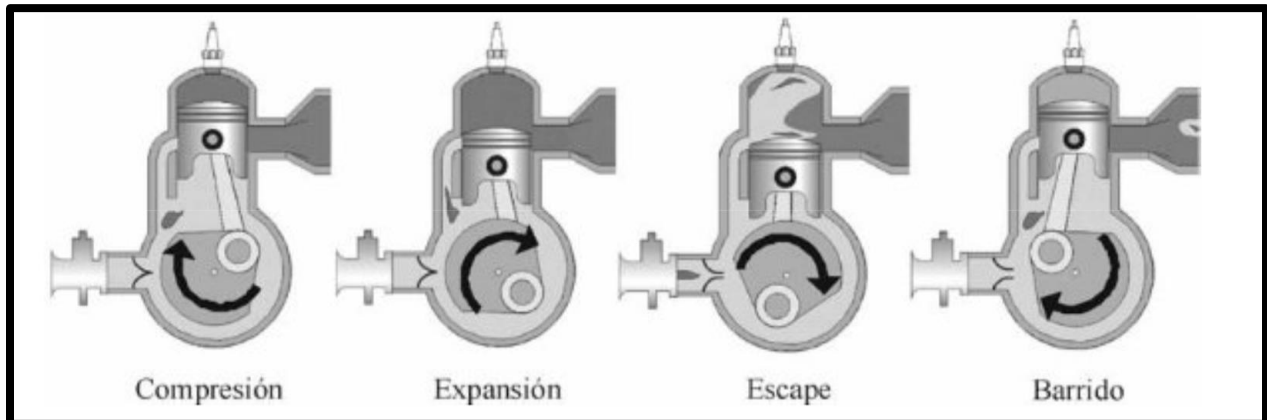
### 1.2.1.2 Ciclo de trabajo de motores de dos tiempos

Estos motores tienen su peculiaridad por realizar el ciclo de trabajo en solo dos movimientos del pistón, es decir, en una sola vuelta de 360 grados del cigüeñal. Muy diferentes a los motores de cuatros tiempos, que estos los realizaban en dos vueltas de 360 grados del cigüeñal, ocasionado una reducción al tiempo que realizan el trabajo.

Según menciona (Marín, Toro, 2018),” La principal diferencia radica en la renovación de la carga, ya que en estos motores el escape y la admisión ocurren simultáneamente en un proceso conocido como barrido, es decir, que el pistón no se encarga de expulsar los gases quemados y aspirar los nuevos, sino que son los gases frescos son los que barren los gases quemados hacia la salida” (p. 30).

**Figura 1.6**

*Ciclo de trabajo del motor de dos tiempos*



*Nota.* Fases de un motor de dos tiempos de barrido por cárter [fotografía],(Gonzáles & Desantes, 2011),

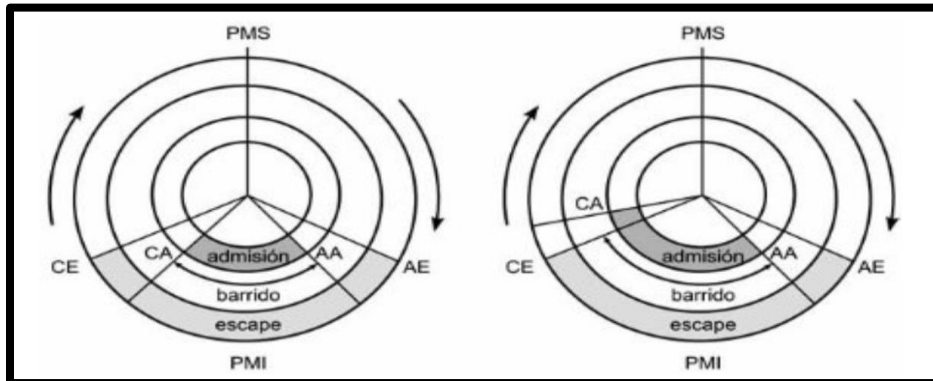
[https://www.academia.edu/38247431/Motores\\_de\\_Combustion\\_Interna\\_Alternativos\\_Payri](https://www.academia.edu/38247431/Motores_de_Combustion_Interna_Alternativos_Payri)

Es necesario decir que el ciclo de trabajo se realiza según el ciclo Otto para motores de dos tiempos lo cual se explicara a continuación:

- **Tiempo 1: Escape – Barrido:** en el momento de admisión existe dos formas según el tipo de motor unos son por medio de válvulas, o por medio de las lumbreras, entonces antes que el pistón se desplaza hacia el PMI, se inicia el proceso de admisión con los métodos ya mencionados. En este momento, es necesario que la presión en el cilindro haya disminuido lo suficiente para permitir que los gases nuevos del conducto de admisión entren al cilindro y realicen la limpieza de los gases ya quemados, es decir que la válvula de escape se encuentra abierta, esto continua hasta que el pistón haya subido antes del PMS
- **Tiempo 2: Compresión – Expansión:** al momento que se realizó el barrido se concentró una gran cantidad de mezcla de aire, aceite y combustible, entonces habiendo llegado hasta el PMS la válvula de escape se cierra, luego gracias a la chispa de la bujía explota la mezcla, haciendo que el pistón se desplace hasta el PMI, pero antes la válvula de escape se abre.

**Figura 1.7:**

*Diagrama de apertura y cierre de las válvulas de un motor de dos tiempos*

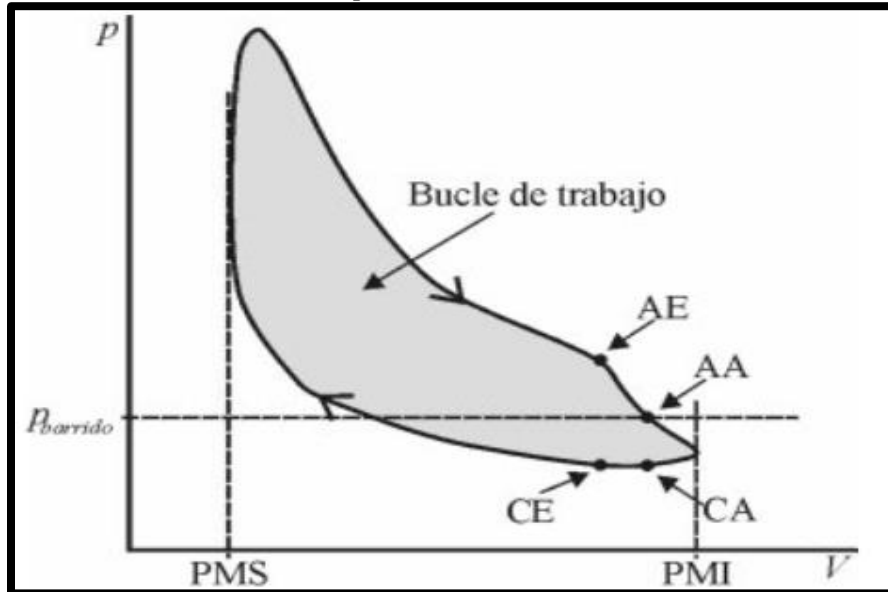


*Nota.* Diagramas de distribución en un motor de 2T [fotografía],(González & Desantes, 2011),

[https://www.academia.edu/38247431/Motores\\_de\\_Combustion\\_Interna\\_Alternativos\\_Payri](https://www.academia.edu/38247431/Motores_de_Combustion_Interna_Alternativos_Payri).

