



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA
MEDIANTE EL USO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
TÉRMICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

DAVID FERNANDO PADILLA AVILA

LUIS WILFRIDO GUALLO ALULEMA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA
MEDIANTE EL USO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
TÉRMICA”**

Trabajo de Integración Curricular
Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:
INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: DAVID FERNANDO PADILLA AVILA
LUIS WILFRIDO GUALLO ALULEMA

DIRECTOR: Ing. PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, David Fernando Padilla Avila y Luis Wilfrido Guallo Alulema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, David Fernando Padilla Avila y Luis Wilfrido Guallo Alulema, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 09 de marzo de 2022



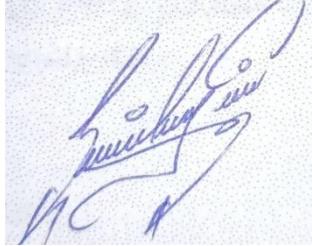
David Fernando Padilla Avila
171835492-9



Luis Wilfrido Guallo Alulema
060496007-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA MEDIANTE EL USO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN TÉRMICA**, realizado por los señores: **DAVID FERNANDO PADILLA AVILA Y LUIS WILFRIDO GUALLO ALULEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-03-09
Ing. Paúl Alejandro Montufar Paz DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-03-09
Ing. Javier José Gavilanes Carrión MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-09

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por cada bendición en mi vida, a mis padres que con su esfuerzo, amor y dedicación me han acompañado en este camino, a mis hermanas por brindarme la fortaleza y el ánimo para continuar con mis estudios, y a todas las personas que han formado parte de mi formación académica en especial a mi director y tutor de tesis.

DAVID FERNANDO

El presente trabajo va dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por su paciencia y su apoyo gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, por estar siempre presentes acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

LUIS WILFRIDO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la inteligencia y guiarme en cada paso, a mis padres y hermanas por ser el pilar fundamental en cada etapa de mi vida por ellos aprendí a confiar en mis habilidades y capacidades, por la compañía y ánimos brindados en cada momento que desistía, a mis profesores que colaboraron con sus conocimientos en cada día dentro de la academia, a mi tutor y asesor de tesis que han sido de gran apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

DAVID FERNANDO

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme y, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad en toda esta trayectoria. Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis capacidades por los consejos, valores y principios que me han inculcado. A mis profesores por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, a mi tutor y asesor por su valioso aporte a la investigación.

LUIS WILFRIDO

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE GRÁFICOS.....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO.....	5
1.1	Motor de Combustión Interno Alternativo (MCIA)	5
1.2	Potencia y torque en motores de combustión interna	6
1.2.1	Medición del par y la potencia.....	8
1.3	Gases emitidos por un motor de combustión interna	9
1.3.1	<i>Gases no contaminantes.....</i>	9
1.3.2	<i>Gases Contaminantes.....</i>	9
1.4	Bancos de ensayo de motores de combustión interna	11
1.4.1	<i>Clasificación de los bancos de prueba</i>	11
1.4.1.1	<i>Según el lugar donde se mide la potencia y torque</i>	11
1.4.1.2	<i>Según el principio de medición de dichos parámetros.....</i>	14
1.5	TERMOCUPLA	14
1.5.1	<i>Funcionamiento de una termocupla.....</i>	15
1.5.2	<i>Tipos de termocuplas.....</i>	15
1.6	Prueba de Hipótesis.....	16
1.6.1	<i>Hipótesis Nula</i>	17
1.6.2	<i>Hipótesis Alternativa</i>	17
1.6.3	<i>Estadística de Prueba</i>	18
1.6.4	<i>VALOR-P.....</i>	19
1.6.5	<i>Región de Rechazo</i>	19
1.6.6	<i>Conclusiones de una Prueba de Hipótesis</i>	19

CAPITULO II

2	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1	Diagrama de etapas del proyecto	20

2.2	Metodología de investigación a realizar	20
2.2.1	<i>Descriptiva</i>	20
2.2.2	<i>Explicativa</i>	21
2.2.3	<i>Experimental y analítico.</i>	21
2.3	Recursos y Materiales	21
2.3.1	<i>Materiales</i>	21
2.3.1.1	Materiales.....	21
2.3.1.2	<i>Equipos.....</i>	22
2.3.2	<i>Recursos.....</i>	23
2.3.2.1	<i>Recursos Humanos</i>	23
2.3.2.2	<i>Recursos económicos</i>	23
2.4	Desarrollo del proyecto	24
2.4.1	<i>Ensayo del dinamómetro de chasis</i>	24
2.4.2	<i>Medición de la temperatura en el motor</i>	44
CAPITULO III		
3	RESULTADOS.....	59
3.1	Tabulación de resultados	59
3.2	Gráficas de Torque y Potencia en relación con las temperaturas de los cilindros	61
3.3	Modelo matemático por medio de regresión múltiple – Torque y Potencia respecto a la Temperatura.....	64
3.4	Análisis de Hipótesis.....	70
CONCLUSIONES.....		71
RECOMENDACIONES		72
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Elementos básicos del MCIA.....	6
Tabla 2-1:	Tipos de Termocuplas.....	16
Tabla 3-1:	Tipos de errores en la aceptación de hipótesis	17
Tabla 1-2:	Herramientas Utilizadas	21
Tabla 2-2:	Lista de Equipos Utilizados	22
Tabla 3-2:	Costos Directos.....	23
Tabla 4-2:	Costos Indirectos	24
Tabla 5-2:	Costos Totales.....	24
Tabla 6-2:	Ensayo 1 de torque y potencia	27
Tabla 7-2:	Resultados ensayo 2 de torque y Potencia.....	30
Tabla 8-2:	Resultados ensayo 3 torque y potencia.....	33
Tabla 9-2:	Resultados ensayo 4 torque y potencia.....	36
Tabla 10-2:	Resultados ensayo 5 torque y potencia.....	38
Tabla 11-2:	Resultados temperatura Ensayo 1.....	45
Tabla 12-2:	Resultados temperatura ensayo 2	48
Tabla 13-2:	Resultados temperatura ensayo 3	50
Tabla 14-2:	Resultados temperatura ensayo 4	53
Tabla 15-2:	Resultados temperatura ensayo 5	56
Tabla 1-3:	Resultado de los ensayos de torque-potencia y temperatura	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Componentes principales del MCI	5
Figura 2-1:	Curvas características de un MCI	7
Figura 3-1:	Ecuación de potencia	8
Figura 4-1:	Dinámetro de rodillos	11
Figura 5-1:	Banco de motor	13
Figura 6-1:	Termocupla	15
Figura 1-2:	Etapas del proyecto de Investigación	20
Figura 2-2:	Dinamómetro de motor	25
Figura 3-2:	Eje cardan	25
Figura 4-2:	Conexión del dinamómetro	25
Figura 5-2:	Instalación de los sistemas auxiliares	26
Figura 6-2:	Recolección de datos	26
Figura 7-2:	Variación de corriente	27
Figura 8-2:	Circuito de temperatura	41
Figura 9-2:	Líneas de programación	43
Figura 10-2:	Simulación en Proteus	43
Figura 11-2:	Instalación de la termocupla	44
Figura 12-2:	Conexión del Arduino	44
Figura 13-2:	Ride del programa	44

