



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

Potenciación del motor del vehículo Renault CLIO para competencia de rally.

Realizado por:

Daniel Alejandro Villavicencio Gonzalez

Director del proyecto:

Msc. Eli Benjamín Falcon Cárdenas

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

QUITO, Marzo del 2025

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Daniel Alejandro Villavicencio Gonzalez, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1719321877, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Daniel Alejandro Villavicencio Gonzalez

C.I.:1719321877

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Director de proyecto

Msc. Eli Benjamín Falcon Cárdenas

LOS PROFESORES INFORMANTES:

MSC. DIANA BELEN PERALTA ZURITA

MSC. EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su
defensa

oral ante el tribunal examinador.

MSC. DIANA BELEN PERALTA ZURITA

MSC. EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO

Quito, 05 de marzo del 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



DANIEL ALEJANDRO VILLAVICENCIO GONZALEZ

C.I.:1719321877

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por su infinita sabiduría y fortaleza, que me han guiado y sostenido en cada paso de este camino académico.

A mi amada esposa, Erika, quien ha sido mi roca y mi inspiración constante. Gracias por tu amor incondicional, tu paciencia y tu apoyo en los momentos difíciles. Este logro también es tuyo.

A mis queridos padres, Wilson y Melida, por su amor, sacrificio y enseñanzas. Ustedes han sido la base sobre la cual he construido mi vida y mis logros. Gracias por estar siempre ahí para mí.

A mis suegros, Alfonso y Gloria, por su cariño y respaldo. Su apoyo ha sido fundamental en este proceso y les estoy profundamente agradecido por estar siempre dispuestos ayudarme y alentarme.

A la Universidad Internacional SEK, por proporcionarme un entorno académico de excelencia y por las oportunidades de crecimiento que me han brindado. A todos los profesores y compañeros que conocí en este viaje, mi más sincero agradecimiento.

Especialmente, quiero agradecer a mi tutor de tesis, el Ingeniero Eli Falcon, por su invaluable orientación, su paciencia y su dedicación. Su apoyo y conocimiento han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Dedicatoria

A mis amados hijos, Alejandro y Danna Villavicencio,

Con todo mi amor y dedicación, esta tesis está dedicada a ustedes. Desde el primer momento en que llegaron a mi vida, se convirtieron en mi mayor motivación y fuente de inspiración. Su presencia ha sido una luz constante que me ha guiado a través de los desafíos y obstáculos, recordándome siempre el propósito y la importancia de cada esfuerzo realizado.

Alejandro y Danna, cada paso que he dado en este camino académico ha sido con la esperanza de brindarles un futuro lleno de oportunidades y enseñanzas. Quiero que sepan que este logro no es solo mío, sino también de ustedes, quienes, con su amor, risas y abrazos, me han proporcionado la fuerza necesaria para seguir adelante.

A través de esta tesis, deseo transmitirles el valor de la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación. Que cada página de este trabajo sea una muestra de que, con determinación y pasión, cualquier meta es alcanzable. Espero que mis logros les sirvan de ejemplo y los motiven a perseguir sus propios sueños con el mismo fervor y compromiso.

Les agradezco por ser la razón de mi constante superación y por llenar mis días de felicidad y amor incondicional. Esta tesis es para ustedes, Alejandro y Danna, con todo mi corazón.

Resumen

El objetivo de la presente investigación consistió en desarrollar una estrategia que permita potenciar el motor de un Renault Clío y optimizar su rendimiento para competencias de rally, considerando además de su potencia, el torque y la eficiencia del mismo. Para llevar a cabo el objetivo planteado se estableció un enfoque de investigación cuantitativo, con el cual se pudo recolectar toda la información necesaria para hacer un análisis de datos numéricos relacionados con el rendimiento del motor, en el que se incluyó mediciones de potencia, torque, velocidad, consumo de combustible, entre otros, con el fin de poder cuantificar el impacto de las modificaciones realizadas en el motor. Estas modificaciones consistieron en lograr un aumento del rendimiento a través de una mayor cilindrada, mayor relación de compresión, así como un aumento significativo de carrera sin dejar de lado al porteo de cabezote y la disminución de volumen de cámara. Una vez llevadas a cabo las modificaciones, se pudo constatar un aumento de relación de compresión de un valor inicial medido en dinamómetro de 9.18:1 a un valor final de 12.03:1 y un incremento en la cilindrada de un valor inicial de fábrica de 1.4L a una cilindrada final de 1.6 L dando como resultado de una mayor potencia en el motor, los cuales fueron analizados mediante un dinamómetro el cual nos indicó los parámetros iniciales del vehículo y los parámetros finales después de las modificaciones indicadas, constatando las mejoras en potencia del motor del Renault Clío.

Palabras Clave: potenciación de motor, Renault clio, 4KJ, rally, competencias automovilísticas.

Abstract

The objective of this research was to develop a strategy to enhance the engine of a Renault Clio and optimize its performance for rally competitions, considering not only its power but also its torque and efficiency. To achieve the stated objective, a quantitative research approach was established, which allowed for the collection of all necessary information to conduct a numerical data analysis related to engine performance. This analysis included measurements of power, torque, speed, fuel consumption, among others, in order to quantify the impact of the modifications made to the engine. These modifications aimed to increase performance through a larger displacement, higher compression ratio, and a significant increase in stroke length, as well as head porting and a reduction in chamber volume. Once the modifications were carried out, an increase in compression ratio and displacement was confirmed, resulting in greater engine power. These changes were analyzed using a dynamometer, which indicated the initial parameters of the vehicle and the final parameters after the indicated modifications. It was observed an increase in the compression ratio from an initial value measured on the dynamometer of 9.18:1 to a final value of 12.03:1, and an increase in the displacement from an initial factory value of 1.4L to a final displacement of 1.6L, resulting in greater engine power. These changes were analyzed using a dynamometer, which indicated the vehicle's initial parameters and the final parameters after the indicated modifications. confirming the improvements in the Renault Clio's engine power.

Keywords: Engine enhancement, Renault Clio, 4KJ, Rally, automotive competitions

Contenido

DECLARACIÓN JURAMENTADA	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE	5
Agradecimiento	6
Dedicatoria.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción	1
Antecedentes	2
Planteamiento del Problema.....	3
Justificación.....	3
Objetivos	4
Objetivos específicos	4
Hipótesis.....	4
Estado del Arte	5
Block de cilindros.....	5
Desgate en los cilindros	6
Pistones.....	7
Tipos de pistones.....	8
El cigüeñal.....	8
Brazos de biela.....	9
Cabezote o Culata.....	10

Barras de levas	11
Válvulas.....	12
Diseño del motor de combustión interna	13
Incremento de potencia y eficiencia de un motor de combustión interna.....	13
Flujo laminar	14
Flujo turbulento	15
Flujo de transición	15
Método de flujo dimpling	16
Dinamómetro de banco.....	16
Metodología	18
Método de investigación.....	18
Tipo de investigación.....	18
Proceso de repotenciación	19
Diagrama de flujo	19
Discusión de Resultados.....	48
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Referencias.....	52
Anexos.....	55
Anexo 1	55
Anexo 2	55
Anexo 3	56
Anexo 4	57

Anexo 5	58
---------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones técnicas de un motor Renault k4j</i>	21
Tabla 2 <i>Especificaciones del cabezote</i>	22
Tabla 3 <i>Especificaciones del Cabezal</i>	22
Tabla 4 <i>Horing Stone</i>	29
Tabla 5 <i>Relación de compresión</i>	39
Tabla 6 <i>Comparación de motores</i>	43

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Block de cilindros</i>	6
Figura 2 <i>Desgastes de cilindros</i>	7
Figura 3 <i>Pistones</i>	8
Figura 4 <i>Cigüeñal</i>	9
Figura 5 <i>Brazos de biela</i>	10
Figura 6 <i>Cabezote</i>	11
Figura 7 <i>Barras de levas</i>	11
Figura 8 <i>Válvulas</i>	12
Figura 9 <i>Flujo laminar</i>	15
Figura 10 <i>Diagrama de flujo</i>	19
Figura 11 <i>Dinamometro de banco</i>	19
Figura 12 <i>Ficha técnica del motor k4j original</i>	22
Figura 13 <i>Medida del empaque es de 1.3mm</i>	23
Figura 14 <i>Cigüeñal</i>	25
Figura 15 <i>Datos del motor Renault k4M</i>	26
Figura 16 <i>Proceso de rectificado de cilindros</i>	26
Figura 17 <i>Diámetro de cilindros</i>	27
Figura 18 <i>Proceso de pulido de cilindro</i>	28
Figura 19 <i>Proceso de pulido de cilindro</i>	30
Figura 20 <i>Modificaciones</i>	31
Figura 21 <i>Cálculo de volumen de la cámara</i>	34
Figura 22 <i>Montaje y proceso de rectificación</i>	37
Figura 23 <i>Micrómetro comparador montado en la máquina</i>	38
Figura 24 <i>Porteo y pulido de admisión y escape</i>	39
Figura 25 <i>Cámara de admisión</i>	40
Figura 26 <i>Comprobación volumétrica de las toberas</i>	41

Figura 27 <i>Comprobación volumétrica de las toberas</i>	42
Figura 28 <i>Prueba Dinamómetro</i>	45
Figura 29 <i>Curva de potencia inicial en dinamómetro</i>	46
Figura 30 <i>Análisis Dinamómetro pruebas finales</i>	46

Introducción

La presente investigación tiene como objetivo llevar a cabo la potenciación del motor del vehículo Renault Clío mediante la optimización de varios componentes que permitan sacarle el máximo rendimiento en competencias automovilísticas. Cabe mencionar que, los motores de combustión interna han sido la columna vertebral de la industria automotriz y de maquinaria durante más de un siglo. Estos componentes convierten la energía química contenida en combustibles como la gasolina, el diésel o el gas natural en energía mecánica, impulsando así una amplia gama de vehículos y equipos utilizados en la industria. Desde su invención a fines del siglo XIX, los motores de combustión interna han experimentado un desarrollo continuo, mejorando su eficiencia, potencia y fiabilidad. En este sentido, su versatilidad los ha convertido en la opción a escoger por la gran variedad de aplicaciones existentes para estos componentes, desde vehículos de pasajeros hasta maquinaria pesada, y su evolución sigue siendo objeto de investigación y desarrollo con el fin de buscar alternativas más limpias y eficientes, en el contexto de la creciente conciencia ambiental y la demanda de energía sostenible (Ashraf & Miller, 1977)

Cabe mencionar que el presente trabajo de potenciación de motor ha sido considerado debido a que actualmente el motor de combustión interna del Renault Clío K4J puede ser mejorado al optimizar su torque, potencia y eficiencia para competencias extremas de Rally. En efecto, la combustión de la mezcla aire-combustible, provocada por la chispa eléctrica, genera un aumento de presión y temperatura dentro de los cilindros del motor. Esta presión interna produce una fuerza de empuje (F) sobre el pistón, desplazándolo y activando el mecanismo clásico de biela-manivela en los motores de combustión interna alternativos. En este mecanismo, el movimiento lineal del pistón dentro del cilindro se convierte en un movimiento rotatorio del cigüeñal, cuya fuerza que actúa sobre el pistón es proporcional a la presión media efectiva durante la carrera de expansión.