“El orden en que se cierran las aberturas de los motores de dos tiempos, pueden ser clasificados en dos tipos: los de barrido simétrico y los de barrido asimétrico, los cuales; en el caso de los motores de barrido simétrico, la apertura y cierre de las lumbreras se controla a través de la posición del pistón y por otro lado, en los motores de barrido asimétrico, la eficacia es mayor y se logra mediante la utilización de válvulas accionadas por un sistema de distribución similar a los motores de cuatro tiempos, o mediante la independencia de la apertura de las lumbreras de admisión con respecto a la posición del pistón en los motores de barrido por cárter, a través de válvulas rotativas o de láminas” (Marín y Toro (2018), p. 32)

**Figura 1.8:**  
*Ciclo Otto Real de dos tiempos*



*Nota.* Diagramas presión-volumen de un motor de 2T [fotografía], (González & Desantes, 2011),  
[https://www.academia.edu/38247431/Motores\\_de\\_Combustion\\_Interna\\_Alternativos\\_Payri](https://www.academia.edu/38247431/Motores_de_Combustion_Interna_Alternativos_Payri)

### 1.3 Tipo de refrigeración para motores de combustión interna

Los motores de combustión interna requieren un sistema de enfriamiento de los cilindros para controlar la cantidad de calor generado y evitar daños por exceso de temperatura, este calor se disipa al medio ambiente, que generalmente es el aire en motores terrestres y aeronáuticos, y el agua en motores marinos, (González & Desantes, 2011, p. 34).

Estas pueden ser:

#### 1.3.1 Motores refrigerados por aire

En los motores refrigerados por aire, el aire circundante funciona como el medio para eliminar el calor de las paredes del motor. Para mejorar la transferencia de calor, se utilizan aletas que aumentan la Superficie disponible. El aire puede circular naturalmente a través de las aletas



aprovechando la velocidad del vehículo en el que está montado el motor, o también se puede forzar su circulación mediante ventiladores.

**Figura 1.9**

*Motor refrigerado por aire*



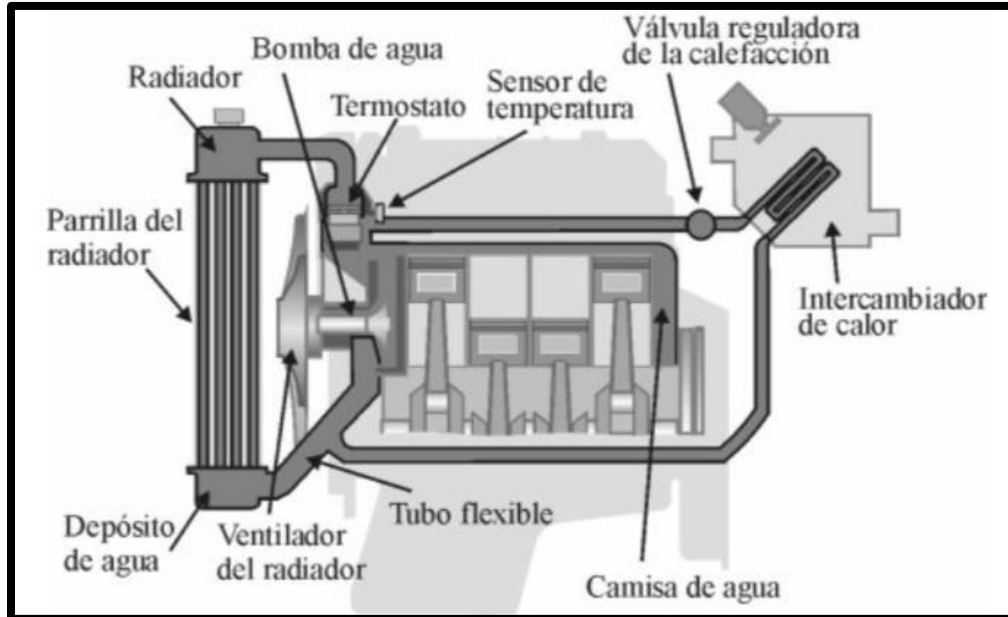
*Nota.* Motor refrigerado por aire [fotografía], (Arias & Ladino, 2018), <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/190dca6b-38b4-4bec-b2dc-6d9fa2226932/content>

### **1.3.2 Motores refrigerados por líquidos**

En los motores que utilizan refrigeración líquida, el líquido es movido por una bomba a través de conductos internos en el motor, y se emplea un intercambiador de calor (Figura 1.10) para devolver el líquido a una temperatura adecuada, ya sea utilizando aire ambiente o agua. La mezcla de líquidos comúnmente utilizada incluye agua, anticongelante y agentes anticorrosivos, aunque también pueden ser utilizados otros líquidos como ciertos glicoles o el mismo aceite de lubricación del motor.

**Figura 1.10**

*Motor refrigerado por agua*



*Nota.* Esquema del sistema utilizado en un motor refrigerado por líquido [fotografía], (González & Desantes, 2011),

[https://www.academia.edu/38247431/Motores\\_de\\_Combustion\\_Interna\\_Alternativos\\_Payri](https://www.academia.edu/38247431/Motores_de_Combustion_Interna_Alternativos_Payri)

#### **1.4 Gráficas características del motor**

Las curvas características de un motor nos ayudan a definir gráficamente la relación que existe entre varios parámetros importantes del motor, como ejemplo: el par motor, la potencia y el consumo de combustible, en función de la velocidad de rotación del cigüeñal.

Menciona Marín y Toro (2018), “Que las curvas características además de proporcionar información sobre los parámetros relevantes en un motor de combustión interna y se utilizan también para: indicar el rango de funcionamiento de las variables, como carga y velocidad; describir la variación de los parámetros MCIA en relación con las condiciones de operación; evaluar la adecuación del motor para una aplicación específica; y comparar distintos motores”.

A continuación, mostraremos las curvas o graficas que emplearemos para nuestra investigación:

#### **1.4.1 Par motor**

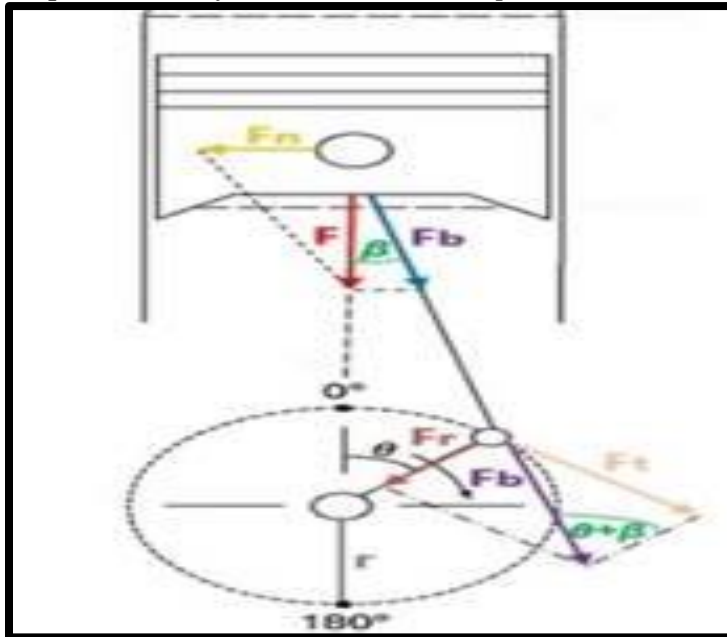
El par motor, o también conocido como torque, es una medida física que cuantifica el momento de fuerza necesario para hacer girar un eje a una cierta velocidad, es decir, que representa la capacidad de una fuerza para causar la rotación de un objeto alrededor de un eje, punto de apoyo o pivote. Como se había explicado anteriormente el par motor se origina por el proceso de combustión de la mezcla aire-combustible, iniciada por una chispa eléctrica, que esto provoca un incremento en la presión y la temperatura dentro de los cilindros del motor.

Según (Castillo et al., 2017) “La presión interna provocada por la combustión, genera una fuerza de empuje que se denominara ( $F$ ) sobre el pistón, desplazándolo, a este movimiento se lo conoce como el mecanismo de biela-manivela de los motores de combustión interna alternativos, durante este proceso, el movimiento lineal del pistón dentro del cilindro se convierte en un movimiento rotatorio del cigüeñal, que en otras palabras, la fuerza ejercida sobre el pistón es proporcional a la presión media efectiva durante la carrera de expansión”. Lo mencionado anteriormente dependerá, del estado actual de los cilindros del motor, es decir, depende del grado de llenado de los cilindros, la relación de compresión, la cilindrada y la eficiencia de la combustión

En el siguiente esquema de la Figura 1.11, la fuerza aplicada al pistón se descompone en la fuerza ( $F_b$ ) que actúa sobre la cabeza de la biela y fuerza ( $F_n$ ) que es la que genera un empuje lateral sobre las paredes del cilindro.