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Curvas paramétricas ensayo 1	30
Gráfico 2-2:	Curvas paramétricas ensayo 2	33
Gráfico 3-2:	Curvas paramétricas ensayo 3	35
Gráfico 4-2:	Curvas paramétricas ensayo 4	38
Gráfico 5-2:	Curvas paramétricas ensayo 5	40
Gráfico 6-2:	Curvas de temperatura ensayo 1	47
Gráfico 7-2:	Curvas de temperatura ensayo 2	50
Gráfico 8-2:	Curvas de temperatura ensayo 3	53
Gráfico 9-2:	Curvas temperatura ensayo 4	55
Gráfico 10-2:	Curvas temperatura ensayo 5	58
Gráfico 1-3:	Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 1	61
Gráfico 2-3:	Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 2	62
Gráfico 3-3:	Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 3	62
Gráfico 4-3:	Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 4	62
Gráfico 5-3:	Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 1	63
Gráfico 6-3:	Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 2	63
Gráfico 7-3:	Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 3	63
Gráfico 8-3:	Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 4	64
Gráfico 9-3:	Modelo matemático regresión múltiple Torque-Temperatura	64
Gráfico 10-3:	Modelo matemático regresión múltiple Potencia-Temperatura	65
Gráfico 11-3:	Informe de regresión del Torque	65
Gráfico 12-3:	Informe de regresión de la Potencia	66
Gráfico 13-3:	Residuos vs valores ajustados Torque	66
Gráfico 14-3:	Residuos vs valores ajustados Potencia	67
Gráfico 15-3:	Informe resumen Torque	67
Gráfico 16-3:	Informe resumen Potencia	68
Gráfico 17-3:	Informe construcción modelo matemático TORQUE	69
Gráfico 18-3:	Informe construcción modelo matemático POTENCIA	69
Gráfico 19-3:	Regresión subconjuntos del Torque vs Temperatura	70
Gráfico 20-3:	Regresión subconjuntos de la Potencia vs Temperatura	70

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Diagrama de medición de temperatura

ANEXO B: Circuito Arduino armado

ANEXO C: Modelado en 3D del circuito Arduino

ANEXO D: Simulación del circuito

ANEXO E: Medición de valores de rendimiento del motor

ANEXO F: Toma de datos de temperatura

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es el análisis del comportamiento dinámico del motor de combustión interna encendido por chispa mediante el uso de instrumentos de medición térmica. Para lo que se empezó con una revisión bibliográfica de los temas concernientes a motores de combustión, curvas paramétricas, dinamómetros y termocuplas. En la parte de metodología se establecieron los pasos a seguir para los ensayos a realizar. El primer ensayo realizado fue el del dinamómetro de chasis, que consistió en la medición de los valores de torque y potencia generados por el motor en función a las revoluciones, los datos obtenidos sirvieron para graficar las curvas paramétricas de cada ciclo. Para el segundo ensayo correspondiente a la medición de temperatura de cada cilindro en las diferentes revoluciones del motor, se utilizó una termocupla tipo K, la cual va conectada a un Arduino Uno que se comunica con un programa en Excel que se recaban los datos de dichas temperaturas. Entre los resultados obtenidos se manifiesta gráficamente la correlación del Torque y Potencia respecto a la temperatura de los cilindros, esto también por medio de modelos matemáticos alcanzados tras realizarse regresiones de los datos, los cuales predicen en un 99,86% la relación de Potencia con la temperatura de los cilindros y un 96,03% respecto al Torque además de obtener una confirmación a través de un análisis estadístico. Se concluye que existe una correlación entre el Torque y Potencia respecto a la temperatura de los cilindros por medio de los modelos matemáticos generados, Se recomienda un estudio de las aplicaciones que puede tener la ecuación matemática obtenida en el análisis de la variación de las variables torque-potencia vs temperatura y rendimiento.

Palabras clave: <DINAMÓMETRO AUTOMOTRIZ>, <TERMOCUPLA TIPO K>, <CURVAS PARAMETRICAS>, <TORQUE>, <POTENCIA>.

0829-DBRA-UPT-2022



SUMMARY

This research study deals with the dynamic behavior analysis of the spark-ignited internal combustion engine through thermal measurement instruments use. Therefore, it began with a bibliographical review of the topics concerning combustion engines, parametric curves, dynamometers, and thermocouples. In the methodology part, the steps to follow for the tests to be carried out were established. The first test carried out was that of the chassis dynamometer, which consisted of measuring the torque and power values generated by the engine as a function of revolutions, the data obtained was used to graph the parametric curves of each cycle. For the second test corresponding to the temperature measurement of each cylinder in the different revolutions of the engine, a thermocouple Type K was used, which is connected to an Arduino Uno that communicates with an Excel program that collects the temperatures data. Among the obtained results, the correlation of Torque and Power concerning the temperature of the cylinders is graphically manifested. This is also through mathematical models achieved after performing data regressions, which predict a 99.86% relationship between Power and cylinder temperature and 96.03% concerning Torque. In addition to obtaining confirmation through statistical analysis. It is concluded that there is a correlation between Torque and Power concerning the temperature of the cylinders through the mathematical models generated. A study of the applications that the mathematical equation obtained in the analysis of the variation of the torque-power vs. temperature and performance variables is recommended.