Antecedentes

El rally es una disciplina automovilística altamente exigente que pone a prueba la resistencia, la potencia y la fiabilidad de los motores en una variedad de terrenos y condiciones climáticas extremas y dado que el motor es el corazón del vehículo en competiciones de rally, su rendimiento óptimo asegura el éxito en esta clase de competencias (Kiencke & Nielsen, 2018). Al respecto, el motor Renault Clio K4J es ampliamente utilizado en competiciones de rally debido a su combinación de potencia y peso ligero, lo que lo convierte en una opción popular entre los equipos de rally. Sin embargo, para maximizar su potencial en competiciones de alto nivel, es necesario mejorar su rendimiento y fiabilidad mediante la implementación de estrategias de optimización específicas en el motor (Plumer, 2015).

En este contexto, la optimización del motor Renault Clío K4J para competencias de rally no solo beneficia a los equipos y pilotos de rally, sino que también podría tener aplicaciones más amplias en la industria automotriz en general. Los avances en la optimización de motores para competencias de rally pueden traducirse en mejoras en la eficiencia y el rendimiento de los vehículos de producción, lo que a su vez podría beneficiar a los consumidores en términos de economía de combustible y rendimiento (Fanchini & Rizzo, 2016).

Por último, la investigación en este campo permitirá contribuir al desarrollo de técnicas y conceptos empleados en ingeniería automotriz y desarrollo de motores, al implementar nuevas estrategias y técnicas de optimización que podrían aplicarse en una variedad de contextos automotrices. Esto podría llevar a mejoras significativas en la competitividad y la eficiencia de los vehículos en competiciones de rally (Genta & Morello, 2017).

En base a lo expuesto, el objetivo de este proyecto consiste en analizar los valores de potencia y torque del motor Renault Clío K4j mediante pruebas en dinamómetro y

análisis computacional, buscando optimizar la eficiencia del motor mediante la reducción de las pérdidas mecánicas, lo que representaría un aumento de la potencia y el torque del motor, así como una mejor aceleración y velocidad máxima en el vehículo en competencias de tierra.

Planteamiento del Problema

Tal como se ha mencionado, el rendimiento del motor en competencias exigentes como el rally, es un aspecto que podría llegar a determinar el éxito o fracaso en el desarrollo de una carrera. Por ello, es importante que el Motor Renault Clío K4J sea optimizado para mejorar su potencia y rendimiento ya que actualmente, este motor presenta una cilindrada actual de 1.4L, la cual no resulta suficiente para condiciones extremas de manejo de acuerdo a la Fedac categoría TC 1600 pro se pueden realizar modificaciones todos los componentes del motor para llegar a su máxima capacidad en esta categoría (*COMISIÓN NACIONAL DE CIRCUITOS REGLAMENTO TÉCNICO 2025 Contenido, n.d.*).

En este contexto, uno de los principales problemas radica en identificar y aplicar las modificaciones necesarias para incrementar la relación de compresión del Motor Renault Clío K4J sin que esto comprometa su fiabilidad y durabilidad. Esto incluye no solo la selección de componentes adecuados, sino también la implementación de técnicas de monitoreo en tiempo real que permitan realizar ajustes durante las carreras. Estas modificaciones deben llevarse a cabo de manera efectiva, con el fin de que el motor pueda adaptarse a diferentes condiciones de carrera y que al mismo tiempo pueda mantener un rendimiento óptimo durante todo el trayecto de la competencia.

Justificación

La optimización del rendimiento y la potencia del Motor Renault Clío K4J para competencias de rally representa un desafío técnico significativo que permitirá asegurar la competitividad y el éxito de los vehículos equipados con esta clase de motor en competencias de rally. Estas modificaciones incluyen el empleo de componentes de alta calidad que puedan soportar las condiciones extremas de las carreras de rally. Además, la

implementación de este tipo de técnicas avanzadas permitirá monitorear en tiempo real el comportamiento del motor, facilitando así los ajustes necesarios para adaptarse a diferentes condiciones de carrera. Bajo esta premisa, surge la necesidad de aumentar la potencia del motor original del Renault Clío k4j con una relación de compresión de 9.18:1 y aumentándola hasta 12.03:1 con el fin de mejorar su rendimiento.

Objetivos

Elaborar una estrategia integral para mejorar el rendimiento del motor de un Renault Clio destinado a competencias de rally, enfocándose en el incremento de potencia y torque, así como en la optimización de la eficiencia mecánica y térmica para un desempeño óptimo en condiciones extremas.

Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros principales del motor Clío K4J mediante revisión de catálogos del fabricante para la modificación.
- Aumentar la carrera del cilindro mediante datos técnicos e incrementos en el desplazamiento mejorando sus valores iniciales.
- Modificar el diámetro del pistón mediante cálculo, logrando incrementos de potencia requerida, para rectificación de la camisa y remplazo de sus componentes.
- Modificar el volumen de la Cámara e incrementar la relación de compresión.
- Validar el incremento de potencia mediante pruebas de dinamómetro para la comprobación de la efectividad de las modificaciones

Hipótesis

Mediante modificaciones en los componentes del motor se aumentará la relación de compresión de 9.18:1 a 12.03:1 y potencia del motor Renault Clío k4j para rally.

Estado del Arte

El motor es reconocido por convertir la energía química del combustible en trabajo mecánico mediante la quema u oxidación del combustible dentro del motor, un proceso que implica la introducción de aire y combustible en el motor (Rafael & Hernández, 2014). Estos motores también convierten energía térmica en energía mecánica, utilizando un fluido compresible generado por una chispa entre los electrodos de una bujía. La combustión, por su parte, ocurre mediante el avance de un frente de llama a través de la cámara de combustión, creando dos zonas distintas: una de gases frescos y otra de gases quemados.

Por otro lado, el ajuste se refiere a los procedimientos de modificación destinados a mejorar la potencia del motor, tomando en cuenta que todas las piezas del motor tienen una vida útil, lo que puede verse afectada por las funciones establecidas tanto internas como externas y complicando en cierta forma el reemplazo de dichas piezas (Valle-Ocaña et al., 2022).

Uno de los métodos utilizados para aumentar la potencia del motor es la modificación de los cilindros los cuales están conformados por camisas a las cuales se les puede aumentar el diámetro para así modificar su potencia tomando en cuenta los parámetros y estándares de rectificación. Al respecto, para aumentar la medida del cilindro no se puede sobrepasar de la medida máxima a la que se puede abrir el diámetro del cilindro, ya que dicha modificación puede ser dada cambiando pistones ya sean exclusivos de competencia con un diámetro mayor (UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías, n.d.).

Block de cilindros

El block de cilindros es uno de los elementos más importantes del motor ya que en esta parte se encuentran alojadas las camisas las cuales pueden ser húmedas, secas o fundidas. Las camisas de cilindro son rodeadas por un líquido refrigerante lo que garantiza el enfriamiento del motor. Cabe mencionar que, las camisas son rectificadas a una medida

especifica en una rectificadora para obtener los parámetros necesarios para la repotenciación del motor

Figura 1

Block de cilindros



Fuente: Bloque del motor 1.4 16v K4J732 Renault Megane II

Es importante destacar que, la rugosidad de los cilindros es un factor importante ya que ayuda a la lubricación de los cilindros y permite al mismo tiempo disminuir la fricción de los rines y las camisas (Montoya, 2008).

Desgaste en los cilindros

El proceso también implica corregir errores comunes encontrados en partes cilíndricos, como ovalización, estrangulamiento, corrugación, abultamiento, conicidad, marcas de herramientas, desalineación y errores de vibración. Todas estas imperfecciones se pueden corregir mediante pulido, sin necesidad de eliminar tanto material. Además, el bruñido, así como el corte, esmerilado y pulido, pertenecen al grupo de procesos de mecanizado con herramientas de corte con geometría indefinida (Dávila, 2017).

Figura 2

Desgastes de cilindros



Fuente: (Dávila, 2017)

Pistones

Los pistones son piezas que transforman el movimiento lineal en rotativo, el cual es generado por la combustión provocada en el interior del cilindro. Todos los pistones deben poseer las mismas características como peso, medidas (alto, ancho, carrera y desplazamiento) y materiales evitando el desbalanceamiento en los cilindros. Los pistones son los encargados de soportar altas temperaturas y son también resistentes a la deformación, ya que han sido diseñados de tal manera que sean más ligeros y eficientes. Las cargas indicadas causan esfuerzos mecánicos y térmicos, los cuales dependen de factores como la distribución de temperatura, coeficiente de expansión térmica, módulo de elasticidad, geometría y condiciones del refrigerante. Para proteger los pistones de estas cargas, una opción es utilizar barreras térmicas protectoras (Fournier et al., 2020).

Tipos de pistones

Existen pistones de aluminio fundido, forjados a presión, hipereutecticos (estos pistones cuentan con un porcentaje alto de silicio y su deformación es mínima y mayor resistencia a la temperatura), destacándose que la gran mayoría de estos poseen una aleación en aluminio-cobre, aluminio-cobre -niquel-hierro, y aluminio silicio (Zavala & Hernán, n.d.-a)

Figura 3

Pistones



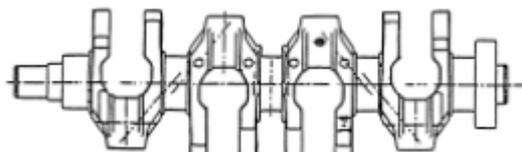
Fuente: (Bernal y Mesa Robledo, n.d.)

El cigüeñal

El cigüeñal es el componente que transforma el desplazamiento lineal del pistón en un movimiento rotativo. Cabe mencionar que en sus principios los motores eran mono cilíndrico, es decir, que disponían de un solo cilindro por lo que los cigüeñales no estaban muy desarrollados, pero a medida que fue aumentando los requerimientos se fue incrementando la potencia del motor, así como su cilindrada el cual fue sometido a varias modificaciones y variables como su sentido de giro lubricación, así como balanceo dinámico. En síntesis, el cigüeñal busca eliminar toda vibración tanto en el movimiento transmitido por los brazos de biela como en el estado estático, asegurando que todo el peso esté equilibrado de manera uniforme respecto a su eje (Padilla et al., 2019).

Figura 4

cigüeñal



Fuente: (Padilla et al., 2019).

Brazos de biela

Los brazos de Biela transforman la energía química generada por la combustión dentro del cilindro transformándola en energía mecánica, lo que permite resistir la tracción, compresión y flexión al momento de realizar un ciclo termodinámico de trabajo. Estos elementos se han fabricado tradicionalmente mediante fundiciones de hierro o forjado, utilizando estampado de hierro al carbono aliado con otros materiales, los cuales deben someterse a procesos de maquinado, creación de orificios de lubricación, control de peso e inercia, y deben ser capaces de soportar grandes esfuerzos mecánicos (Noroña et al., 2017).