**Figura 1.11**

*Esquema de las fuerzas actuantes del pistón*



*Nota.* Esquema para la obtención del par motor [fotografía], Catillo et al., 2017, [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-01292017000100049#B3](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000100049#B3)

Por lo siguiente se tiene la siguiente ecuación tomando en cuenta el radio del cigüeñal o en este caso manivela:

$$\mathbf{T} = \mathbf{F}_b * \mathbf{r} \quad (1)$$

Donde:

**T:** Torque o par motor (N.m)

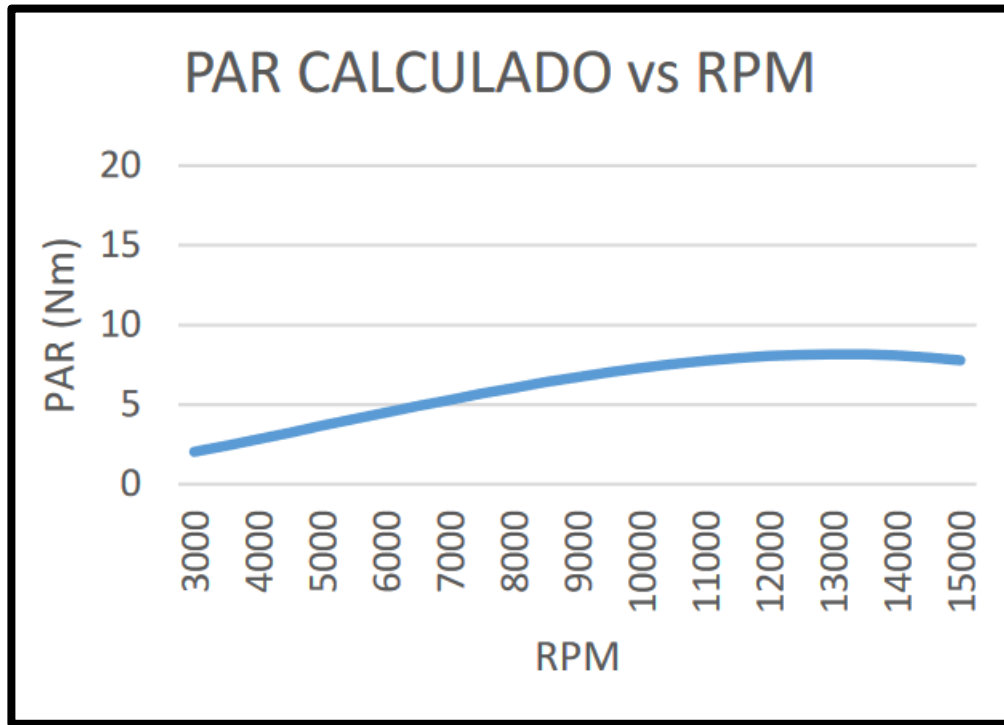
**F<sub>b</sub>:** Fuerza actuante sobre la cabeza de la biela (N)

**r:** Radio de la manivela del cigüeñal (m)

Es importante mencionar que ciertos factores, como los rozamientos internos del motor, influyen en los valores teóricos, afectando la potencia generada, además de que estos rozamientos

consumen parte de la energía producida, transformándola en calor y reduciendo la cantidad de potencia útil disponible para el desplazamiento del motor (Payri, 2011).

**Figura 1.12**  
*Gráfica del Par motor*



*Nota.* Par calculado[fotografía], (Ochoa & Esteban, s. f.),  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23668>

#### **1.4.2 Potencia del motor**

La potencia de un motor es la cantidad de trabajo que un vehículo realiza por unidad de tiempo para desplazarse, esto se calcula multiplicando el par motor por el número de revoluciones.

La potencia de un motor indica cuántas veces está disponible el par motor en un período de tiempo, reflejando la velocidad con la que se puede utilizar el par, esto depende de la relación de compresión y la cilindrada, ya que valores más altos de estas características resultan en una mayor explosión y más fuerza aplicada al pistón, además, que está estrechamente relacionada con las revoluciones por minuto (rpm) a las que opera el motor, (Castillo et al., 2017).

Entonces a la potencia la definimos con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{P} = \mathbf{T} * \mathbf{w} \quad (2)$$

Donde:

**P:** Potencia del motor (kW)

**T:** Torque o par motor (N.m)

**w:** Velocidad angular del eje del cigüeñal (rad/s)

Para calcular la velocidad angular se utilizará la siguiente ecuación:

$$\mathbf{w} = \frac{2\pi * \mathbf{n}}{60} \quad (3)$$

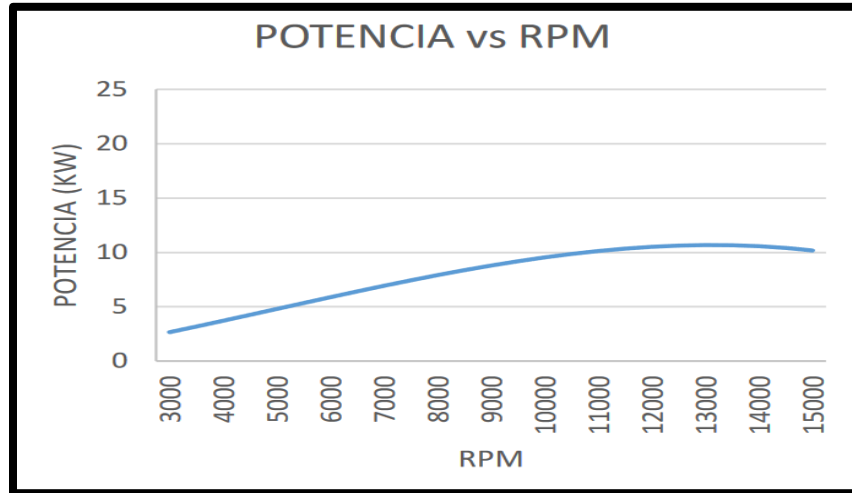
Donde:

**w:** Velocidad angular del eje del cigüeñal (rad/s)

**n:** Revoluciones por minuto (rpm)

Según explica (Castillo et al., 2017) " De alcanzar su potencia máxima, el motor experimenta una reducción en su rendimiento debido al exceso de revoluciones, provocado por las limitantes que tiene el sistema de inyección de combustible, además, que el sistema de distribución no puede abrir y cerrar las válvulas lo suficientemente rápido para garantizar un flujo adecuado de gases de escape y admisión". El límite máximo que se puede obtener de revoluciones en el motor está determinado por las limitaciones mecánicas de sus componentes.

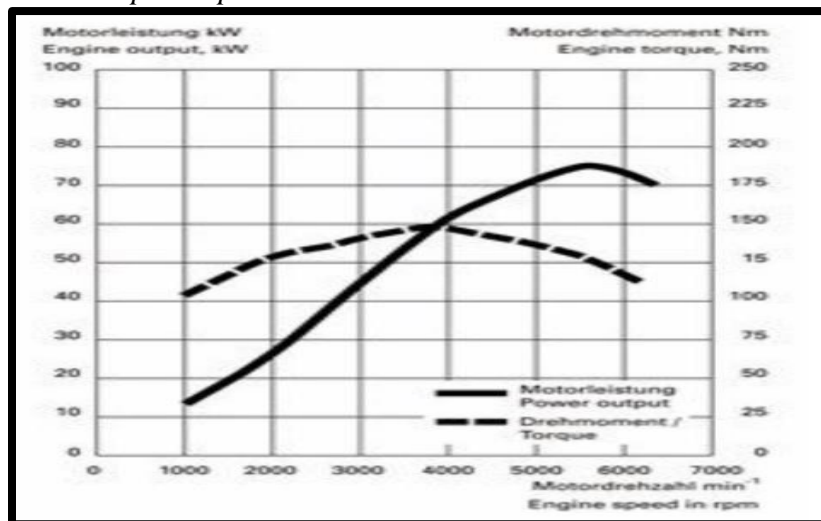
**Figura 1.13**  
*Curva de potencia del motor*



*Nota. Potencia calculada.* [fotografía], (Ochoa & Esteban, s. f.), <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23668>

De acuerdo con las curvas de par y potencia presentadas en la Figura 14, podemos identificar que la potencia máxima no siempre coincidirá con el mayor par motor. En el caso de los motores, el par motor máximo se encuentra aproximadamente al 70% de la velocidad nominal, que se alcanza cuando la potencia está en su punto máximo (Marín & Toro, 2018).