Keywords: <AUTOMOTIVE DYNAMOMETER> <THERMOCOUPLE TYPE K>
<PARAMETRIC CURVES> <TORQUE> <POWER>.



Lcda. Patricia Pilar Moyota Amaguaya Mgs.

C.C 06036101-3

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de combustible de los motores de combustión interna (MCI) a partir de derivados del petróleo, tiene una vital importancia dado los altos costos que representan su extracción y refinamiento para un adecuado consumo energético, así como el progresivo agotamiento de las reservas, además de considerar los efectos contaminantes que han generado a lo largo de las décadas (González, 2010, p.10).

Se empezará con una revisión de teórica de los conceptos que van relacionados con el trabajo de investigación, teniendo entre ellos: motores de combustión interna, generación de torque y potencia, además de los tipos de gases contaminantes generados por la combustión de combustibles fósiles(gasolina) y por último se revisará el uso de herramientas como: dinamómetros y las termocuplas y osciloscopios.

En la parte práctica se procederá recolectando datos torque y potencia usando un dinamómetro de mesa, que será conectado al motor estacionario, al mismo tiempo se conectará un analizador de gases en el tubo de escape que mostrará los tipos de gases y la cantidad generada por el motor en la combustión. Finalmente, se usará una termocupla que determine los valores de temperatura alcanzados por el motor. Al tener los instrumentos de medición conectados al motor se realizará varios ensayos en 3 distintitos regímenes del motor, siendo los mismos: relanti, medio y totalmente acelerado. Los valores obtenidos serán clasificados en tablas de datos para posteriormente ser tabulados por un software estadístico, que permita determinar si existe una relación entre la variable de temperatura del motor con respecto al torque-potencia y la cantidad de emisiones generadas.

Una vez realizadas los ensayos y análisis respectivos se presentarán las respectivas conclusiones y recomendaciones, en las que se detallarán los aspectos más relevantes obtenidos en la presente investigación.

Antecedentes

“En la actualidad el consumo de combustible de los motores de combustión interna (MCI) a partir de derivados del petróleo, tiene una vital importancia dado los altos costos que representan su extracción y refinamiento para un adecuado consumo energético, así como el progresivo agotamiento de las reservas, además de considerar los efectos contaminantes que han generado a lo largo de las décadas sobre los grandes productores y en especial de los países de donde se extraen las materias primas” (González, 2010, p.11).

“La gran mayoría de estudios relacionados con los MCI, se basan en disminuir el consumo de combustibles y en la reducción de emisiones contaminantes al considerar el avance del calentamiento global y de la contaminación del medio ambiente que ha sido tema de discusión en las últimas décadas por parte de las grandes organizaciones de la salud y ONG del mundo” (U.S Department of Energy).

“Una de las discusiones actuales más significativas en el cambio climático en torno al tema de la emisión baja en carbono y su efecto sobre la salud humana, considerando que el dióxido de carbono al ingresar en el organismo por medio de los pulmones, puede llegar a causar una disminución en la cantidad de oxígeno en la sangre, como consecuencia se disminuye la oxigenación de órganos y tejidos, dando como resultado disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolores en la cabeza, fatiga y mareos; estos síntomas pueden generarse tanto sobre el ser humano como sobre animales de fauna silvestre”. (Achour, 2016, p.16)

“Comprender el funcionamiento teórico del motor de ciclo Otto y la termografía infrarroja en donde se consideran aspectos como: los ciclos termodinámicos del motor, las características de la combustión en los motores Otto, los factores y parámetros topográficos que afectan a la combustión, de igual forma se describen los principios físicos de la termografía infrarroja y las herramientas utilizadas para aplicar esta técnica” (Araujo Victor, Pintado Walter, 2015, p10)

“En el estudio realizado por Llanes al considerar el estudio de un MCI en un rango de velocidades de 50 km/h y 90 km/h evidenciaron no existía diferencia alguna para la eficiencia energética ni energética, todo esto a partir de una metodología en la cual se considere de manera cuantitativa la entrada y salida del flujo energético con lo que se puede describir el comportamiento energético y energético en un MCI. El análisis logró demostrar que en el Ciclo Otto ha dadas unas condiciones ideales, un MCI puede manifestar una eficiencia que alcanza un 56.5 %, sin embargo, al considerar condiciones reales la eficiencia energética llega a ser inferior al 30 %.” (Llanes-Cedeño, 2018, p.65)

Planteamiento del problema

El motor de combustión interna de encendido por chispa genera una gran cantidad de gases contaminantes, además emite mucho calor por el colector de escape y estos son enviados al medio ambiente por medio del tubo de escape. Al considerar la correlación entre la temperatura y la generación de gases contaminantes, surge la necesidad de analizar y describir la relación fisicomatemática exacta que relacione estas dos variables permitiendo a futuro por medio de la manipulación de otras variables en la combustión de motor, lograr la disminución de tales gases contaminantes.

Debido a la falta de estudios técnicos, que consideren la descripción de las variables de los elementos de combustión, los procesos físicos y mecánicos, así como los modelos matemáticos que describan la correlación de los elementos anteriormente citados. En el mejor de los casos, varios estudios consideran desde la perspectiva de las condiciones ideales de funcionamiento del MCI y las comparaciones con las condiciones reales de funcionamiento pueden ser inexactas o tratadas de una manera muy simplificada, es importante destacar que algunas de estas pruebas se realizan únicamente en bancos dinamométricos y no en estados reales de conducción, donde los diversos elementos que forman parte del manejo no están presentes.