Los brazos de biela son elementos que raramente fallan, ya que las circunstancias más comunes en las que se puede romper un brazo de biela incluyen el gripado del pistón o de los anillos, exceso de temperatura, o problemas en su alojamiento debido a una fricción excesiva por falta de lubricación, lo que provoca un ruido en el motor. Además, el desbalanceo de los brazos de biela puede generar vibraciones dentro del motor. (Noroña et al., 2017)

Figura 5

Brazos de biela



Fuente: (Noroña et al., 2017)

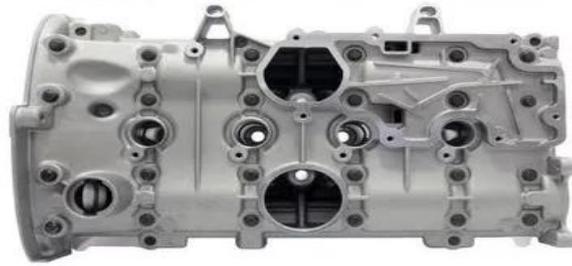
Cabezote o Culata

El cabezote o la culata es un elemento en donde se encuentran alojadas algunas piezas y partes móviles del motor como son válvulas, guías, árboles de levas, balancines, taques entre otros. Se reconoce por estar montada encima del bloque de cilindros separada por un empaque el cual permite sellar la Cámara del cilindro haciendo un sello hermético para la combustión (Noroña et al., 2017).

La culata es un elemento que permite el ingreso de aire combustible dentro de la cámara de cilindros para poder realizar el ciclo termodinámico del motor y normalmente es fabricada de aluminio junto con otros materiales como silicio, magnesio y cobre. Debido a sus buenas características térmicas también eran fabricadas de hierro fundido, pero en la actualidad la tendencia va hacia la fabricación en aluminio tanto del bloque de cilindros como la culata. Cabe mencionar que, en la fabricación de los cabezotes, se encuentran perforaciones donde se aloja la cabeza del pistón, los orificios de lubricación, conductos de agua, barras de levas, termostatos, entre otros componentes (Noroña et al., 2017)

Figura 6

Cabezote



Fuente: Cabezote Renault K4j

Barras de levas

Los motores de cuatro tiempos disponen de un eje de levas el cual permite abrir las válvulas de admisión y de escape. Cabe mencionar que existen motores que poseen dos árboles de levas en él cabezote uno para admisión y otro para escape; estas disponen de una leva, que permite abrir la válvula del cabezote la cual está comprimida por un resorte y un seguro la cual permite el ingreso de aire en el caso de admisión o la salida de gases de escape.

Los árboles de levas generalmente están fabricados en aceros de medio carbono en el que se les aplica un temple superficial en las levas para obtener la dureza necesaria que asegure la resistencia al desgaste. El material del que están hechos debe ser resistente a la fricción, tracción, torsión y fuerzas cortantes, debido a la rotación y los esfuerzos a los que está sometido el árbol de levas (Téllez Fontecha & Díaz R., 2009).

Figura 7

Barras de levas



Fuente:(Árbol Levas Admisión Renault Master 2.5 G9u Original, n.d.)

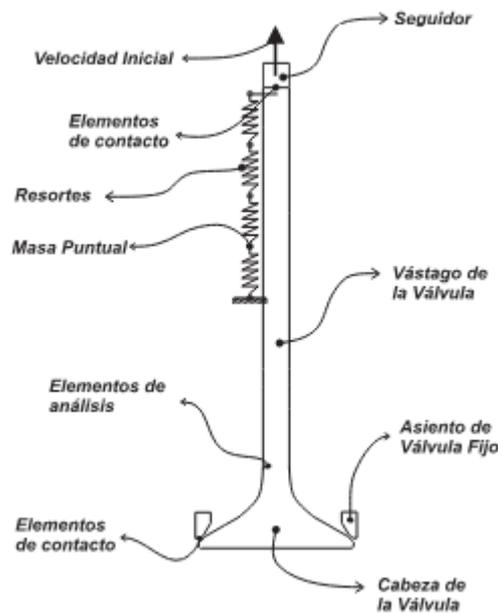
Válvulas

Las válvulas son uno de los elementos que soportan las temperaturas más altas dentro del motor de combustión interna, alcanzando un promedio de 600 °C. Además, están sometidas a una gran tensión debido al impacto entre el asiento y la válvula al finalizar la carrera de compresión, así como a las altas presiones internas y elevadas temperaturas durante la combustión. Por ello, las válvulas se fabrican para soportar además de las elevadas tensiones, el desgaste y los efectos corrosivos (Cavalieri et al., 2009).

Las válvulas en los motores modernos están expuestas a un gran número de ciclos de carga, considerando un promedio de velocidad de unos 70 km/h o unos 3000 rpm del motor, con una duración especificada de 200,000 km (Cavalieri et al., 2009)

Figura 8

Válvulas



Fuente: (Cavaliere et al., 2009)

Diseño del motor de combustión interna

Al diseñar un motor de combustión interna con varios cilindros, se debe planificar su construcción considerando diversos factores internos del motor y su comportamiento por lo que es importante determinar la disposición y forma de las piezas para optimizar el espacio. La colocación de las piezas influye en el comportamiento del motor, especialmente en las vibraciones y ruidos que produce, por lo que los cilindros pueden estar dispuestos en línea, opuestos, en V, en W o en estrella. A continuación, se describen los tipos de disposiciones de los cilindros, seguidos de algunos factores importantes a considerar en el diseño del motor (Rafael & Hernández, 2014).

Incremento de potencia y eficiencia de un motor de combustión interna

Para poder incrementar la potencia, se debe aumentar la cantidad de aire mezclado adecuadamente con el combustible, haciendo que la potencia se puede mejorar implementando una o varias de las siguientes opciones, las mismas que implican un aumento del consumo de aire: incremento de la cilindrada, incremento de la presión media efectiva o incremento del régimen de giro (Casani et al., n.d.).

La primera opción implica utilizar métodos como aumentar el diámetro del cilindro, incrementar la carrera del pistón o agregar más cilindros, aunque esta última opción es poco probable en la modificación de un motor existente. En cualquiera de estos casos, se logra un mayor consumo de aire a un régimen de giro constante, lo que resulta en un aumento de potencia en comparación con el motor original. Sin embargo, aumentar la cilindrada no siempre es una tarea sencilla de aplicar a todos los motores, ya que puede requerir modificaciones en el bloque del motor y/o en el cigüeñal. (Casani et al., n.d.).

En la segunda opción, la presión media efectiva se define como el promedio de las presiones dentro de la cámara de combustión durante el proceso de combustión, destacando que, en un motor de explosión, la cantidad de energía liberada durante la explosión es mayor cuanto más alta sea la temperatura absoluta alcanzada en el momento del encendido de la mezcla. Un incremento en la presión dentro de la cámara de combustión conlleva a un significativo aumento en la potencia del motor (Casani et al., n.d.).

Para incrementar la potencia del motor, otra opción es aumentar el régimen de giro por encima del diseño original, lo que implica un mayor consumo de aire, ya que, si el motor puede girar 1,000 RPM más rápido en un minuto, consumirá más mezcla de aire y combustible, resultando en una mejora significativa en la potencia manteniendo la misma cilindrada. El método más común para lograr esto es reducir las masas en movimiento del motor como el volante, el cigüeñal, las bielas, los pistones, la distribución y las válvulas. Sin embargo, este enfoque es un poco arriesgado, ya que implica reducir o eliminar material de las piezas para hacerlas más ligeras, esta modificación tiene que ser correctamente realizada puesto que si los pesos de los componentes rebajados no son los adecuados conlleva a una fractura de los mismos, lo que aumenta los esfuerzos de inercia con la rotación incrementada (Casani et al., n.d.).

Flujo laminar

El flujo laminar se caracteriza por el desplazamiento del fluido en un mismo volumen y dirección a través de una región de ambiente controlado, con un flujo paralelo y una

velocidad uniforme. Cuando el flujo alcanza velocidades bajas, dependiendo de su viscosidad, las partículas del fluido se mantienen adyacentes, lo que resulta en un número de Reynolds en el tubo igual o menor a 2300 (Ayala & Ramírez, 2022). Mientras que, si su desplazamiento se realiza a través de un tubo, la velocidad del fluido es más baja cerca de las paredes del tubo que en el centro, como resultado de la fricción entre las paredes y el fluido (Jiménez, 2017).

Figura 9

Flujo laminar



Fuente: (Jiménez, 2017).

Flujo turbulento

El flujo turbulento, también llamado corriente turbulenta, se refiere al movimiento caótico de un fluido, donde las partículas de este y se desplazan de manera desordenada y forman pequeños remolinos aperiódicos como, por ejemplo, el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esta característica, es posible predecir la trayectoria de las partículas hasta cierta escala, pero más allá de ese punto, la trayectoria se vuelve impredecible y, más específicamente, caótica (Jiménez, 2017).

Flujo de transición

El flujo de transición exhibe propiedades dinámicas que se asemejan tanto al flujo laminar como al turbulento, enfocándose en el flujo de transición en el conducto de admisión, ya que en el colector de admisión se forman canales de flujo laminar. A través del

flujo de dimpling, se busca inducir un flujo turbulento, lo cual contribuirá a crear un diferencial de presión que mejorará la succión del fluido (Ayala & Ramírez, 2022).

Método de flujo dimpling

El método de flujo dimpling es una técnica de ingeniería simple y efectiva que implica la creación de perforaciones circulares a lo largo del conducto de admisión del cabezote que también es conocido como trucaje de pelota de golf debido a su similitud con el texturizado utilizado en las pelotas de golf. Este proceso se emplea en la modificación de motores para lograr una mezcla más uniforme de aire y gasolina, lo que evita la entrada de gasolina condensada en la cámara de combustión sin una mezcla adecuada con el aire. Se aplica específicamente en los conductos de admisión, donde se busca obtener una combinación adecuada de flujos laminar y turbulento para mejorar la mezcla y la entrada de la cámara de combustión (Ayala & Ramírez, 2022).

Dinamómetro de banco

El dinamómetro de banco sirve para realizar pruebas en motores o vehículos de combustión interna sean normalmente aspirados o turboalimentados, usado normalmente para verificar los parámetros tales como torque y potencia existiendo diferentes tipos de dinamómetros (IVÁN PATRICIO CUSANGUÁ ARÉVALO & CARLOS FABIÁN ASQUI CALERO, 21 C.E.)

En los dinamómetros podemos obtener información sobre motores puestos a prueba de torque y de potencia indicándonos sus valores máximos y mínimos a los cuales están sometidos.

Figura 10

Especificaciones técnicas vehículo

Tabla III
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO DE PRUEBA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO	
Motor	2.0 L TM 4x2
Desplazamiento (cc)	1995
No. Cilindros	4 en línea
No. Válvulas	16
Potencia (Hp @ RPM)	138@ 6,000
Tipo	DOHC
Torque (Nm @ RPM)	183 @ 4,000

(Vista de Caracterización Del Modelo Termodinámico Otto y CIMA Para La Predicción de Potencia Torque y Consumo de Un Motor de Combustión Interna S.I Con El Dinamómetro Automotriz Para Evaluar La Precisión de Sus Resultados., n.d.)

Esta imagen nos muestra los datos técnicos proporcionados por el fabricante de dicha marca de vehículo.

Las pruebas de dinamómetro son tablas mostradas en una computadora indicándonos los valores de torque y de potencia obtenidos en las pruebas realizadas a los vehículos y poder conocer su máxima eficiencia.

Metodología

Método de investigación

El enfoque de investigación es cuantitativo, ya que su primer objetivo es comprender lo que ocurre y las características del objeto de estudio social, lo que permite al investigador adoptar distintos enfoques según sus intenciones y la tradición de estudio. Puede adoptar una posición exploratoria cuando hay escasez o ausencia de referencias investigativas o descriptiva cuando se caracteriza externamente el objeto de estudio a través de las relaciones entre variables (Babativa, 2017). Por tanto, permite recolectar toda la información sobre el análisis de datos numéricos relacionados con el rendimiento del motor, lo que incluye mediciones de potencia, torque, velocidad, consumo de combustible, entre otros, con el fin de cuantificar el impacto de las modificaciones realizadas en el motor.