**Figura 1.14:**  
*Curva de par vs potencia del motor*



*Nota.* Curva potencia y par vs régimen de giro [fotografía], (Marín & Toro, 2018), <https://core.ac.uk/download/pdf/161642559.pdf>.

### 1.4.3 Curva del consumo específico del combustible

Esta curva es necesaria también para poder observar el consumo del combustible en el ciclo de trabajo del motor. En La Figura 1.15 ilustra el consumo específico de combustible, que se expresa como caudal del combustible medido en [g/kWh]. La grafica del consumo de combustible muestra cómo varía este en función del régimen de giro del cigüeñal, lo que permite comparar la eficiencia entre distintos motores. Su objetivo es encontrar el tipo de combustible óptimo que genere el menor consumo y proporcione la mayor potencia para un motor determinado (Marín & Toro, 2018).

La fórmula utilizada para calcular el consumo especifico de combustible es la siguiente:

$$\mathbf{Consumo} = \frac{\bar{V} * p * 3600}{P} \quad (4)$$

Donde:

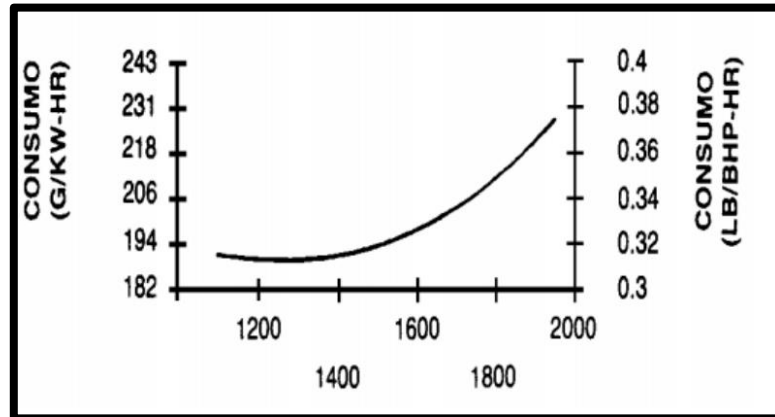
$\bar{V}$ : Se lo denomina el flujo de combustible expresado en  $\frac{m^3}{s}$

$p$ : Se lo denomina densidad de la gasolina expresada en  $\frac{g}{m^3}$

$P$ : La potencia medida en kW



**Figura 1.15**  
*Curva de consumo de combustible*



*Nota.* Diagrama de consumo específico de combustible [fotografía], (Arias & Ladino, 2018), <https://core.ac.uk/download/pdf/161642559.pdf>.

Las curvas típicas de un Motor de Combustión Interna Alternativo (MCIA) pueden representarse visualmente utilizando una herramienta de pruebas conocida como Banco dinamométrico. En la próxima sección, se explorará en detalle este dispositivo que se utilizará para nuestro trabajo de titulación.

### **1.5 Banchi prova soft -engine motor braker 120**

Para poder visualizar las curvas características de la potencia y el torque del motor karting se necesitará de la ayuda del Banchi Prova Soft -Engine Motor Braker 120 (Banco de Prueba de Motores Freno Motor 120) Figura 1.16, cual es muy utilizado para motores de motocicletas y karts. En este banco de prueba nos da la facilidad de alcanzar potencias de hasta 130 C.V., que equivaldría a 92,5 kW (Soft-Engine, 2022).

**Figura 1.16**

*Banco de prueba de Motores Freno Motor 120*



*Nota.* Banco dinamométrico [fotografía], Soft Engine 3d, <https://www.soft-engine.eu/index.php/products/detail/42>.

La información técnica del Banco de Pruebas de Motores Freno Motor 120 se muestra en la siguiente Tabla 1.1.

**Tabla 1.1**

*Información técnica del Banco de Prueba de Motores Freno Motor 120*

Potencia Máxima	Dimensiones: (Largo, ancho, alto)	Peso	Mecánica completa
130 CV	1300*1010*1050 mm	510 kilos	Estructura de chapa maciza doblada a presión

**Software FRENADOR 10**

*Nota.* Especificaciones del banco Soft-Engine Motor Braker 120, Soft Engine 3D, <https://www.soft-engine.eu/index.php/products/detail/42>.

El banco de pruebas Soft-Engine Motor Braker 120 está equipado con un codificador de alta resolución con un cable blindado, utiliza el software de adquisición Braker 10 y cuenta con un módulo de adquisición y transmisión de datos vía USB. Este último se conecta a una unidad de potencia que controla el freno eléctrico de corrientes Foucault, como se ilustra en la Figura 1.17.

**Figura 1.17**  
*Controlador de corriente parasitarias*



*Nota.* Bancos Prueba Motores KART BRAKER ENGINE 120 [fotografía], Soft Engine 3D, <https://www.soft-engine.eu/index.php/products/detail/42>.

A continuación, para el ensayo de nuestro proyecto nos basaremos lo que nos explica la normativa SAE J1349

### **1.5.1 Norma de ensayos de Prueba**

Para comenzar a realizar los ensayos de prueba se debe tener en cuenta ciertos aspectos, según Rafael y Hernández (2014):

- Asegurarse de que los sistemas de enfriamiento y combustible estén funcionando correctamente.
- Verificar que las conexiones eléctricas que estén en buen estado.
- Es importante tener precaución al encender el dinamómetro, ya que se requieren aproximadamente 25 minutos para que alcance la temperatura de trabajo adecuada y se obtengan lecturas precisas.
- Verificar que los sensores estén correctamente conectados al motor para evitar desconexiones y lecturas erróneas.
- Si el sistema de enfriamiento está presente, encenderlo siguiendo el orden establecido: ventilador de la torre, alimentación de aire del dinamómetro y alimentación a la torre (aunque en nuestro caso, un sistema de enfriamiento no sería necesario).
- Encender el motor de pruebas.
- Estar atentos a cualquier situación anormal, como ruidos inusuales, vibraciones, fugas de combustible o aceite.
- Una vez completadas estas verificaciones, se puede proceder con la prueba.
- Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, nos guiaremos también lo que nos comunica la normativa en pruebas.

### **1.5.2 Normativa SAE J1349**

Primero hablemos un poco sobre la normativa Society of Automotive Engineers sus siglas SAE. Esta normativa nació en Estados Unidos y es muy reconocido a nivel mundial por los profesionales en ingeniería aeroespacial, automotriz y de vehículos comerciales, entre otras. Su

principal objetivo es fomentar el conocimiento y ofrecer soluciones de movilidad en beneficio de la humanidad.

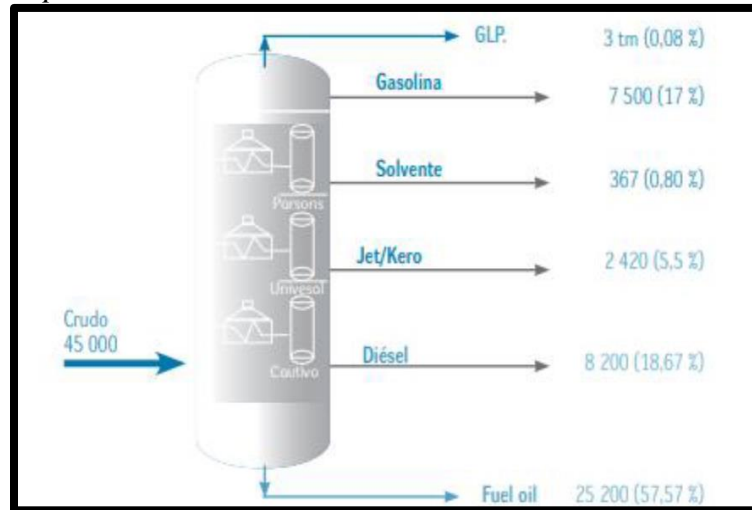
El objetivo principal de esta normativa SAE J1349 es de brindar métodos para obtener mediciones repetibles, en esencial esta norma busca medir la potencia neta del motor y el par nominal, teniendo en cuenta las condiciones que cuenta este motor; si posee un suministro de combustible, suministro a parte de refrigeración, etc. Lo esencial de esta normativa es que nos da un método para modificar la potencia y el par según las condiciones que nos planteemos y estas pruebas se debe realizar en un banco dinamométrico.