Justificación

Justificación teórica

Se propone el análisis de las variables de torque, potencia y temperatura para buscar una correlación matemática de un motor estándar de 1.4L de 16 válvulas correspondiente a un vehículo modelo Aveo marca Chevrolet al cual se le ha realizado perforaciones en cada salida del múltiple de escape.

Justificación metodológica

Para esto se va a realizar pruebas en un banco dinamométrico regidos por la norma NTE INEN 960 que permite la obtención de datos sobre el rendimiento del motor (torque y potencia) junto a las curvas paramétricas de las mismas, que se Grafican en función a las revoluciones del motor.

Justificación practica

Se justifica mediante la medición de las variables de torque y potencia en un banco dinamométrico además de la medición de la temperatura de cada cilindro por medio de una termocupla K para luego desarrollar un modelo matemático que encuentre la correlación con las variables anteriormente mencionadas.

Objetivos

- **Objetivo general**

Analizar el comportamiento de las curvas paramétricas de torque y potencia en función de la temperatura del colector de escape en cada cilindro empleando un dinamómetro de banco y una termocupla tipo K. en un motor estándar 1.6 litros a gasolina montado sobre un dinamómetro de banco.

- **Objetivo Específico**

- Fundamentar conceptos necesarios sobre curvas paramétricas, emisiones y temperatura mediante revisión bibliográfica.
- Instrumentar dispositivos que permita conocer el torque, potencia y temperatura
- Validar datos del motor de combustión interna a utilizar mediante pruebas en un banco dinamométrico
- Realizar un análisis comparativo de los datos obtenidos en las pruebas dinamométricas a diferentes regímenes del motor.

Hipótesis

- **Hipótesis nula**

“El torque y la potencia no tienen relación con la temperatura del colector de escape”.

- **Hipótesis alternativa**

“El torque y la potencia tienen relación con la temperatura del colector de escape”.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO.

1.1 Motor de Combustión Interno Alternativo (MCIA)

“Los motores de combustión interna se caracterizan por el funcionamiento mediante el desplazamiento volumétrico, el cual produce un trabajo al aprovechar el movimiento lineal del mecanismo biela-manivela. Esto gracias a la ignición del fluido interno dentro la cámara de combustión. Dichos motores utilizan una serie de elementos mecánicos y eléctricos para su funcionamiento en Figura 1.1, se puede observar los componentes mecánicos de dicho motor. Siendo los mismos los básicos utilizados en estos.” (José y Marta 2015, p. 27)

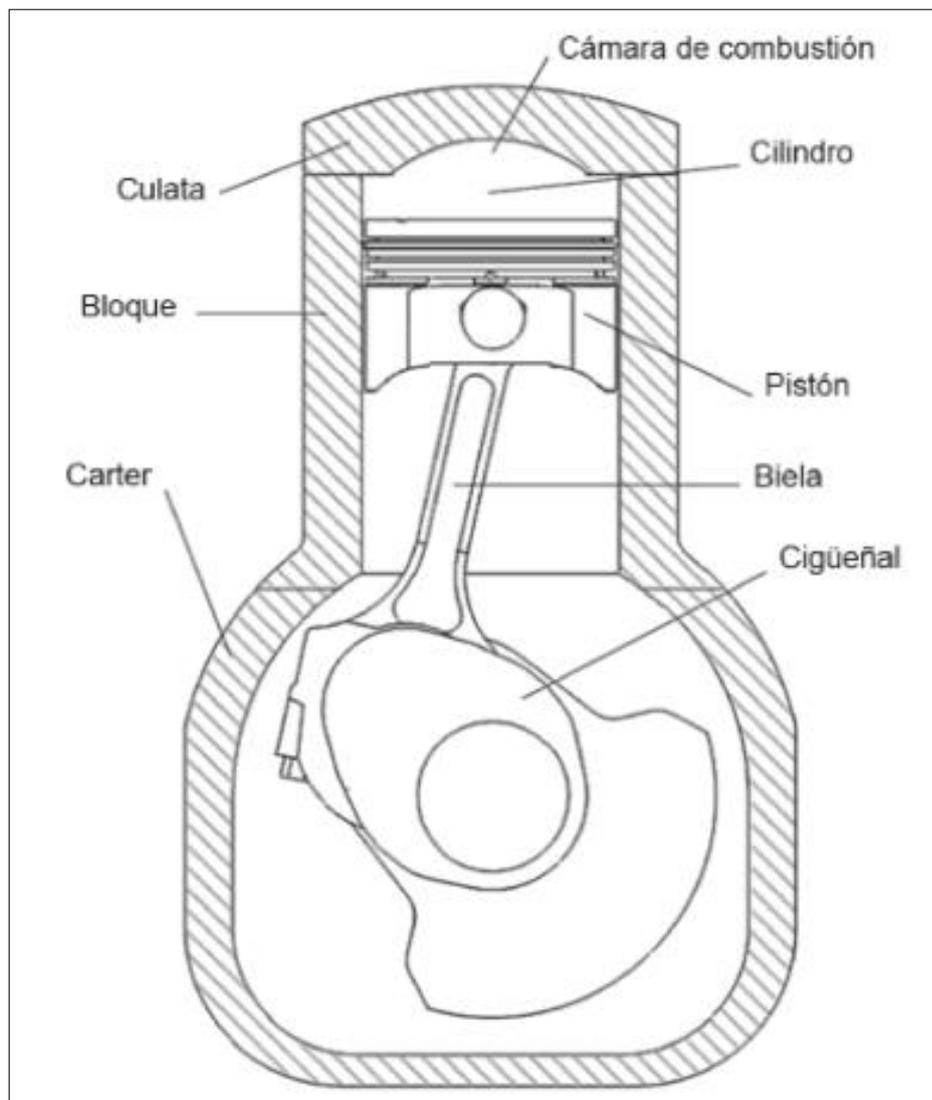


Figura 1-1:Componentes principales del MCIA

Fuente: (José y Marta 2015, p. 27)

La tabla 1-1, enumera los componentes del motor con una breve descripción de cada uno de los mismos:

Tabla 1-1: Elementos básicos del MCI

Elementos básicos de un MCI	
Pistón	Es el embolo del mecanismo biela-manivela, es el encargado de aumentar o disminuir el volumen del cilindro
Biela	Convierte el movimiento lineal del pistón en el rotativo del cigüeñal
Cigüeñal	Se encarga de dar el movimiento rotativo del motor
Cilindro	Es el volumen que aloja el fluido de trabajo
Cámara de combustión	Donde se aloja el volumen residual al final la compresión y donde tiene combustión la mezcla
Culata	Elemento que constituye el cerramiento superior de los cilindros
Bloque	Contiene a los cilindros
Carter	Cierre inferior del motor

Fuente: (José y Marta 2015, p. 27)

1.2 Potencia y torque en motores de combustión interna

En un MCI lo que se prioriza es la eficiencia que va relacionada de manera directa con la potencia útil entregada por el motor y la energía empleada para su funcionamiento. Esto visto desde un punto termodinámico representarían las variables a considerar para el análisis del rendimiento efectivo del mismo.

De manera más detallada la potencia de un motor se describe como el trabajo realizado en un determinado lapso. Teniendo en cuenta que el trabajo es el resultado de la fuerza por distancia o a su vez en el caso de un movimiento angular será el torque multiplicado por la velocidad angular.

A su vez el torque o par motor, es considerado como la capacidad que tiene la fuerza para generar movimiento sobre el objeto sobre el cual actúa o en caso de un cuerpo en reposo es la capacidad para romper la inercia y ponerlo en movimiento. Dentro de un MCI el torque es la fuerza con la que el cigüeñal gira, las unidades en las que se expresa pueden ser los Newton (N) o las libras fuerza-pies (lb-fl)

“Mientras que la potencia se expresara en unidades de caballos de vapor o kilovatios, dependiendo del sistema en el cual se esté trabajando. Teniendo en consideración que un caballo de vapor es equivalente a 33.00 pies-libra*f) de trabajo por minuto.” (ROMERO P. D., 2020, p.30)

Los diferentes tipos de potencias presentes en un MCI se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Potencia al freno: Es la generada por el eje del motor de una máquina.
- Potencia indicada: Se genera en la combustión de los gases dentro de un cilindro al tener el movimiento del pistón en el tiempo de explosión.
- Potencia por pérdidas mecánicas: es aquella que se tiene por la fricción de materiales.
- Potencia neta: Se denomina a la potencia total alcanzada ya con los accesorios activados de motor.
- Potencia bruta: se presenta en cortos periodos de tiempo.

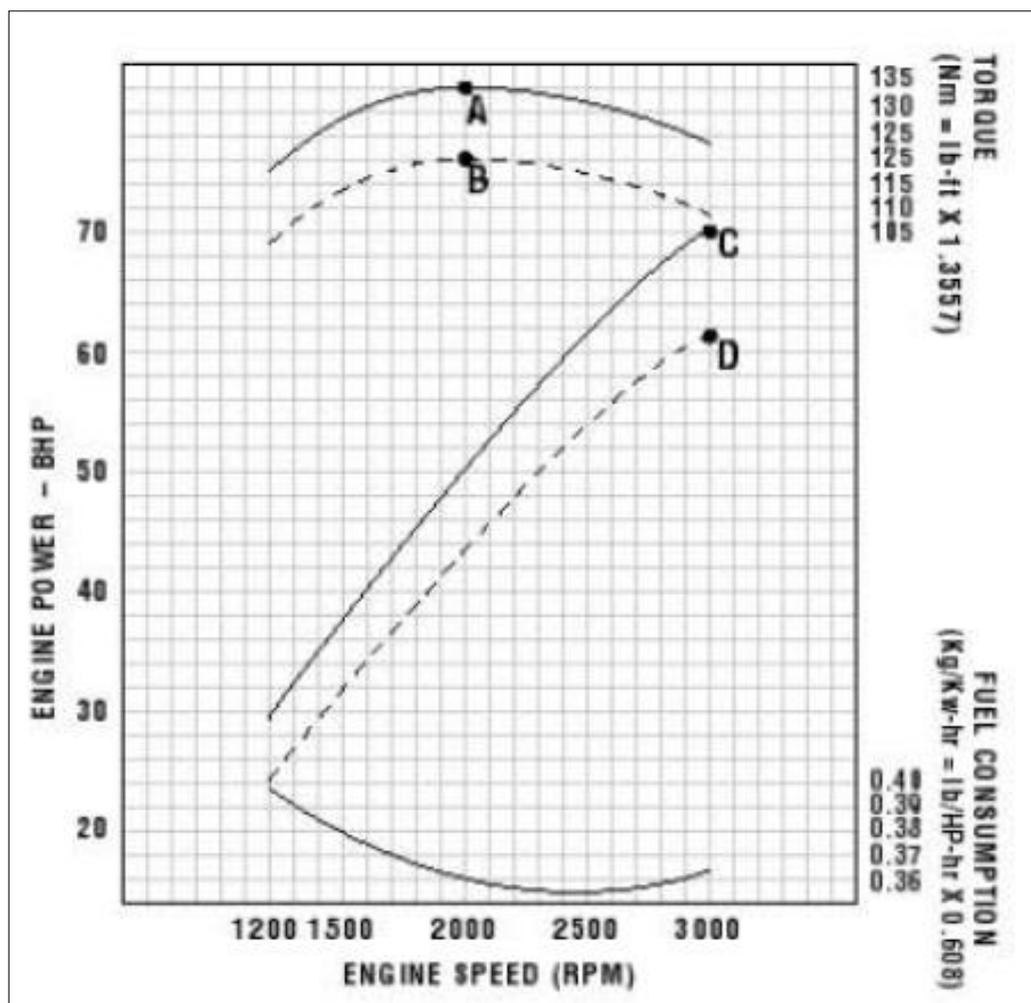


Figura 2-1: Curvas características de un MCI

Fuente: (José y Marta 2015, p. 27)

“Para el diseño de un motor de combustión interna los componentes como: múltiple de admisión y escape, válvulas, pistones, cigüeñal, árbol de levas, entre otros. Deben ser los más eficientes posibles con el fin de generar la mayor cantidad de potencia y torque posibles. Para representar dichos valores se opta por las curvas paramétricas que vendrían a representar en un plano de dos ejes Y, en los que se tiene a un lado el torque y a otro la potencia, mientras que en un eje X se representarían las revoluciones. En un automóvil normal se tienen unos valores de torque elevados a bajas revoluciones y van disminuyendo a medida que se incrementan dichas revoluciones, en cambio la potencia a bajas revoluciones es baja y varía de manera inversa a las revoluciones. Para los automóviles de competencia se busca generar valores de torque y potencia elevados tanto en bajas como altas revoluciones abarcando un mayor rango de velocidades.” (RAMÍREZ, 2019, p.23)

La potencia también toma gran importancia cuando hablamos de contaminación ambiental y consumo de combustible, ya que los motores que han perdido potencia tienden a contaminar más.