Tipo de investigación

El tipo de investigación es exploratorio, el mismo que es utilizado para recopilar datos, identificar precedentes generales y ubicar elementos como patrones y posibles relaciones entre variables. También se alinea con esta metodología debido a que no se cuenta con información sólida y se debe ajustar de acuerdo con la hipótesis planteada (Vizcaíno et al., 2023). Cabe mencionar que en la presente investigación que se busca explorar y comprender un área poco investigada o entendida en términos de potenciación de motores específicamente para competencias de rally y de modificaciones específicas en el motor Renault Clío, las mismas que deben ser evaluadas. Basándonos en un enfoque explicativo puesto que se van a realizar modificaciones y transformaciones en el motor del Renault Clío k4j las cuales se irán discutiendo y explicando, de acuerdo con las mejoras obtenidas en el motor proporcionando información detallada de las modificaciones realizadas y sus resultados en las pruebas de dinamómetro.

Proceso de repotenciación

La repotenciación de un motor de competición es compleja debido a que involucra la optimización y mejora de un motor para maximizar su rendimiento en un entorno competitivo. El proceso de repotenciación comienza con una evaluación detallada del motor existente, identificando sus fortalezas y debilidades, lo que implica el análisis de las condiciones del motor, incluyendo la compresión, el desgaste de los componentes y la eficiencia de los sistemas de admisión y escape.

En este contexto, una de las áreas clave en la repotenciación es la optimización del flujo de aire y combustible, cuya mejora permite aumentar la cantidad de mezcla de aire y combustible que entra en los cilindros y los gases de escape que salen, respectivamente. Esto se logró mediante la comprobación volumétrica de las toberas, específicamente en la preparación de motores de alto rendimiento, lo que asegura que los conductos de admisión y escape tengan el volumen y flujo adecuados para optimizar el rendimiento del motor.

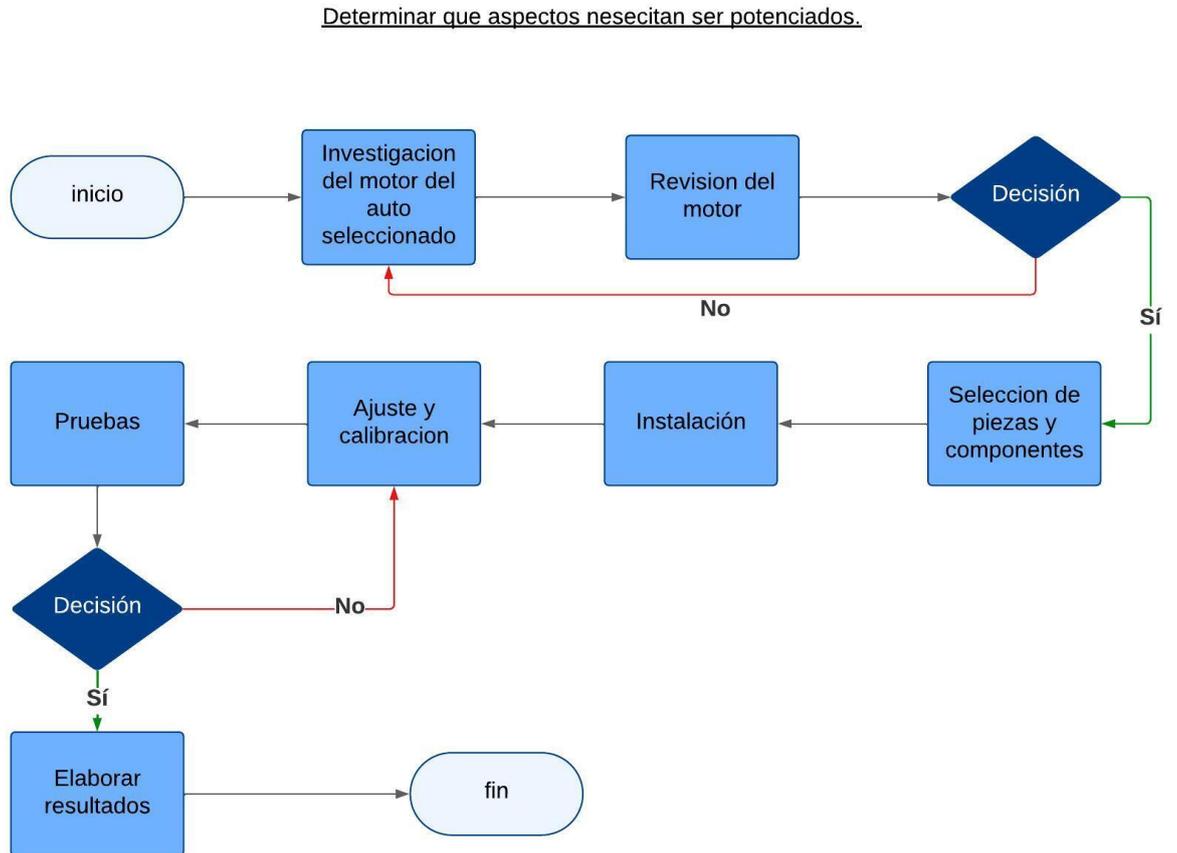
Otra área importante es la mejora de los componentes internos del motor, lo que puede incluir la sustitución de pistones, bielas y cigüeñales por piezas forjadas de alta resistencia que soporten mayores presiones y temperaturas. Además, el equilibrado dinámico del conjunto rotativo permite reducir las vibraciones y mejorar la durabilidad del motor a altas revoluciones. Una vez implementadas las mejoras, el motor debe ser probado en un dinamómetro para medir su rendimiento y realizar ajustes precisos. Este proceso asegura que el motor no solo alcance su máximo potencial, sino que también sea confiable y duradero en condiciones de competición extrema.

Diagrama de flujo

En el siguiente diagrama observamos los pasos realizados en el motor Renault Clio k4j dándonos un diagnóstico específico el cual permite identificar si el motor es apto para realizar mejoras y posteriormente ensamblarlo y ponerlo a punto para pruebas en dinamómetro.

Figura 11

Diagrama de flujo



Nota: En este proyecto se toma el desarrollo y potenciación de un motor para competencia rally empleando un enfoque funcional de un motor en el que se consideraran algunos elementos que permitan aumentar su potencia y torque facilitando la evaluación del motor y su rendimiento en un dinamómetro.

Bloque motor

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de un motor Renault k4j:

Tabla 1

Especificaciones técnicas de un motor Renault k4j

Tipo	1.4 Renault
Bloque de cilindros	Hierro fundido R4
Cabeza de cilindro	Aluminio 16V
Diámetro interior del cilindro, mm	79.5
Carrera del pistón, mm	70
Salida de par, Nm	127
	124
Potencia HP	82
RPM máximos	6500

Fuente: Muñoz (2021)

Una vez que se tiene la información del motor, se procede a seleccionar las piezas y componentes para potenciarlo con el fin de proceder a instalar los elementos seleccionados según las especificaciones. Posteriormente, se llevan a cabo ajustes y calibraciones en el sistema de gestión del motor para optimizar su rendimiento y garantizar su fiabilidad. Finalmente, se realizan pruebas en condiciones reales de competición para verificar el rendimiento del motor potenciado y realizar ajustes finales según sea necesario para optimizar su funcionamiento y fiabilidad. Si todo funciona correctamente, se procede a realizar el informe correspondiente; de lo contrario, se regresa a la etapa de ajustes y calibraciones.

Datos del vehículo original motor Renault k4j

A continuación, se indican los datos de la ficha técnica del motor original:

Figura 12

Ficha técnica del motor k4j original

Overview		Created: Aug 30, 2019	Edited: Jun 18, 2021
VEHICLE TYPE	Car/Truck	FUEL TYPE	Gas
MAKE	RENAULT	CAMSHAFT	DOHC
MODEL	MAGANE	VALVE	ADJ.
YEAR	1999-2002	LITER	1.4
VIN		CID	85
BORE	3.1287-3.1311" (79.470-79.530 MM)	STROKE	2.7559" (70.000 MM)
COMPRESSION RATIO	10:1	FIRING ORDER	1-3-4-2
COMMENT	DOHC	INTFR	Unkown

Fuente: AERA (2021a)

En la siguiente tabla 2 se muestran las especificaciones del estándar del cabezote 113.05mm:

Tabla 2

Especificaciones del cabezote

Información	Especificaciones
Medidas	4.4469 – 4.4508"
Espesor mínimo	No
Especificación de deformación	0.0020" (0.050mm)

Fuente: AERA (2021a)

Tabla 3

Especificaciones del Cigüeñal

Información	Especificaciones
Carrera	2.7559"(70.000MM)
Diámetro del cilindro	3.1287-3.1311"(79.470-79.530 MM)

Diámetro de biela	1.7307-1.7315”(43.960-43.980 MM)
Diámetro de bancada: Pos 1	1.8894-1.8896”(47.90-47.997 MM)
Luz de aceite	0.0008-0.0023”(0.020-9.958 MM)
Juego final	0.0018-0.0099”(0.045-0.252 MM)

Fuente: AERA (2021a)

Otras medidas consideradas para el trabajo de investigación corresponden a la medida del cilindro: 79.50 mm, carrera del cigüeñal: 70 mm, diámetro del muñón de biela: 43.98 mm y diámetro del muñón de bancada: 47.99 mm. Cabe mencionar que las modificaciones serán realizadas en el cabezote, cómo en la carrera del cigüeñal, el diámetro de los cilindros, el porteo de los alojamientos de admisión y escape.

Figura 13

Medida del empaque es de 1.3mm



En la figura 12 se observa la medida del empaque original que es de 1.5 mm, este al momento de comprimirse por el torque y debido al material de amianto se reduce a 1.3 mm.

Cálculos

Se comienza con la modificación del cigüeñal reemplazándolo por un cigüeñal con la carrera más elevada, aumentando de 70 mm a 80.50 mm. Esto permite aumentar la cilindrada del motor de 1395 cm³ a 1600 cm³.

Motor original $V_c = 36 \text{ cm}^3$ *Empaque* $s = 1.3 \text{ mm}$ y $V_e = 6.45 \text{ cm}^3$

Formula 1

$$\emptyset D = 79.5 \text{ mm}$$

$$s = 70 \text{ mm}$$

$$V_c = 36 \text{ cm}^3$$

$$V_h = \frac{\pi * D^2 * s}{4}$$

$$V_h = \frac{\pi * 7.95 \text{ cm}^2 * 7 \text{ cm}}{4} = 347.47 \text{ cm}^3$$

$$V_h = 347.47 \text{ cm}^3$$

Donde:

Vh = Cilindrada unitaria

∅ D = Diámetro del cilindro

S = Carrera del pistón

Formula 2

$$VH = v_h * \text{numero de cilindros}$$

$$VH = 347.47 \text{ cm}^3 * 4 = 1394 \text{ cm}^3$$

Donde:

VH = Cilindrada total

Formula 3

$$\epsilon = \frac{Vh + Vc + Ve}{Vc + Ve}$$

$$\epsilon = \frac{347.47 \text{ cm}^3 + 36 \text{ cm}^3 + 6.45 \text{ cm}^3}{36 \text{ cm}^3 + 6.45 \text{ cm}^3}$$

$$\epsilon = 9.18 : 1$$

Donde:

ϵ = Relación de compresión

Vh = Cilindrada unitaria

Vc = Volumen de la cámara

Ve = Volumen del empaque

El cigüeñal

Se reemplaza el cigüeñal para obtener un mayor peso, lo que ayudará a tener una mejor inercia del motor y aumentando su régimen de giro. Con esto se logra aumentar la carrera del cigüeñal, su cilindrada y par de giro, tal como se observa en la figura 13:

Figura 10

Cigüeñal



Datos del motor Renault k4M

Como se observa en la figura 14 se tienen los datos del motor Renault k4M, información que fue obtenida del Manual de Renault de AERA.