Según manifiesta (Rafael y Hernández, 2014). “La normativa SAE J1349 lo define como los parámetros para la potencia del motor, las condiciones de entrada de aire, el método de corrección de la potencia medida a plena carga y los fundamentos para calcular la potencia a plena carga al emplear un dinamómetro”.

## **1.6 Combustibles**

Según menciona Petroecuador (2018) “En el Ecuador, los combustibles que son provenientes de las refinerías son Ecopaís que es hecho a base de combustible Extra y 5 % de bioetanol (87 octanos) y la gasolina Súper (92 octanos)”. Para nuestro tema de estudio utilizares tres tipos de combustibles que son Ecopaís, Súper y JP1 que es un combustible utilizado para las avionetas.

**Figura 1.18:**  
*Tipos de combustibles*



*Nota.* Principales productos obtenidos de refinería [fotografía], (EP Petroecuador, 2015), <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/INFORMEESTAD%C3%8DSTICO-2018.pdf>

### 1.6.1 Ecopaís

El Ecopaís según explica (Acero. Q & Armando. L, 2021), “Es un tipo de combustible, que surge como un proyecto en la ciudad de Loja con el objetivo de reducir la contaminación y, por ende, ser más amigable con el medio ambiente”.

La producción y distribución a nivel nacional está a cargo de Petroecuador. Este combustible presenta varias ventajas como son; la reducción de emisiones contaminantes como el CO<sub>2</sub>, así también como la disminución de la necesidad de importar Naftas de alto octano, que se utilizan para la fabricación de gasolinas, al ser un combustible a base de caña de azúcar, beneficia al sector cañicultor y a los productores de etanol, lo que podría generar mayor tasa de empleo.

Este tipo de combustible como se lo menciono anteriormente cuenta con un índice de octano de 85, está compuesto por Nafta alta y Etanol bajo, con el fin de cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la norma INEN 935. (PRETROCUCADOR, 2019).

### **1.6.2 Súper**

La gasolina Súper según explica (Acero. Q & Armando. L, 2021), “Se trata de una de las variantes de gasolina disponibles en nuestro país, la cual posee un mayor índice de octano en comparación con la gasolina Extra o Ecopaís, alcanzando un índice de 92 octanos, ideal para vehículos de alto rendimiento” (p.8).

Este tipo de gasolina se emplea en motores con una relación de compresión elevada, debido a su composición incluye hidrocarburos isoparafínicos y aromáticos, los cuales contribuyen a aumentar el índice de octano, permitiendo así soportar las altas presiones y temperaturas características de estos motores (PETROECUADOR, 2019).

### **1.6.3 Queroseno o JET A1**

El queroseno o también conocido como JT1, es un líquido transparente, a veces ligeramente amarillento, que se obtiene mediante la destilación del petróleo.

Según Greencorn et al., (2023) “Tanto el queroseno como otros combustibles de aviación son el resultado de mezclar diferentes corrientes de refinación para cumplir con las especificaciones establecidas por la normativa vigente, estas mezclas están compuestas por diversos tipos de hidrocarburos, incluyendo parafinas lineales, parafinas ramificadas, cicloparafinas, hidrocarburos aromáticos (principalmente alquilbencenos y alquilnaftalenos) y olefinas (con un máximo de 0,5% -5%)”

La principal característica de este combustible es por su alto octanaje que llega hasta los 100 octanos, además de su densidad que está situada entre la gasolina y el diésel, su compatibilidad con otros combustibles, buena resistencia a bajas temperaturas y el punto de inflamación del Jet A1 suele estar alrededor de los 38 grados Celsius.

En la siguiente tabla hacemos la comparación entre gasolina Ecopaís y Súper de acuerdo con las normas NTE INEN 935, además gasolina de aviación JP1.

**Tabla 1.2:**

*Cuadro comparativo de gasolinas*

<b>Características</b>	<b>JP1</b>	<b>ECOPAÍS</b>	<b>SÚPER</b>
<b>RON</b>	100	87	92
<b>DESTILACIÓN 10%</b>	-	70	70
<b>CONTENIDO DE AZUFRE (ppm)</b>	10000	650	650
<b>PRESIÓN DE VAPOR (kPa)</b>	14-21	67	60
<b>CONTENIDO DE GOMAS (mg/100 cm<sup>3</sup>)</b>	-	3	4
<b>CONTENIDO DE OXIGENO CON ETANOL ANHIDRO AL 10%</b>	-	3,7	-

*Fuente: Autores.*



## CAPÍTULO II

### **Pruebas experimentales de torque y potencia en el motor IAME SUDAM, mediante el banco dinamométrico Soft-Engine.**

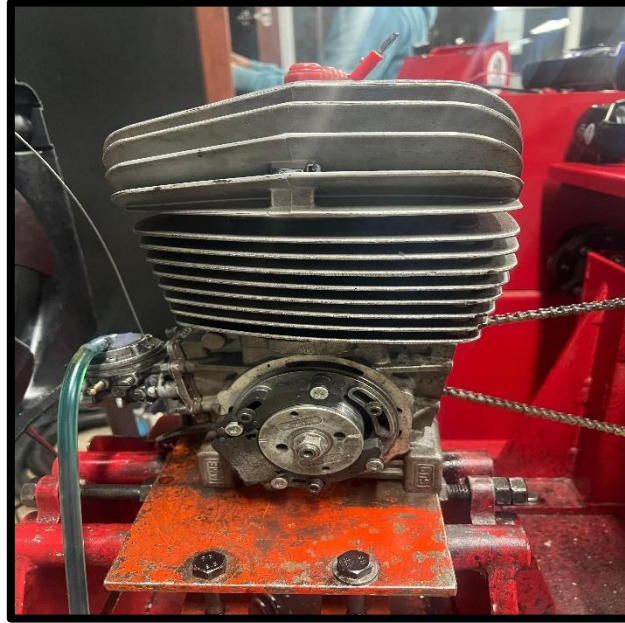
#### **2.1 Selección del tipo de Motor**

La selección del tipo de motor para la realización de las pruebas a experimentar es un motor IAME SUDAM, ya que dicho motor se ha optado a utilizar por ser comunes en el karting debido a su alta relación de potencia-peso y capacidad de relación rápida, al ser motores más ligeros y compactos debido a un diseño simple, ya que carece de válvulas de admisión y escape.

Este tipo de motor genera más potencia por unidad de cilindrada de los motores de cuatros tiempos. Estos son capaces de alcanzar altas revoluciones por minutos (RPM), lo que generaría una aceleración muy rápida y una gran velocidad máxima elevada.

También se considera el banco dinamométrico Soft Engine Motor Braker 120, para la realización de las pruebas utilizando los tres tipos de combustible de esta forma se logra determinar el torque y potencia del motor de karting IAME Sudam.

**Figura 2.1**  
*Motor seleccionado para el estudio*



*Fuente Autores.*

## **2.2 Datos técnicos del tipo de motor seleccionado.**

En este mecanismo se visualizan los datos técnicos de moto IAME SUDAM DE 125cc, estos tipos de motores de dos tiempos requieren un mantenimiento regular, que implementa una mezcla adecuada de aceite y gasolina para su lubricación, lo que simplifica el diseño del motor al eliminar la necesidad de un sistema de lubricación separada.