La manera más óptima de medir dichas curvas paramétricas es con el uso de un dinamómetro el cual estará regido con la norma SAE1349, para su uso correcto.

1.2.1 *Medición del par y la potencia*

Como ya se mencionó la manera más eficiente de medir los valores de las curvas paramétricas es mediante el uso de dinamómetros automotrices hidráulicos los cuales se encargan de someter a fuerzas externas ya sea al vehículo o al motor en sí mismo. Dichas fuerzas son medidas por una computadora incorporada en el equipo que nos muestra los resultados de manera exacta.

“Los cálculos matemáticos en los que se basan dichos dinamómetros son producto de ecuaciones simples que relacionan las revoluciones, la fuerza que necesita el rotor y estator del equipo, entre otras”. (PADILLA-PADILLA, 2021, p.1482)

La fórmula establecida para el cálculo de la potencia es la siguiente:

$$N_e = \frac{\text{Torque} \times r.p.m.}{5250}; CV$$

Figura 3-1: Ecuación de potencia
Fuente: (José y Marta 2015, p. 27)

1.3 Gases emitidos por un motor de combustión interna

En el proceso de combustión un motor genera una variedad de gases contaminantes y no contaminantes, que son enviados directo al medio ambiente, dentro de los principales objetivos del diseño de los nuevos automóviles consta la reducción de dichos gases, pero sin la afectación del rendimiento del motor. Por este motivo es importante conocer que tipos de gases se generan los cuales se pueden dividir de la siguiente manera:

1.3.1 *Gases no contaminantes*

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

Es un gas natural el cual se puede encontrar en el ambiente a unos valores de 0.035 por ciento aproximadamente. La exposición a este gas puede inofensiva a corto plazo, más sin embargo a niveles elevados puede significar un grave peligro para la salud.

- **Nitrógeno (N₂)**

Este tipo de gas es un componente esencial en el aire que nos rodea ya que representa un 78% del mismo, se caracteriza por ser incoloro e inodoro, además de ser indispensable para el proceso de combustión junto al aire.

- **Oxígeno (O₂)**

Comparte características con el nitrógeno al ser incoloro e inodoro, además de insípido, su porcentaje en el aire representa el 21%.

- **Agua (H₂O)**

Es expulsada el motor en forma de vapor la cual e condiciones de humedad se puede presentar en forma de gotas saliendo por el tubo de escape.

1.3.2 *Gases Contaminantes*

- **Monóxido de carbono (CO)**

Este tipo de gas es uno de los más peligrosos tanto para el medio ambiente y por ende la salud de las personas, esto debido a que entre sus propiedades se encuentra el ser: incoloro, inodoro, inflamable y altamente toxico. Los problemas que pueden ocasionar a la salud varían entre:

- Dolor de cabeza, mareo y cansancio
- A niveles altos pueden causar somnolencias, alucinaciones, convulsiones y perdidas de conocimiento.

- **Hidrocarburos (HC)**

Los hidrocarburos hacen referencia a la parte del combustible que no fue quemada o fue quemada de manera parcial en el proceso de combustión, los cuales son expulsados por el tubo de escape al medio ambiente. Son la unión del hidrogeno y el carbono presente en los combustibles fósiles.

Los problemas que pueden ocasionar a la salud pueden ser:

- Irritaciones en las membranas mucosas al inhalarlo.
- También causan daño al medio ambiente por su reacción con los óxidos de nitrógeno en la formación de ozono troposférico y otros agentes fotoquímicos.

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

La principal característica de este gas es su tono amarillento al ser expulsado por el tubo de escape, al igual que los anteriores gases es altamente tóxico, produce irritaciones al ser inhalado, mientras que en el medio ambiente es precursor de ácidos. Los problemas que pueden ocasionar estos gases varían entre:

- En caso de exposición prolongada afecta a los pulmones y el sistema inmune, causando daños irreversibles en los mismos.
- Con respecto al medio ambiente los efectos generados van a ser la formación de esmog fotoquímico.

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

El dióxido de azufre es un gas incoloro, el cual no es inflamable ni tampoco explosivo. En contacto con el aire se puede formar trióxido de azufre. Este gas es el precursor de las denominadas lluvias acidas que son un gran problema para el medio ambiente, ya que al generarse las mismas puede afectar a los cultivos, animales y personas. Además de la quema de combustibles, la quema de carbón o el gas natural fomentan la generación de este tipo de gas en el ambiente.

- **Material particulado**

A diferencia de los otros gases el material particulado se caracteriza por las partículas sólidas y líquidas que son generadas por la quema incompleta del combustible. Si bien los motores a gasolina generan este tipo de material, un motor a diésel produce mucha más cantidad de partículas en relación con los anteriores.