Figura 11

Datos del motor Renault k4M

Overview													
Created: Nov 13, 2017 Edited: Jun 24, 2021													
VEHICLE TYPE	Car/Truck	FUEL TYPE	Gas	CAMSHAFT	DOHC	VALVE ADJ.	HYD	ENGINE CODE	K4M				
MAKE	RENAULT	MODEL	MEGANE	YEAR	1998-2020	VIN		LITER	1.6	CID	98	CYL	L 4
BORE	3.1299" (79.500 MM)			STROKE	3.169" (80.500 MM)								
COMPRESSION RATIO	10:1						FIRING ORDER	1-3-4-2					
COMMENT	1,598 CC'S, DOHC, 16 VALVE, XA0B K4M 700, XA0B K4M 701, XA04 K4M 700, XA04 K4M 701										INTFR	Yes	

Fuente: AERA (2021b)

En la figura 15 se puede observar la carrera del motor la cual varía a 80.50 mm, la cual se modifica cambiándole la medida del cilindro y abriéndose hasta 0.50 mm debido a que el block no permite abrir más la medida ya que la pared entre cilindros es muy delgada.

Figura 16

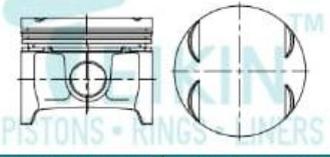
Proceso de rectificado de cilindros



La rectificación de los cilindros de un motor, se lo realiza con el objetivo de aumentar el diámetro del cilindro, lo cual permite mejorar el rendimiento del motor. En base a la experiencia adquirida en máquinas rectificadoras y en la preparación de motores de competición, se procedió con el desmontaje completo del motor y la evaluación del desgaste existente. Utilizando una máquina rectificadora de precisión se incrementó el diámetro de los cilindros de manera controlada en 0,50 mm) o (+0.020"), asegurando un acabado uniforme y exacto. En este proceso la maquina posee una chuchilla de rectificado de pastilla de inserto y las velocidades de avances serían las siguientes: debe ser ajustada con un avance en el eje y de X/mm de 0.125 y una velocidad de desbaste en la cuchilla de 210 rpm, lo cual permite que el acabado de los cilindros sea el adecuado para pasar a su proceso de bruñido de cilindro. Este aumento permite instalar pistones de mayor diámetro, (ver figura 16) lo que incrementa la capacidad del área de la cabeza del pistón. Por consiguiente, además del aumento de la carrera, también se reemplazó el cigüeñal, que posee una carrera superior a la original, lo que resulta en un mayor cilindraje y, por ende, mayor potencia y torque (0,50 mm o +.020").

Figura 12

Diámetro de cilindros

K4J		Ø	79.50	2 - 1.5	Ø	19.990	
4 cyl.			-2.2		TL	61.50	
		CD	37.20				
		TL	64.60	1 - 2.5			
		TEIKIN NO.	70108	TEIKIN NO.	R 70600	TEIKIN NO.	P 42662
		REFERENCE NO.	77 01 474 903 77 01 474 904 77 01 474 905	REFERENCE NO.	77 01 473 223 77 01 473 857 KS: 800053040000 MAHLE: 02202N0		
Surface Treatment	Bore Clearance						
Tin Coated	MRC: 0.030 mm MP: 10.50 mm						

Después de la rectificación, se realizó el bruñido en un ángulo de 33 a 36 (esto se realiza para que se mantenga lubricada la pared de los cilindros) (ver figura 17) de los cilindros para lograr una superficie lisa que optimice la interacción entre los pistones y las paredes del cilindro, reduciendo la fricción y mejorando la eficiencia. Finalmente, se ajustan las tolerancias y se ensambla el motor con componentes de alta calidad, garantizando un rendimiento superior y fiable en condición 0.01mm ó (0.005") de competición.

Figura 18

Proceso de pulido de cilindro



En la figura 17 se puede observar el bruñido de los cilindros, que permite dejar el diámetro interno del cilindro en 80 mm de manera uniforme, sin conicidad ni ovalamiento.

Esto se llevó a cabo mediante los siguientes pasos:

- Colocando la primera piedra de desbaste de grano 220 (M27-j55), se aproximó la medida del cilindro con el fin de marcar el cruce específico o bruñido.
- Se colocó la piedra de desbaste de grano 280 (M27- j65), y se dejó la medida del cilindro 0.01mm para su proceso final.
- Se colocó la piedra de grano 400 (m27-j87), y se dio el acabado con una medida específica del fabricante.
- Se colocó los cepillos de sistema plateau (PHT732), la cual sirve para cortar los picos y las aristas que dejan las piedras abrasivas dejando un acabado espejo en el cilindro.

Tabla 4

Tipos de Piedra de Bruñido

En esta tabla podemos observar los tipos de piedras, el tamaño del grano de desbaste, el diámetro inicial y final del equipo, la rugosidad media (Ra) y el costo aproximado en el mercado.

Piedra de Bruñido / Piedra de Afilado

Carburo de Silicio / Óxido de Aluminio

Tipo	Código	Tamaño de grano	Rango de diámetro	Aprox. Ra	Precio por unidad
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	M27-j45	150	69-104mm	0,80µm	\$ 76,00
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	M27-j55	220	69-104mm	0,75µm	\$ 76,00
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	M27-j65	280	69-104mm	0,40µm	\$ 76,00

Tipo	Código	Tamaño de grano	Rango de diámetro	Aprox. Ra	Precio por unidad
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	M27-j87	400	69-104mm	0,15 μ m	\$ 76,00
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	N37-J45	150	89-140mm	0,80 μ m	\$ 76,00
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	N37-J55	220	89-140mm	0,75 μ m	\$ 76,00
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	N37-J65	280	89-140mm	0,40 μ m	\$ 76,00
Piedra de Bruñido para Hierro Fundido	N37-J87	400	89-140mm	0,15 μ m	\$ 76,00
Herramienta de Bruñido PHT Plateau	PHT732		58,7-73,7mm	Paso de Finalización	\$ 450,00
Herramienta de Bruñido PHT Plateau	PHT733		73,7-86,4mm	Paso de Finalización	\$ 570,00

La rugosidad final del cilindro es importante en la preparación de motores de alto rendimiento ya que asegurar una rugosidad óptima en las paredes del cilindro mejora el rendimiento y la longevidad del motor.

Figura 13

Proceso de pulido de cilindro



El proceso comienza con el bruñido del cilindro, utilizando piedras abrasivas para crear un patrón de cruce de estrías, lo que permite retener una película de aceite adecuada, reduciendo así la fricción y el desgaste durante el funcionamiento del motor. Cabe indicar que la rugosidad debe ser lo suficientemente áspera para asegurar una correcta lubricación, pero al mismo tiempo debe ser suave para minimizar la fricción. Utilizando equipos de medición de precisión tal como se aprecia en la figura 19, se verifica que la rugosidad final esté dentro de las especificaciones ideales.

Este equilibrio perfecto en la rugosidad del cilindro mejora la eficiencia de combustión, reduce el desgaste de los anillos del pistón y contribuye a la máxima potencia y fiabilidad del motor, especialmente en condiciones de alta exigencia como las competiciones.

Figura 20

Modificaciones



En la figura 19, se aprecia la carrera del cilindro, considerando que el pistón se encuentra en el punto muerto inferior (PMI). Y la carrera del pistón en la posición de punto

muerto superior (PMS), lo que da como resultado una carrera de 80.50 mm con respecto al punto muerto superior y al punto muerto inferior, adicionalmente se obtienen los siguientes datos:

- Diámetro cilindro: 80mm
- Carrera cigüeñal: 80.50mm
- Diámetro del empaque: 0.96mm
- Volumen de la cámara 35cm³

Diámetro del empaque

Los datos obtenidos en el manual de motor Renault k4m, indican que la medida del empaque de 0.96 mm es el utilizado para los cálculos empleados.(4 Cilindros-K4M, n.d.)

El espesor del empaque más el volumen de la cámara y la carrera son los datos que se emplearán para obtener la relación de compresión del motor de competición, los cuales indicarán la medida a la que se debe de rectificar la superficie plana del cabezote y del block para obtener la relación de compresión deseada.

Cálculos de cilindrada con el motor modificado

$$V_c = 35 \text{ cm}^3 \quad D = 80 \text{ mm} \quad s = 80.5 \text{ mm} \quad em = 0.95 \text{ mm}$$

Formula 4

$$\emptyset D = 80 \text{ mm}$$

$$s = 80.50 \text{ mm}$$

$$V_c = 35 \text{ cm}^3$$

$$V_h = \frac{\pi * D^2 * s}{4}$$

$$V_h = \frac{\pi * 8 \text{ cm}^2 * 8.05 \text{ cm}}{4} = 404.63 \text{ cm}^3$$

$$Vh = 404.63 \text{ cm}^3$$

Donde:

Vh = Cilindrada unitaria

∅ **D** = Diámetro del cilindro

S = Carrera del pistón

Formula 5

$$VH = vh * \text{numero de cilindros}$$

$$Vh = 404.63 \text{ cm}^3 * 4 = 1618,54 \text{ cm}^3$$

Donde:

VH= Cilindrada total

Formula 6

$$Vhe = \frac{\pi * D^2 * se}{4}$$

$$Vhe = \frac{\pi * 8 \text{ cm}^2 * 0.095 \text{ cm}}{4} = 4.77 \text{ cm}^3$$

Donde:

Vhe = Cilindrada unitaria del empaque

∅ **D** = Diámetro del cilindro

Se = Carrera del empaque

Formula 7

$$\epsilon = \frac{Vh + Vc + Ve}{Vc + Ve}$$

$$\epsilon = \frac{404.63 \text{ cm}^3 + 35 \text{ cm}^3 + 4.77 \text{ cm}^3}{35 \text{ cm}^3 + 4.77 \text{ cm}^3}$$

$$\epsilon = 11.17 : 1$$

Donde:

ϵ = Relación de compresión

V_h = Cilindrada unitaria

V_c = Volumen de la cámara

V_e = Volumen del empaque

El cubicaje de la cámara de combustión es un valor importante, el cual utilizaremos con el diámetro del cilindro y la carrera del pistón para poder obtener la cilindrada unitaria y posteriormente multiplicando por el número de cilindros obtendremos la cilindrada total.