**Tabla 2.1**

Especificaciones técnicas motor IAME SUDAM 125cc

<b>Uso</b>	Profesional
<b>Cilindrada</b>	123.67cc
<b>Diámetro del cilindro</b>	54mm
<b>Carrera</b>	54mm
<b>Arranque</b>	Empuje
<b>Transmisión</b>	Directo
<b>Refrigeración</b>	Aire

<b>Marca</b>	Parilla
<b>Modelo</b>	Sudam 125cc
<b>Potencia</b>	32 HP
<b>Mezcla de aceite</b>	6% combustible
<b>Bujía</b>	NGKBR10EG
<b>Carburador</b>	Tillotson HI 33AB

**Nota:** Motor IAME SUDAM 125cc. **Fuente:** Ordoñez, T. Sarmiento, J

### 2.3 Tipos de combustibles utilizados.

Para la realización de las pruebas experimentales, tomaremos en cuenta tres tipos de combustibles, cada tipo de combustible fue seleccionado por sus propiedades en cuenta a su octanaje que varían entre ellas, para así poder mejorar el potencial impacto que tendrá el rendimiento del motor de karting IAME SUDAM que es refrigerado por aire. A continuación, se detallarán los tipos de combustibles a utilizar para llevar a cabo estas pruebas.

**Tabla 2.2**  
Tipos de combustibles.

Tipos de combustibles	
Nombre	Especificaciones
Ecopaís	87 octanos
	10 % de bioetanol
	90% de naftas
Súper Premium	95 octanos
	Menos de 200 partes por millón de contenido de azufre
Bencina	100 – 130 octanos
	Mezcla de hidrocarburos de C9 hasta C17
	RON (Research Octane Number): 100
	MON (Motor Octane Number): 100

**Nota:** Especificaciones de combustibles empleados. **Fuente:** Montero Mosquera (2020)

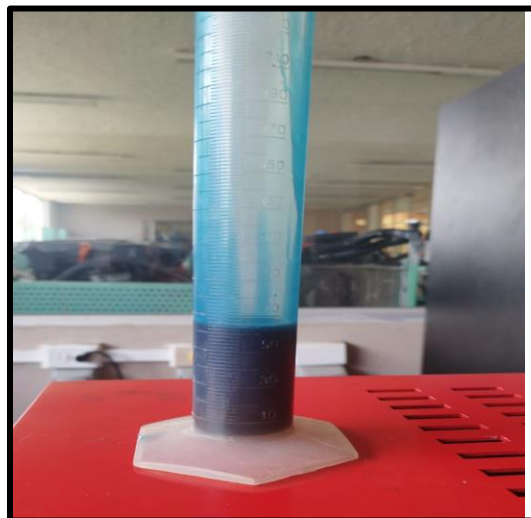
## 2.4 Preparación y caracterización de muestras de combustibles para la evaluación de torque y potencia.

Ordoñez Ochoa y Sarmiento Correa (2022) dicen que para cada una de las pruebas a realizar se debe de mezclar una porción de aceite con el combustible, es decir serán 8 Oz de aceite por 1 galón de combustible Súper.

Cabe recalcar que para garantizar de que las proporciones sean exactas se llegan a utilizar los siguientes materiales.

- Dos probetas de 250 ml
- Un embudo (si es necesario para no derramar el combustible)
- Un tanque de karting
- Guantes y jafas para la protección
- Aérea bien limpia con aire para su ventilación

**Figura 2.2**  
*Aceite Castrol 2T.*



*Fuente Autores.*

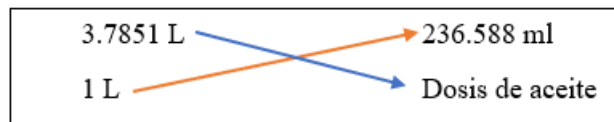
- **Mezcla 1:** La primera mezcla se realizó utilizando gasolina Súper, mezclado un porcentaje específico de aceite, para esta prueba se hace una regla de tres simple para así poder determinar la cantidad exacta de mezcla a utilizar, la relación utilizada es la siguiente: Por cada galón de Súper (3,7851 L), se utiliza 1 litro de gasolina Súper y por cada 8 Oz de aceite se emplea 62,51 ml de aceite.

**Datos:**

Dosis de aceite:?

Combustible: 1gal Súper Premium = 3.7851 L

Aceite: 8 Oz = 236.588 ml



$$Dosis\ de\ aceite = \frac{1L * 236.588ml}{3.7851L}$$

$$Dosis\ de\ aceite = 62.51\ ml$$

- **Mezcla 2:** La segunda mezcla se realizó utilizando combustible Súper y Ecopaís en una proporción de 75% y 25%, respectivamente, junto con el porcentaje de aceite que seguirá siendo igual a la mezcla anterior. Para realizar esta prueba se hace una regla de tres simple, el cual determinaremos la cantidad exacta de mezcla a utilizar, la relación utilizada es la siguiente: Por cada galón de Súper (3,7851 L), se utiliza 750 ml de gasolina Súper y por cada galón de Ecopaís (37851 L), se utilizó 250 ml de gasolina Ecopaís y por cada 8 Oz de aceite se emplea 62,51 ml de aceite.

**Datos:**

Dosis de Súper:?

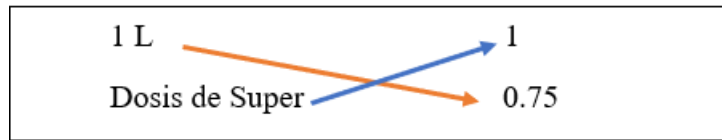
Dosis de Ecopaís :?

Combustible Súper: 1 L

Combustible Ecopaís: 1 L

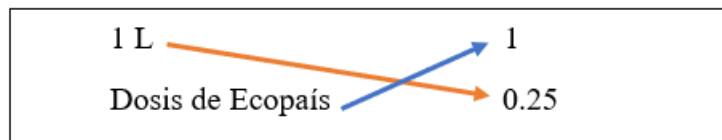
Porcentaje de combustible Súper: 75%=0.75

Porcentaje de combustible Ecopaís: 25%= 0.25



$$Dosis\ de\ Super = \frac{1L * 0.75}{0.1}$$

$$Dosis\ de\ Super = 0.75L = 750ml$$



$$Dosis\ de\ Ecopaís = \frac{1L * 0.25}{0.1}$$

$$Dosis\ de\ Ecopaís = 0.25L = 250ml$$

- **Mezcla 3:** La tercera mezcla se realizó utilizando combustible súper y Ecopaís en proporciones de 50% y 50%, respectivamente, así mismo con el mismo porcentaje de aceite que en la mezcla anterior. Para esta prueba, se utilizó una regla de tres simple para determinar la cantidad exacta de cada componente en la mezcla. Por cada galón de Súper (3,7851 L), se utiliza 500 ml de gasolina Súper y por cada galón de Ecopaís (37851 L), se utilizó 500 ml de gasolina Ecopaís y por cada 8 Oz de aceite se emplea 62,51 ml de aceite.

Datos:

Dosis de Súper:?

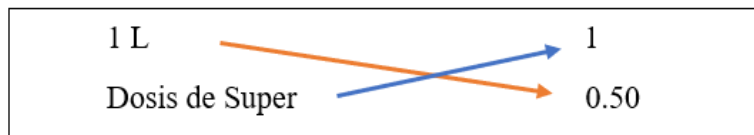
Dosis de Ecopaís:?