1.4 Bancos de ensayo de motores de combustión interna

“Para la medición de la potencia de un motor de combustión interna, se utilizan bancos hidráulicos los cuales utilizan mecanismos que ayudan y controlan la dispersión de la fuerza para cuantificarla en relación las revoluciones. Actualmente los dinamómetros automotrices han avanzado de manera significativa ya que nos permite conocer más parámetros de un motor como son: eficiencia y rendimiento volumétricos, temperaturas y el consumo de combustible.” (Moreno E, 2013, p.12)

1.4.1 Clasificación de los bancos de prueba

Dichos bancos de prueba se clasifican bajo el concepto de dos simples puntos de vista:

- Según el lugar donde se mide la potencia y torque.
- Según el principio de medición de dichos parámetros

1.4.1.1 Según el lugar donde se mide la potencia y torque

Dinamómetro de rodillos (banco de prueba sobre el chasis)

Es uno de los dinamómetros más utilizados en el campo automotriz esto debido a su facilidad de instalación ya que basta con montar el vehículo en los rodillos para que por medio de las ruedas se puedan obtener los datos de torque y potencia. (Moreno E, 2013, p.12)

Este dinamómetro consta de varios elementos como: rodillos móviles, una plataforma y un equipo de recolección de datos.



Figura 4-1: Dinámometro de rodillos

Fuente: (José y (Moreno E, 2013,p.12)

“Para la utilización del dinamómetro de rodillos se procede a subir el vehículo en sobre la plataforma y en los rodillos, ya sea de un solo eje o de dos ejes. Luego se colocan las correas o sujetadores en la base de este, esto con el fin de evitar que se pueda salir de la plataforma. Con las sujeciones puestas correctamente se enciende el motor y se procede a acelerar de manera progresiva, esto provoca que los rodillos se empiecen a mover de manera proporcional a las revoluciones del vehículo. Por medio de una transmisión se lleva la potencia hacia un freno dinamométrico y demás dispositivos que se encargan de medir el torque y potencia a medida que los van disipando”. (Moreno E, 2013,p.13)

Estos valores son recolectados por sensores ubicados en la parte de los frenos dinamométricos, los cuales serán enviados a un software que se encarga de representarlos en forma de curvas.

Los frenos utilizados en este tipo de dinamómetro pueden ser de inercia o hidráulicos y eléctricos, teniendo en las primeras mediciones solo de aceleración libre. Mientras que en los segundos se pueden realizar pruebas a diferentes revoluciones de manera controlada. (Moreno E, 2013, p.13)

Ventajas

- El desempeño que se obtiene en este tipo de ensayos se puede considerar real, ya que es el mismo que se tendría con el vehículo en el asfalto.
- La eficacia de realizar ensayos en varios vehículos esto debido a la rapidez y simpleza con que se monta o desmonta un vehículo en el banco.
- La potencia efectiva será la cual se obtiene al llegar al piso.
- Se puede juntar las mediciones del motor y la transmisión.
- Con el ensayo de desaceleración se puede llegar a estimar el desempeño de la transmisión de manera separada, aunque con una baja exactitud.

Banco de pruebas de motores

“El principio de funcionamiento de este tipo de dinamómetro es el de evitar todas las pérdidas generadas por sistemas de transmisión y la fricción de las ruedas con el asfalto. Es decir, se trata de medir el torque y potencia generado por el motor sin ninguna interferencia externa. Para lo cual se utiliza un dinamómetro acoplado directamente en el eje de salida del motor, el cual recolectara datos de manera real del funcionamiento de este.” (Marruedo E, 2016, p.5)



Figura 5-1: Banco de motor.

Fuente: (Marruedo E, 2016, p.8)

Para el uso de este tipo de dispositivo se procede retirar el motor del vehículo esto para que pueda ser colocado en los soportes. Una vez se tenga el motor libre se procede a sentarlo sobre todas las bases del banco. Luego se conecta un eje cardan a la salida del volante del motor. También se deben acoplar los seguros para evitar las vibraciones. Con el motor en su sitio se realizan las conexiones de los demás sistemas como el de refrigeración y alimentación. (Marruedo E, 2016, p.6)

Finalmente se pon el motor en marca y la potencia generada por este será transmitido por el eje cardan hacia el freno dinámico que se encargara de las mediciones del torque y la potencia, que serán almacenados en un equipo electrónico, (Moreno E, 2013, p.6)

Ventajas

- Posibilita un acceso libre del técnico a los componentes del motor, con lo que se puede realizar modificaciones o arreglos durante los ensayos. Lo que genera una mayor capacidad de adaptación a los mismos.
- Los valores obtenidos durante los ensayos van a corresponder únicamente al motor, sin que se vean influenciados por los sistemas de transmisión y la fricción de las ruedas sobre el asfalto.
- Se puede realizar bajo normas homologadas.
- Se tiene un control total de las condiciones en las que se realiza en ensayo como: temperatura, arranque, revoluciones, encendido, entre otras en cada instante de los ensayos,

1.4.1.2 Según el principio de medición de dichos parámetros

- **Banco inercial**

“El funcionamiento del banco de inercia se rige en conectar el eje de potencia del motor a grandes volantes de inercia los cuales van a medir las variaciones de las velocidades de giro en función al tiempo. Esto se realiza en un régimen de aceleración libre que significa pasar de bajas a altas revoluciones de manera consecutiva alcanzando las velocidades máximas y mínimas producidas por el motor. Con los datos registrados se generan curvas de aceleración angulas en función a la velocidad de giro y mediante la inercia se pueden generar las curvas de torque y potencias obtenidas en los ensayos.” (Moreno E, 2013)

- **Banco de absorción**

“Los bancos de absorción son los más ocupados para la medición en el campo automotriz ya sean en los bancos de rodillos en el cual se acopla las ruedas a un eje de rodillo o en un banco de motor en el que se acopla un eje cardan al volante del motor, ambos que son absorbidas por un freno dinamométrico, que será el encargado de presentar los valores de torque y potencia obtenidos en los ensayos. Esto mediante la utilización de instrumentos que se encargaran de frenar el vehículo o el motor estos de manera controlada lo que facilitara la medición de los parámetros a unas determinadas revoluciones.” (Marruedo E, 2016, p.7)

Cabe aclarar que con este tipo de bancos solo se pueden realizar mediciones de: torque, potencia, consumo a velocidades constantes, esto debido a que si se realiza con una aceleración constante la una parte de la potencia obtenida no llegara al freno dinamométrico y por lo tanto se realizara mediciones incompletas.