Figura 21

Cálculo de volumen de la cámara



En la figura 20 indica cómo se determinó el cubicaje de una culata de un motor a gasolina, el mismo que debe ser un procedimiento preciso. Este proceso comienza con la limpieza detallada de la culata para eliminar cualquier residuo que pueda afectar las mediciones. A continuación, se coloca la culata sobre una superficie plana y se utiliza una placa de acrílico transparente con un orificio central para sellar la cámara de combustión. Se llena la cámara con un líquido de medición (agua), generalmente aceite o alcohol teñido y a través del orificio, por medio de una jeringa graduada para medir el volumen exacto de líquido requerido para llenar completamente la cámara.

El volumen medido, conocido como el volumen de la cámara de combustión, se utiliza junto con las dimensiones del cilindro y el grosor del empaque d culata (diámetro y carrera) para calcular la relación de compresión y el cubicaje total del motor. Este procedimiento se lo hace para la aplicación de ajustes y optimizaciones en motores de alto rendimiento, asegurando así una combustión eficiente y máxima potencia.

Rectificación de superficie plana

El proceso de rectificación depende de una máquina la cual desbasta con cuchillas la superficie plana tanto del block como del cabezote para poder tener una superficie plana y lisa, y para ello se procede a realizar el siguiente cálculo:

Cálculos

Formula 8

$$x = \frac{S}{\varepsilon_0 - 1} - \frac{S}{\varepsilon_f - 1}$$

$$x = \frac{80.5mm}{11.17 - 1} - \frac{80.5mm}{12.03 - 1}$$

$$x = 0.61 \text{ mm}$$

Donde:

X = Espesor a rectificar de la superficie plana

ϵ_0 = Relación de compresión inicial

ϵ_f = Relación de compresión final

S = Carrera del cilindro

Cabezote STD = 137mm

Cabezote cepillado = 136.49 mm

Cepillado Block = 0.10 mm

Formula 9

$x = \text{cabezote} + \text{block}$

$x = 0.51 \text{ mm} + 0.10 \text{ mm} = 0.61 \text{ mm}$

Donde:

X = Espesor a rectificar de la superficie plana

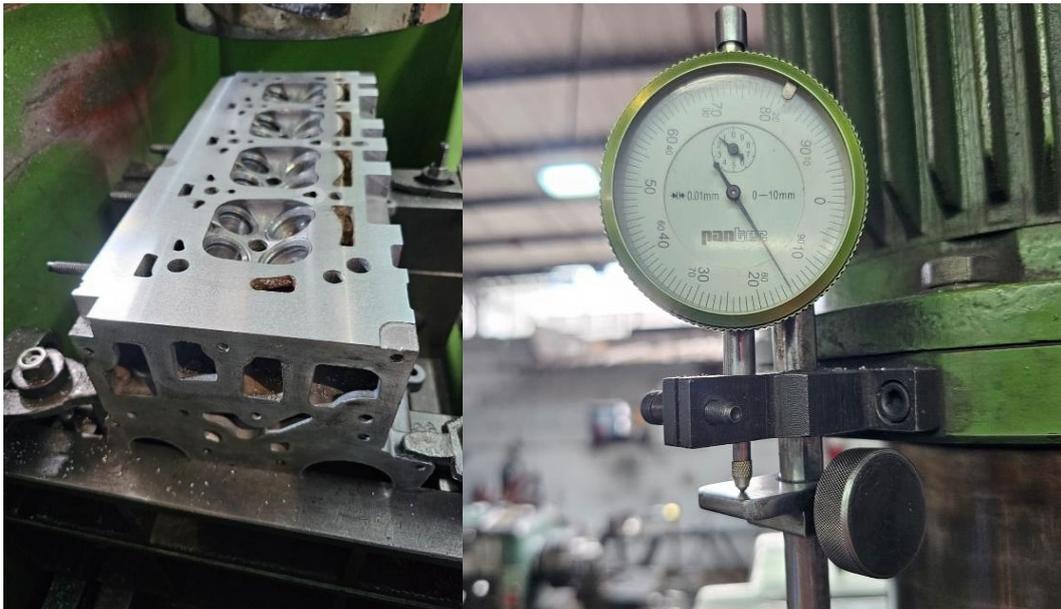
De acuerdo con los cálculos realizados en la fórmula 8 podemos aumentar la relación de compresión del motor inicial de 9:1, para lo cual debemos rectificar la superficie plana del cabezote 0.51mm y la superficie plana del block 0.10mm dándonos un total de 0.61mm obteniendo una relación de compresión final de 12.03:1

Montaje y proceso de rectificación de superficie plana del cabezote

El proceso de rectificación de superficies nos permite mediante una cuchilla de desbaste retirar material de la superficie en contacto dejando plana, de tal manera que al momento de asentar el empaque realice un sellado hermético tanto en el block como en el cabezote.

Figura 22

Montaje y proceso de rectificación



En la figura 21 se puede observar la superficie plana ya rectificada la cual es controlada por un reloj comparador situado en la parte superior de la máquina la cual permite determinar cuántas centésimas de milímetro la máquina desbasta la superficie. Cabe mencionar que, la rectificación del cabezote es un procedimiento para la restauración y mejora de motores de combustión interna, implicando una serie de pasos meticulosos para asegurar un rendimiento óptimo. Para ello, primero el cabezote se desmonta y se limpia a fondo para eliminar cualquier residuo de aceite, carbono y otros contaminantes, luego se inspecciona minuciosamente en busca de daños, como grietas o deformaciones, que puedan afectar su funcionamiento.

El proceso de rectificación comienza con el fresado de la superficie del cabezote para asegurar que esté perfectamente plana, lo que garantiza un sello adecuado con el bloque del motor y prevenir fugas de compresión. La Figura 22 muestra la superficie plana ya rectificada, que es controlada por un reloj comparador colocado en la parte superior de la máquina. Este dispositivo permite determinar con precisión las centésimas de milímetro que la máquina está eliminando de la superficie.

Figura 23

Micrómetro comparador montado en la máquina



El micrómetro comparador montado en la máquina como se observa en la Figura 22 proporciona la medida precisa del material que se está cepillando en el cabezote. En este caso, según los cálculos previos, el cabezote tiene una medida estándar de 137 mm, por lo que se cepillarán 0.51 mm para alcanzar la relación de compresión deseada.

De igual manera se realiza la rectificación del block motor cepillándola superficie plana 0.10mm para alcanzar la relación de compresión deseada.

Relación de compresión

La relación de compresión obtenida es de 12,03:1 como se observa en los cálculos realizados en la rectificación de la superficie plana, tanto en el cabezote como en el block formula 8.

Tabla 5

Relación de compresión

Cepillado Bloque de cilindros, mm	0.10
Cepillado Cabeza de cilindro, mm	0.51
Diámetro interior del cilindro, mm	80
Carrera del pistón, mm	80.5
Relación de compresión	12.03
Espesor del cabezote, mm	136.49

En la figura 23 se realizó el porteo y pulido de admisión y escape, un proceso que se centra en optimizar el flujo de aire y gases de escape para mejorar la eficiencia y potencia del motor. El porteo implica la modificación de las dimensiones y forma de los conductos de admisión y escape en la culata, eliminando restricciones y suavizando los caminos que el aire y los gases deben recorrer. Esto se realiza mediante el uso de herramientas especializadas para ensanchar y reconfigurar los conductos.

Figura 24

Porteo y pulido de admisión y escape



El pulido, por otro lado, se enfoca en alisar las superficies internas de estos conductos para reducir la fricción y la turbulencia. Para ello, se utiliza una serie de piedras de desbaste y abrasivos finos para lograr un acabado suave y uniforme. Estos procesos combinados mejoran el ingreso del aire al motor, aumentando la eficiencia volumétrica y, como resultado, la potencia y el rendimiento general del motor en condiciones de competición.

Figura 25

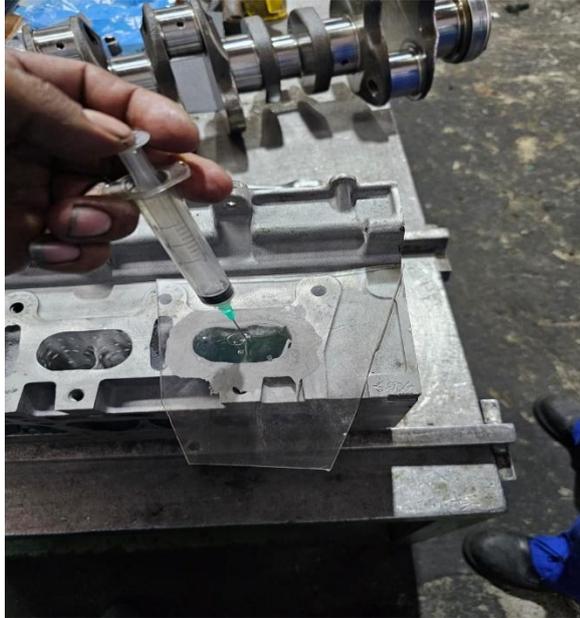
Cámara de admisión



En la cámara de admisión (Figura 25), es necesario contar con perforaciones internas que generen turbulencias dentro del cilindro, lo que facilita el ingreso de aire con un flujo turbulento, conocido como flujo de dimpling.

Figura 26

Comprobación volumétrica de las toberas



Una vez realizado el porteo de las cámaras se realiza la comprobación volumétrica de la cámara de tal manera que todas las cámaras tengan la misma relación volumétrica tal como se aprecia en la figura 26. El proceso comienza con la medición precisa de cada conducto utilizando herramientas como jeringuillas con líquido como gasolina, alcohol o agua. En efecto, se procede a llenar cada tobera con el líquido, registrando el volumen necesario para llenarla completamente, esta medición ayuda a identificar cualquier discrepancia en el volumen entre los diferentes conductos.

La uniformidad de los volúmenes permite garantizar un flujo de aire y mezcla de combustible consistente hacia cada cilindro, evitando desequilibrios que puedan afectar el rendimiento y la eficiencia del motor. Cualquier ajuste necesario se realiza mediante porteo y pulido, perfeccionando las dimensiones y superficies de las toberas para lograr un flujo óptimo.

Figura 27

Comprobación volumétrica de las toberas



Con este proceso, se consigue que tanto las cámaras de admisión como las de escape permitan un ingreso de aire de manera más eficiente y una salida más rápida del mismo, garantizando que ambas cámaras introduzcan la misma cantidad de aire en el cilindro.

Resultados

El presente documento describe las modificaciones realizadas al motor Clío K4J con el objetivo de mejorar su rendimiento. Se ha realizado un análisis de los parámetros principales del motor consultando los catálogos del fabricante, considerando inicialmente la cilindrada y el Torque como parámetros fundamentales.

Tabla 6

Comparación de motores

	Motor Original	Motor Modificado
Tipo	1.4 Renault	Renault
Bloque de cilindros	Hierro fundido R4	Hierro fundido R4
Cabeza de cilindro	Aluminio 16V	Aluminio 16V
Cilindrada	1394	1618
Diámetro interior del cilindro, mm	79.5	80
Carrera del pistón, mm	70	80.5
Torque Hp	82	103
RPM máximos	6500	7000
Espesor de cabezote, mm	137	136.49
Relación de compresión	10.1	12.03

Modificaciones realizadas

1. **Aumento de la carrera del motor:** Se reemplazó el cigüeñal original por el del motor Renault K4M, lo que permite un aumento de 10 mm en la carrera total. Esta modificación genera un mayor peso en el cigüeñal e incrementando la inercia del mismo.