Combustible Súper: 1 L

Combustible Ecopaís: 1 L

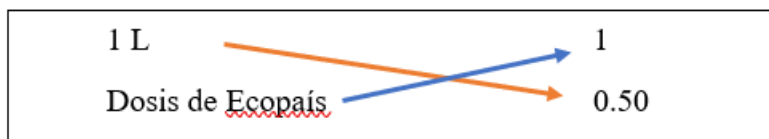
Porcentaje de combustible Súper: 50%=0.50

Porcentaje de combustible Ecopaís: 50%= 0.50



$$Dosis\ de\ Super = \frac{1L * 0.50}{0.1}$$

$$Dosis\ de\ Super = 0.50L = 500ml$$



$$Dosis\ de\ Ecopaís = \frac{1L * 0.50}{0.1}$$

$$Dosis\ de\ Ecopaís = 0.50L = 500ml$$

- **Mezcla 4:** La cuarta mezcla se realizó utilizando combustible Ecopaís en una proporción de 75% y 25%, en este caso de bencina (JET A1), junto con el porcentaje de aceite que seguirá siendo igual a la mezcla utilizadas. Para realizar esta prueba se hace una regla de tres simple, el cual determinaremos la cantidad exacta de mezcla a utilizar, la relación utilizada es la siguiente: Por cada galón de Ecopaís (3,7851 L), se utiliza 750 ml de gasolina Ecopaís y por cada galón de Bencina

(37851 L), se utiliza 250 ml de gasolina bencina (JET A1), y por cada 8 Oz de aceite se emplea 62,51 ml de aceite.

Datos:

Dosis de Ecopaís: ?

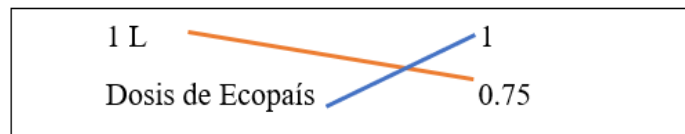
Dosis de JET A1: ?

Combustible Ecopaís: 1 L

Combustible JET A1: 1 L

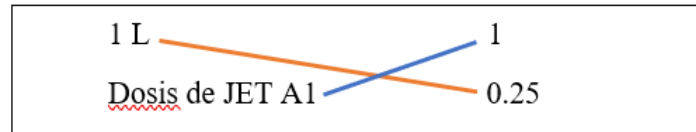
Porcentaje de combustible Ecopaís: 75%=0.75

Porcentaje de combustible JET A1: 25%= 0.25



$$Dosis de Ecopaís = \frac{1L * 0.75}{0.1}$$

$$Dosis de Ecopaís = 0.75L = 750ml$$



$$Dosis de JET A1 = \frac{1L * 0.25}{0.1}$$

$$Dosis de JET A1 = 0.25L = 250ml$$

## 2.5 Adaptación de un Sistema de Ventilación Forzada para el Motor de Karting IAME

### SUDAM Refrigerado por Aire

Antes de comenzar las pruebas es necesario adecuar el sistema de refrigeración del motor IAME SUDAM, debido a los antecedentes de sobrecalentamiento anteriores. Este



sobrecalentamiento es provocado por el sobre esfuerzo que nos genera el banco dinamométrico Soft Engine Braker 120, especialmente cuando el motor está operando a altas revoluciones.

El motor de karting IAME SUDAM 125cc, originalmente fue diseñado para refrigeración de aire, al no disponer un sistema de ventilación interno eficiente para las condiciones de pruebas en el banco dinamométrico, se propone la implementación de un sistema de refrigeración externa forzada, el cual se logra mediante la instalación de un ventilador axial que proporcionará un flujo de aire constante dirigido directo hacia el motor durante las pruebas a realizar.

### 2.5.1 Especificaciones del ventilador

Como explicamos anteriormente, se necesita una fuente de refrigeración externa, para aquello utilizaremos el siguiente concepto; En la termodinámica nos indica que podemos encontrar el flujo masico que necesitamos con la siguiente ecuación:

$$Q = m * C_p * \Delta t \quad 1$$

Reagrupando que daría de la siguiente forma

$$m: \frac{Q}{C_p * \Delta t} \quad 2$$

Según (Blanco Ojeda et al., 2019) “ Indica que la carga térmica será el 10% de la potencia máxima generada por el motor”. Es decir que para nuestro caso de investigación la carga térmica será igual  $Q = 32 \text{ HP}$  que equivaldría a  $23.8 \text{ KW}$ . Consideramos el calor específico del aire como constante, ya que el aire se encuentra confinado en una habitación su valor es de  $1.005 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ . La temperatura de entrada será de  $T_i = 25^\circ\text{C}$  y  $T_o = 116^\circ\text{C}$  medida con un termómetro digital durante una prueba real en la que se alcanzó la temperatura máxima del banco de pruebas.

**Figura 2.3**

*Medición de Temperatura final sin ventilación externa*



*Fuente: Autores*

Reemplazando los datos con las ecuaciones que daría lo siguiente:

$$m: \frac{23.8KW}{1.005 \frac{KJ}{Kg^{\circ}k} * (110.4 - 25)}$$
$$m: 0.277 \frac{kg}{s}$$

Para encontrar el flujo de caudal que debe tener el ventilador utilizaremos la siguiente formula

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad 3$$

Donde:

V= es el flujo del caudal

M= flujo masico que será igual a:  $0.260 \frac{kg}{s}$

P= la densidad del aire que es igual a:  $1.204 \frac{kg}{m^3}$

Reemplazando los datos quedaría de la siguiente forma

$$v = \frac{0.260}{1.204}$$

$$v = 0.216 \frac{m^3}{s} a \frac{3600s}{h}$$

$$v = 777.409 \frac{m^3}{h}$$

Este caudal es esencial para asegurar una refrigeración óptima del motor. Por ello, se realizó una búsqueda en el mercado de repuestos en Cuenca, donde se decidió adquirir un ventilador con una potencia máxima de 80 W y un caudal de enfriamiento superior a 777.409 m<sup>3</sup>/h. Como se muestra en la Figura 2.4, este ventilador permite mantener una temperatura óptima en el motor, la cual es de 60°C.

### 2.5.2 Tabla de elementos del sistema de ventilación externa.

**Tabla 2**  
Elementos utilizados para el sistema de ventilación

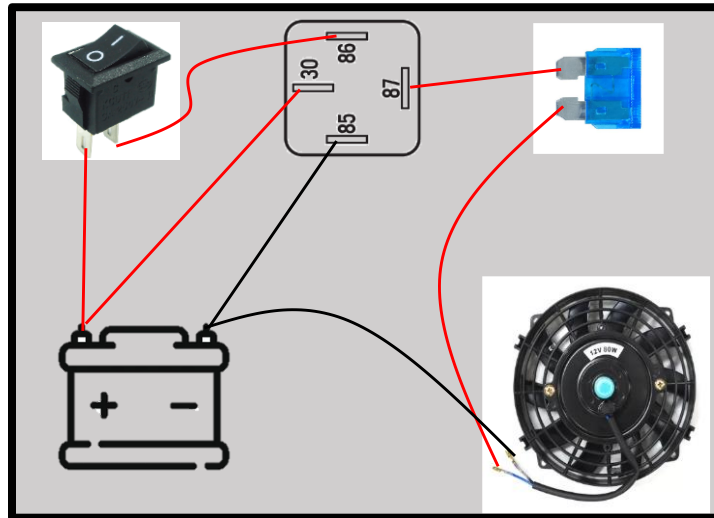
Elementos a Utilizar	Descripción
Batería	12 v
Switch	2 Pines
Relé 12V	4 pines
Portarelé	4 pines
Cable	Calibre #16
Fusible	15 Amp
Portafusible	2 pines
Ventilador	80 watts

*Fuente autores*

Con los componentes adquiridos, procederemos a ensamblar el circuito del sistema de ventilación. Para la conexión, es esencial implementar medidas de protección adecuadas en la instalación, asegurando que los cables y demás componentes estén correctamente aislados y

protegidos. Esto garantizará la seguridad del sistema y minimizará el riesgo de fallos durante su operación.

**Figura 2.6**  
*Esquema eléctrico del ventilador*



*Fuente Autores*

## **2.6 Diseño de la base de soporte para la instalación del ventilador**

El presente trabajo de titulación se enfoca con la instalación de un sistema de ventilación, la principal razón de tomar esta decisión es poder maximizar el rendimiento del motor al estar realizando las pruebas, ya que el ventilador se posicionará de manera que dirija el flujo de aire, así optimizando la eficiencia de transferencia de calor.

El primer paso es el modelado de la estructura para la instalación del ventilador, considerando las medidas establecidas. El objetivo es diseñar una base de soporte que se adapte al banco dinamométrico Soft-Engine Braker 120. Este proceso garantiza que la estructura permita que el flujo de aire cubra completamente las superficies del motor que requieren refrigeración.