Ventajas:

- **Amortiguación de vibraciones:** El mayor peso del cigüeñal ayuda a amortiguar las vibraciones del motor.
 - **Mejora en la respuesta de par:** Se conserva más energía cinética a bajas revoluciones, lo que puede mejorar la respuesta de par motor a bajas revoluciones por minuto.
2. **Cambio de pistones y rectificado del bloque:** Se reemplazaron los pistones y la carrera por los del motor Renault K4M. Además, se rectificó la superficie plana del pistón en la parte superior para ajustar la carrera y evitar que los pistones golpeen las válvulas.
 3. **Aumento de la relación de compresión:** Se rectificó la superficie plana del cabezote, lo que reduce el volumen de la cámara de combustión. Tras realizar los cálculos correspondientes, se obtuvo una relación de compresión de 12.03, frente a los 10.00 del motor original.
 4. **Mayor potencia y par motor:** Un mejor flujo de aire permite que entre más aire en las cámaras de combustión, lo que se traduce en una combustión más eficiente y una mayor potencia y par motor. Mejor respuesta del acelerador, un mejor flujo de aire puede mejorar la respuesta del acelerador, haciendo que el motor sea más receptivo a las entradas del conductor.

La modificación del motor Clío K4J es un proyecto complejo que requiere un conocimiento profundo de ingeniería automotriz y experiencia práctica, por lo que es importante evaluar cuidadosamente los riesgos y beneficios potenciales antes de realizar cualquier modificación.

Pruebas en dinamómetro

Luego de las modificaciones realizadas, se realizaron pruebas en un dinamómetro tal como se aprecia en la figura 27 con el fin de obtener los datos específicos de potencia y torque reales del motor modificado.

Figura 28

Prueba Dinamómetro



Análisis Dinamómetro pruebas iniciales

En la figura 28 se puede observar la curva de potencia realizada en el dinamómetro dando como resultado inicial 77.35 HP y un torque de 83.76 Nm a 4800 rpm como datos de un motor sin realizar las modificaciones a la computadora. Adicionalmente en el anexo 1, se puede apreciar la foto original dinamómetro. Tomando en consideración que la potencia entre las 3000 rpm y 3500 rpm es superior a los 100 HP pero su torque es relativamente bajo por tal motivo no es la más óptima para su máximo rendimiento.

Figura 14

Curva de potencia inicial en dinamómetro

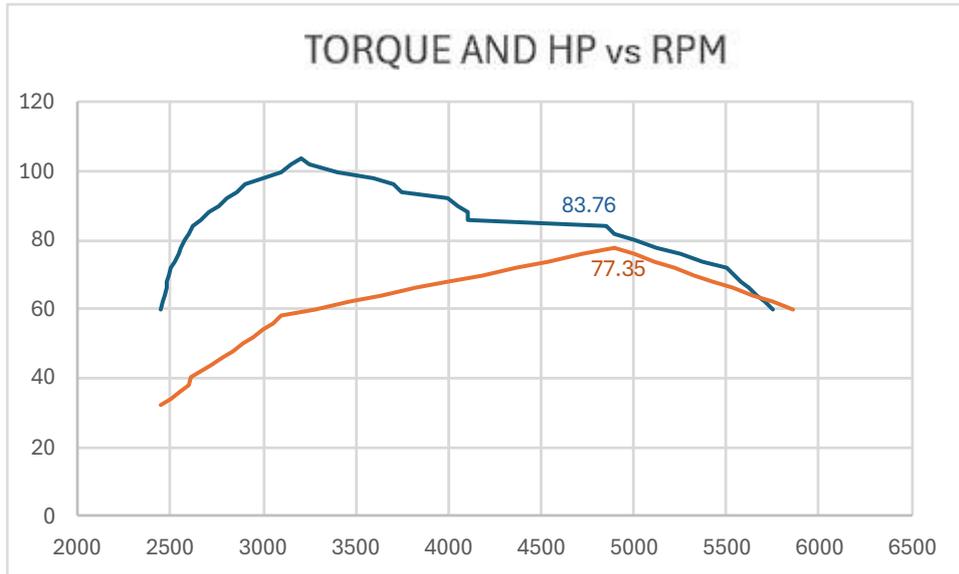
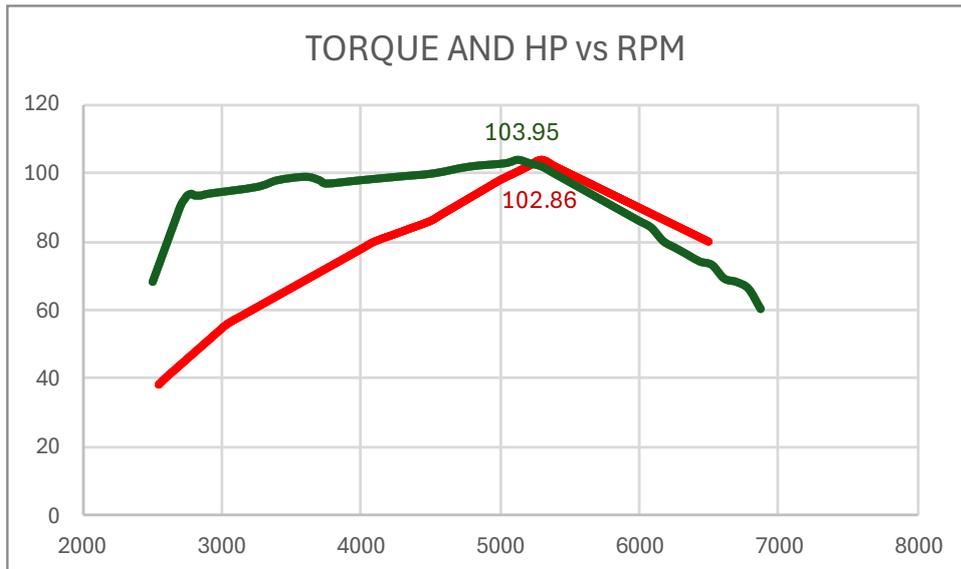


Figura 30

Análisis Dinamómetro pruebas finales

En la figura 29 se observa los resultados finales de la prueba en dinamómetro dando como resultado un torque de 103.95 Nm y una potencia de 102.86 HP a 5300 rpm datos con los cuales obtenemos el resultado del aumento de potencia del motor ya modificado.



En las pruebas de dinamómetro se han obtenido unos valores más elevados de potencia del motor original puesto que la potencia original es de 82 Hp obteniendo un incremento de 20.86 HP dando un total de 102.86 Hp a 5300 rpm, De esta forma se han presentado unos resultados favorables después de la repotenciación del motor aumentando la potencia un 25.44% (revisar en anexos las gráficas de dinamómetro).

Discusión de Resultados

De los datos originales del motor Renault Clío k4j dispuestos en los catálogos de fabricante con una cilindrada de 1.4 L se ha logrado una modificación de la cilindrada a 1.6L. Los datos han sido obtenidos de diferentes sitios, programas o manuales técnicos los cuales han permitido obtener los parámetros originales del motor y observar sus características para poder modificarlos sin sobrepasar los límites del motor. En este punto, si se exceden los valores se corre el riesgo de dañar los componentes del motor por lo cual siempre se debe tener en cuenta hacerlo con suma precaución.

Según la tesis de desarrollo experimental y repotenciación nos indica que debemos realizar pruebas en dinamómetro para poder obtener los datos originales del motor así como los datos obtenidos después de la repotenciación del motor y poder conocer si los cambios realizados en el motor dieron como resultado un incremento en la potencia del motor. (Gutierrez Gutierrez et al., 2004)

Después de haber obtenido los datos y parámetros del fabricante se puede aumentar la cilindrada del motor haciendo una modificación en la carrera al reemplazar un cigüeñal de un motor 1.4 L por un cigüeñal de un motor 1.6 L considerando que las medidas y los estándares tanto de bancada como de biela del cigüeñal corresponden el uno al otro, lo que hace factible la sustitución del cigüeñal y de esta manera se pueda obtener como resultados una mayor carrera con un mayor peso en el cigüeñal, lo que ayuda a una mayor inercia en el motor y modificando a la vez, su cilindrada final.

Todas las modificaciones realizadas en el motor nos indican que los valores iniciales del motor fueron modificados dándonos como resultado un aumento de potencia como podemos observar en la tesis de sobredimensión de camisas de rectificación la cual nos indica que se puede realizar diferentes tipos de modificaciones para poder obtener aumentos de potencia en el motor. (Zavala & Hernán, n.d.-b)

El resultado obtenido después de la modificación del motor fue llevado a un Banco de pruebas o dinamómetro, el cual permitió viabilizar que la potencia original del motor ha sido aumentada obteniendo como resultado un incremento del 25.44 % de la potencia original del motor. Puesto que el motor fue exigido a su máximo rendimiento en un período de 6 horas en el dinamómetro se dio una fiabilidad de que el motor se encuentra en óptimas condiciones para realizar una carrera en una pista.

Conclusiones

Tras el análisis de los parámetros principales del motor del Renault Clío K4J se pudo observar la viabilidad de repotenciar el motor, lo que constata que al modificar los parámetros originales del motor se puede obtener un mayor torque y potencia del motor, lo que evidencia que sí se puede modificar el motor para llevarlo a competencias extremas como el rally.

En base a los datos obtenidos, se pudo hacer las modificaciones adecuadas al motor como, por ejemplo: el diámetro de los pistones y carrera, rectificando la superficie plana del pistón en la parte superior para así poder conseguir la carrera adecuada y evitando que los pistones puedan chocar con las válvulas. Otra de las modificaciones obtenidas en el motor fue al momento de rectificar la superficie plana del cabezote lo cual ayuda a la disminución del volumen de la Cámara del cilindro y al realizar los cálculos correspondientes se obtuvo que una relación de compresión de 10 :1 del motor original a 12.03 del motor modificado dando una relación de compresión mayor a la original.

Después de las modificaciones ya realizadas se procedió a hacer las pruebas en un dinamómetro obteniendo los datos específicos de potencia y torque reales del motor modificado y su incremento de potencia de 82 hp originales a 103.93 HP finales. Cabe mencionar que, la modificación del motor Clío K4J es un proyecto complejo que requiere un conocimiento considerable de ingeniería automotriz y experiencia práctica. Por ende, es importante evaluar cuidadosamente los riesgos y beneficios potenciales antes de realizar cualquier modificación.

Recomendaciones

Mejorar o reemplazar las barras de levas originales del motor Renault, ya que la modificación en las barras de levas es la manera más efectiva de mejorar el rendimiento de un motor, puesto que ayuda a un incremento de potencia en altas revoluciones. Asimismo, se debe considerar colocar un árbol de levas cuyo levantamiento y duración de la leva sea mayor ya que esto mejora el par motor en un régimen alto de revoluciones dado que el motor tiende a decaer en potencia al sobrepasar las 6500 o 7000 revoluciones.

Mejorar el sistema de refrigeración de aceite mediante la instalación de un radiador de aceite es una de las modificaciones más comunes en los vehículos de competencia garantizando un rendimiento óptimo y aumentando la durabilidad del motor en condiciones extremas. De igual forma, mantener el aceite a una temperatura óptima garantiza una lubricación efectiva en los componentes del motor, pero teniendo en cuenta el uso de un radiador de aceite el cual actúa como disipador de calor adicional del aceite manteniendo una temperatura óptima de trabajo.