Ya sacadas las medidas y diseñada su modelo en inventor con el propósito de fortalecer la adaptación del sistema de ventilador, se ha incorpora las estructuras metálicas de hierro en la parte

inferior del banco dinamométrico, con la intención de que la estructura a instalarse no afecte el funcionamiento del motor de karting IAME SUDAM.

Con esto aseguraremos que la estructura metálica pueda adaptarse a las necesidades de las pruebas que realizaremos, permitiendo una mayor eficacia en los resultados del ensayo a desarrollar.

**Figura 2.7**  
Bases para el ventilador

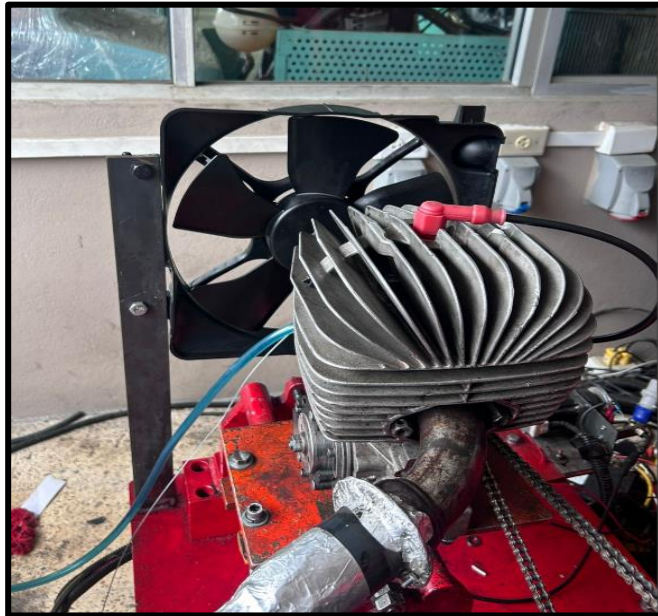


*Fuente: Autores.*

A continuación, se alberga el ventilador con la base metálica en el banco de pruebas para así poder efectuar las pruebas de torque y potencia en el karting IAME SUDAM. El ventilador se posesionará de manera frontal asegurando que el flujo de aire enfrié adecuadamente el motor durante los ensayos.

**Figura 2.8**

*Instalación del ventilador de aire con la estructura de apoyo frente al motor de karting IAME SUDAM*



*Fuente: Autores*

## **2.7 Elementos adicionales para el sistema de ventilación**

A continuación de completar la conexión de los elementos del ventilador, procedemos a instalar un interruptor en la caja de mandos que se encuentra disponible en la caja de mandos. Como se puede observar en la figura, el interruptor encaja perfectamente, sin ningún tipo de juego que pueda causar que se salga de la caja de mandos. Tras esta comprobación, se procede a fijarlo en el banco de pruebas, asegurando que cumpla eficazmente la función de encender y apagar el ventilador.

**Figura 2.9**  
*Instalación del Swich para el ventilador*



Switch de  
encendido del  
ventilador.

*Fuente: Autores*

## ***TOMA DE PRUEBAS EN EL BANCO DINAMOMÉTRICO***

### ***Consideraciones previas para el ensayo:***

- Revisar las sujeciones de las bases del motor.
- Tensión y alineación de la cadena
- Regulación adecuada del dispositivo de aceleración automático (ROTOGAS)
- Disponer de implementos de seguridad como: Extintor, guantes, gafas, protectores auriculares.

### **Desarrollo de pruebas**

#### ***Consideraciones durante la prueba:***

*Datos de presión atmosférica, temperatura ambiente, activar el electroventilador.*

*Verificar que el operador, se encuentre en la zona de seguridad, apartada del banco de potencia. Verificar luego de cada prueba, la sujeción de las bases y elementos del motor.*

<b>N°</b>	<b>Mezclas de combustible</b>	<b>Torque máx (Nm)</b>	<b>Régimen rpm (torque máx.)</b>	<b>Potencia máx. (kW)</b>	<b>Régimen rpm (Potencia máx.)</b>
1	Super (100%)	3,5	7400	2,69	7400
2	Super (100%)	3,2	7687	2,69	7400
3	Super (100%)	3,2	7687	2,96	7105
4	Super (100%)	3,1	7082	2,32	7082
5	Super (25%)+Ecopaís (75%)				
6	Super (25%)+Ecopaís (75%)				
7	Super (25%)+Ecopaís (75%)				
8	Super (25%)+Ecopaís (75%)				
9					
10					



11					
12					

## BIBLIOGRAFÍA

- Arbeloa Murillo, M. (2010). *Puesta a punto de un motor de 2 tiempos*. <https://academic.e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/1862>
- Arias, D. M., & Ladino, M. T. (2018). *Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna monocilíndrico bajo diferentes regímenes de operación* [titulación, Universidad Tecnológica de Pereira].  
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/190dca6b-38b4-4bec-b2dc-6d9fa2226932/content>
- Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Rev Politéc. (Quito)*, 39(1).  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-01292017000100049#B3](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000100049#B3)
- EP Petrocuador. (2018). EP Petroecuador. Cifras institucionales. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/INFORMEESTAD%C3%8DSTICO-2018.pdf>
- González, P., & Desantes, F. (2011). *Motores de combustión interna alternativos* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Politécnica de Valencia.

[https://www.academia.edu/38247431/Motores\\_de\\_Combustion\\_Interna\\_Alternativos\\_Pa](https://www.academia.edu/38247431/Motores_de_Combustion_Interna_Alternativos_Pa)  
yri

Greencorn, M. J., Jackson, S. D., Hargreaves, J. S. J., Datta, S., & Paul, M. C. (2023). Mejora de la gasificación en ciclos BECCS de oxicorte empleando un proceso de utilización de CO<sub>2</sub> de reciclaje directo. *Energy Conversion and Management*, 277, 116601.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116601>

Lorena Mercedes, A. D. (2018). Diseño de Banco de Pruebas de Ventiladores Axiales. [Tesis de pregrado, Universidad Simón Bolívar]. Repositorio digital UASB sede Bolivia.

Marín, D., & Toro, M. (2018). Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna mono cilíndrico bajo diferentes regímenes de operación.

Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira,

<https://core.ac.uk/download/pdf/161642559.pdf>

Montero Mosquera, P. (2020). Análisis de las propiedades de las gasolinas Súper y Ecopaís comercializada en la ciudad de Guayaquil al ser mezclado con un aditivo [Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4236/1/T-UIDE-0054.pdf>

Morales, M., & Guzmán, A. (s. f.). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible.*

Ochoa, O., & Esteban, T. (s. f.). *Elaboración de guías metodológicas de aprendizaje aplicadas al banco dinamométrico Soft Engine 120 con motores de karting de 125cc para el laboratorio MEP - KART.*

Ordoñez Ochoa, T., & Sarmiento Correa, J. (2022). Elaboración de guías metodológicas de aprendizaje aplicadas al banco dinamométrico Soft Engine 120 con motores de karting de

125cc para el laboratorio MEP-Kart [Universidad Politécnica Salesiana].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23668/1/UPS-CT010149.pdf>

Quizhpilema Acero, Luis Armando. (2021). Análisis comparativo del consumo de combustible (gasolina) en distintas marcas de vehículos con similar cilindraje. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.

Rafael, M., & Hernández, A. (2014). Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. Publicación Técnica No. 417. Recuperado el 15 de enero de 2022, de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>

Soft-Engine. (enero de 2022). Soft-Engine. Recuperado el 14 de enero de 2022, de Product detail: <https://www.soft-engine.eu/index.php/products/detail/42>.

Solymosi, P. (2016). El karting es un juego de niños... O no. *Revista de Salud y Ciencia en el Deporte*, VI, 11-13.

Yusupov, K. (2021, febrero 21). *Desarrollo metodológico de la lección «Karting y su historia»*. <https://multiurok.ru/files/metodicheskaia-razrabotka-zaniatiia-karting-i-ego.html>

**ANEXO**

*ANEXO I:XXXXXXXXXX*