Además, sería conveniente instalar ITBS que son cuerpos de aceleración independientes, uno por cada cilindro para tener mayor ingreso de aire-combustible y mejorar el η_f del cilindro y por consiguiente una mayor compresión.

Finalmente, es esencial realizar modificaciones integrales en todos los sistemas del vehículo de rally para garantizar que las mejoras en el motor se conviertan en un rendimiento competitivo y seguro. Cada componente debe ser optimizado y ajustado de acuerdo con las exigencias específicas de la competición a la que el vehículo se enfrenta, asegurando así que todas las mejoras realizadas contribuyan eficazmente al rendimiento global del vehículo. Trabajar de preferencia en conjunto con un equipo de ingenieros especializados en rally permitirá lograr un equilibrio perfecto entre potencia, manejo, y fiabilidad.

Referencias

4 cilindros-K4M. (n.d.).

Arbol Levas Admision Renault Master 2.5 G9u Original. (n.d.). Retrieved May 5, 2024, from https://www.lacasadelrenault.com/MLA-828032254-arbol-levas-admision-renault-master-25-g9u-original-_JM

Ashraf, M., & Miller, J. J. (1977). Induction of multispored asci in two-spored strains of *Saccharomyces cerevisiae* by amitrole. *Canadian Journal of Microbiology*, 23(6), 690–694. <https://doi.org/10.1139/m77-103>

Bernal Castillo Michael Daniel Mesa Robledo Universidad San Buenaventura Facultad De Ingenieria, S. DE. (n.d.). *DISEÑO DE UN MOTOR A PISTÓN PARA UN VEHICULO URBANO APLICADO A LA COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON.*

Cavalieri, F. J., Cardona, A., Risso, J., & Luengo, C. (2009). Análisis de Fatiga en Válvulas de Motores de Combustión Interna a Elevada Temperatura. *Mecánica Computacional*, 28(11), 915–933. <http://venus.ceride.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/view/2777>

COMISIÓN NACIONAL DE CIRCUITOS REGLAMENTO TÉCNICO 2025 Contenido. (n.d.).

Gutierrez Gutierrez, A., De, U., Andes, L., De Ingenieria, F., De, D., Mecánica, I., & Julio, B. D. C. (2004). *DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA REPOTENCIACION DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A GASOLINA.*

IVÁN PATRICIO CUSANGUÁ ARÉVALO, & CARLOS FABIÁN ASQUI CALERO. (21 C.E.).

“REACONDICIONAMIENTO DEL DINAMÓMETRO BORGHI&SAVERI FA200 INSTALADO EN EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH PARA LA OBTENCIÓN DE CURVAS DE TORQUE, POTENCIA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE MANERA DIGITAL [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16007/1/65T00399.pdf>

Montoya, V. A. (2008). *DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y FLUIDOMECÁNICA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA FRICCIÓN PISTÓN-CAMISA EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.*

Noroña, M. V., Campana, G. G. R., Cañizares, F., & Villacres, A. (2017). Análisis mecánico del brazo de biela mediante norma ASTM e8. *INNOVA Research Journal*, 2(5), 190–204. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n5.2017.184>

Superior, E. P. (n.d.). *Universidad Carlos III de Madrid.*

Téllez Fontecha, G. E., & Díaz R., J. G. (2009). Análisis de falla del árbol de levas de un motor de seis cilindros en línea. *ITECKNE*, 6(1). <https://doi.org/10.15332/iteckne.v6i1.340>

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías.
(n.d.).

Vista de Caracterización del modelo termodinámico Otto y CIMA para la predicción de potencia torque y consumo de un motor de combustión interna S.I con el dinamómetro automotriz para evaluar la precisión de sus resultados. (n.d.). Retrieved February 25, 2025, from <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/935/831>

Zavala, C., & Hernán, A. (n.d.-a). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ “SOBREDIMENSIÓN DE LAS CAMISAS DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE SLEEVES PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN MOTOR DE COMPETENCIA” TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: TRABAJOS EXPERIMENTALES*
Previa a la obtención del Título de: INGENIERO AUTOMOTRIZ.

Zavala, C., & Hernán, A. (n.d.-b). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ*

*“SOBREDIMENSIÓN DE LAS CAMISAS DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE SLEEVES PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN MOTOR DE
COMPETENCIA” TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: TRABAJOS EXPERIMENTALES
Previa a la obtención del Título de: INGENIERO AUTOMOTRIZ.*

Anexos

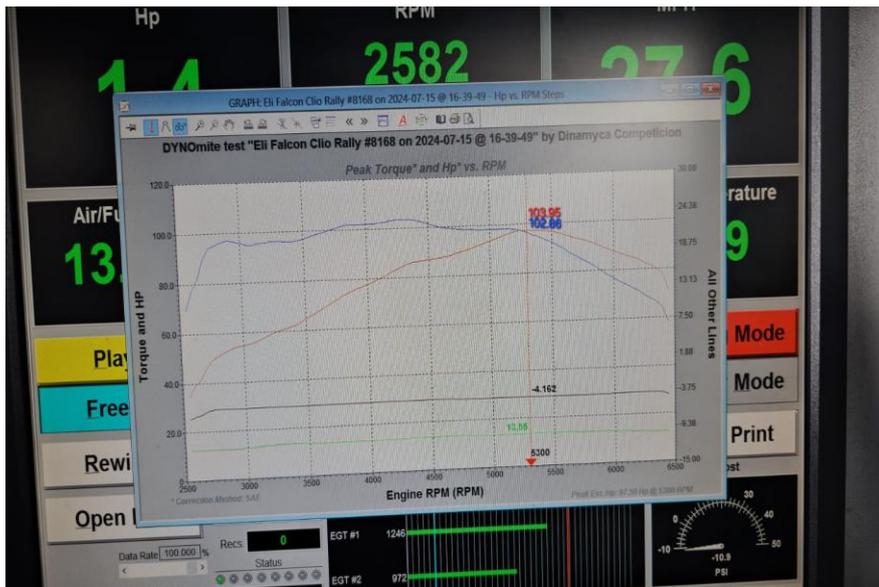
Anexo 1

Pruebas en el dinamómetro iniciales



Anexo 2

Pruebas en el dinamómetro finales



Anexo 3

Espesor de la cabezote y del empaque

12:45   43%

Controlar que todos los tornillos estén bien apretados a 2 daN.m y después efectuar un apriete angular (tornillo por tornillo) de $240^\circ \pm 6^\circ$.

No reapretar los tornillos de la culata tras aplicar este proceso.

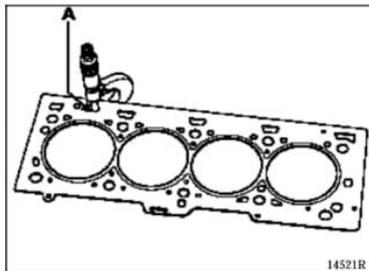
10-6

CONJUNTO MOTOR Y BAJOS DE MOTOR Características

10

Espesor de la junta de culata

- El espesor de la junta de culata se mide en (A):
- espesor junta nueva : $0,96 \pm 0,06$ mm.
 - espesor junta aplastada : $0,93 \pm 0,06$ mm.

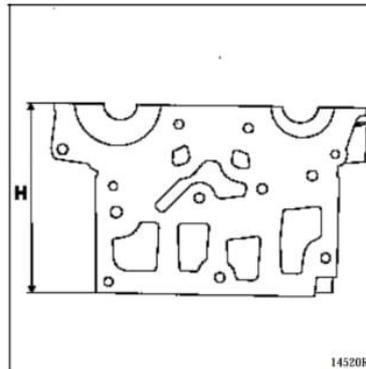


Orden de encendido

1 - 3 - 4 - 2

Altura de la culata

H = 137 mm.



Deformación del plano de junta : **0,05 mm.**

No se autoriza ninguna rectificación.

Comprobar la culata para detectar una posible fisura.

Par de apriete de las bujías : **2,1 daN.m.**



Anexo 4

Especificaciones del motor

12:46 4G LTE+ 43%

10-2

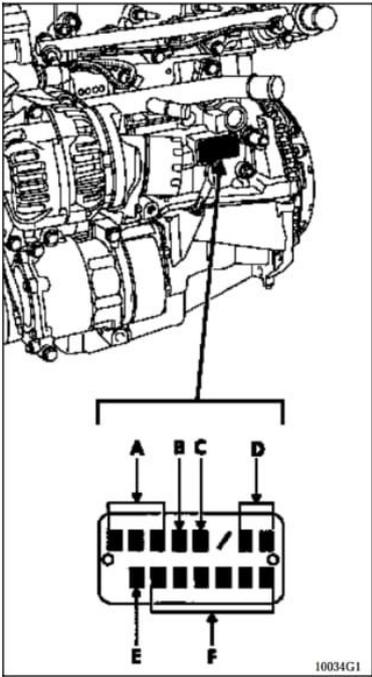
CONJUNTO MOTOR Y BAJOS DE MOTOR

Identificación del motor

10

IDENTIFICACION DE LOS MOTORES

La identificación se hace mediante una placa remachada en el bloque motor.

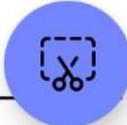


10034G1

Contiene :

- A : el tipo del motor
- B : la letra de homologación del motor
- C : la identidad de **Renault**
- D : el índice del motor
- E : la fábrica de montaje del motor
- F : el número de fabricación del motor

Motor	Indice	Cilindrada (cm ³)	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Relación volumétrica
K4M	700	1598	79,5	80,5	10/1
	701				
	720				



10-3

Anexo 5

Especificaciones de cilindros

12:46
42%

10-12

CONJUNTO MOTOR Y BAJOS DE MOTOR

Características

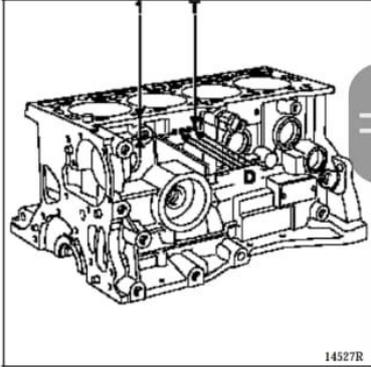
10

Identificación del diámetro de los pistones con respecto al diámetro del bloque motor

Marca pistones	Diámetro pistones (mm)	Diámetro cilindros (mm)
A	79,470 incluido a	79,500 incluido a
	79,480 excluido	79,510 excluido
B	79,480 incluido a	79,510 incluido a
	79,490 excluido	79,520 excluido
C	79,490 incluido a	79,520 incluido a
	79,500 incluido	79,530 incluido

Clase de los cilindros del bloque motor

ATENCION : es imperativo respetar los apareamientos de los diámetros entre los pistones y los cilindros del bloque motor, para ello, la posición de los orificios "T", con respecto al plano de junta del bloque motor permite identificar, en el diámetro nominal, la clase de tolerancia de los cilindros y, por consiguiente, los diámetros de los pistones correspondientes (ver a continuación el cuadro de apareamientos).



14527R

NOTA : la zona de marcado comprende :

- 1 : da la identificación de la clase de diámetro A, B o C,
- D : da la posición de la clase para cada cilindro.

Posición de los orificios T	Marca de la clase
1 = 17 mm	A
2 = 27 mm	B
3 = 37 mm	C

10-13