1.5 TERMOCUPLA

Una termocupla es un instrumento que se encarga de la medición de la temperatura a diferentes rangos de temperatura que pueden oscilar entre 270°C a 2,500°C, esto dependiente del uso al que se le pueda aplicar.

Una de las ventajas de esta herramienta es su pequeño tamaño lo cual la hace muy útil para alcanzar lugares peligrosos o difíciles de acceder, las aplicaciones varían entre ámbitos científicos, industriales e ingeniería. (Ordúz. S, 2012, p.4)

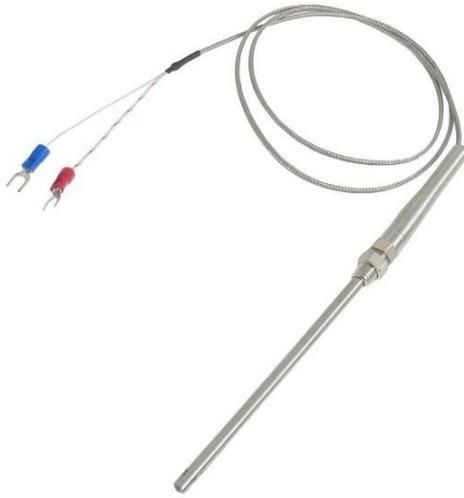


Figura 6-1: Termocupla
Fuente: (I+D Electrónica, 2018)

1.5.1 *Funcionamiento de una termocupla*

El funcionamiento de una termocupla se basa en un termistor eléctrico el cual variara su resistencia en relación con la temperatura a la cual está expuesto, siendo proporcional a menor temperatura que se consideraría frio se genera una mayor resistencia y a mayor temperatura la resistencia baja.

Este principio de resistencia se relaciona con que si se tiene una baja temperatura se creara una mayor resistencia al paso de los electrones de un externo a otro de la termocupla. Mientras que al tener calor cubriendo la termocupla el paso de los electrones va a ser mucho más rápido y ágil, bajando la resistencia del material.

“En la termocupla se tendrán dos zonas de medición unidas por un circuito o varios circuitos dependiendo del diseño de esta. Para realizar las mediciones en el campo automotriz se procede a ubicar la termocupla en el lugar que se desea medir y la misma va conectada a un módulo que se encargara de registrar los valores de resistencia. Con ayuda de un software se podrá transformar las mediciones de resistencia en valores de temperatura.” (Orduz. S, 2012)

1.5.2 *Tipos de termocuplas*

- **Tipo J.**

Se caracteriza por poseer aleaciones de hierro cromado, además de estar formada por un 55% de cobre y 45% de níquel. Su rango oscila entre los 0 y los 760 grado centígrados. Su uso puede ser en la industria del plástico y fundición a bajas temperaturas.

- **Tipo K.**

Este compuesto por una aleación de cromo y níquel, su rango de medición varia ente los -200 y 1260 grados centígrados. Su aplicación se reserva para la fundición de metales y tratamientos térmicos.

- **Tipo T.**

Esta fabricado de cobre y soporta temperaturas ente los -200 y los +300 grados centígrados. Su uso se reserva para la industria alimentaria.

- **Tipo R, S y B.**

Son los de mayor resistencia llegando hasta los +140 grados centígrados y son utilizados para la fundición de acero y en la siderurgia en general.

Tabla 2-1: Tipos de Termocuplas

Termocuplas metálicas				
Tipo ANSI-ISA	Combinación de metales	Sensibilidad	Composición química	Rangos de temperatura
J	Hierro/ constantan	5,6 mV/ 100 ° C	Fe 44 Ni:55 Cu	-40 a + 750
K	Cromel/ Alumel	3,6 mV/ 100 ° C	90 Ni:9 Cr 94 Ni:Al:Mn:Fe	-40 a +1200
T	Cobre/ constantan	4,5 mV/ 100 ° C	Cu 44 Ni:55 Cu	-50 a + 400
E	Cromel/ constantan	7,9 mV/ 100 ° C	90 Ni:9 Cr 44 Ni:55 Cu	-40 a +900

Fuente: (Orduz. S, 2012)

1.6 Prueba de Hipótesis

Una prueba de hipótesis es un proceso por el cual se busca demostrar o rechazar una afirmación realizada, esto a razón de varios estudios realizados con una base de datos generada a partir de ensayos y pruebas. La afirmación realizada se basará en una creencia o un supuesto, que será demostrada o no a partir de la información obtenida. (Orduz. S, 2012)

Para la prueba de hipótesis de tendrán varios componentes a considerar:

- Hipótesis Nula
- Hipótesis Alternativa
- Estadística de Prueba
- Región de Rechazo

1.6.1 *Hipótesis Nula*

Esta es la primera hipótesis planteada y en pocas palabras hacer referencia a la que queremos descartar. Se la denomina H_0 y puede ser simple o compuesta.

$$H_0 : \mu = \mu_0 \quad H_0 : \mu \leq \mu_0 \quad H_0 : \mu \geq \mu_0$$

Ecuación 1: Hipótesis Nula

1.6.2 *Hipótesis Alternativa*

Esta hipótesis se encarga de responder a la pregunta planteada, esto se lo hace en base a los resultados obtenidos. Se representa como H_1 . (Probafacil, 2016)

$$\begin{array}{ll} H_1 : \mu = \mu_1 & H_1 : \mu > \mu_0 \\ H_1 : \mu < \mu_0 & H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{array}$$

Ecuación 2: Hipótesis Alternativa

Para el planteamiento de resultados se optará por dos conclusiones basadas en las muestras:

Dos decisiones correctas son posibles:

- Rechazar H_0 cuando es falsa
- No Rechazar H_0 cuando es verdadera.

Dos decisiones incorrectas son posibles:

- Rechazar H_0 cuando es verdadera
- No Rechazar H_0 cuando es falsa

En el momento de tomar una decisión se pueden seleccionar de manera incorrecta teniendo estos tipos:

Tabla 3-1: Tipos de errores en la aceptación de hipótesis

	H_0 Verdadera	H_0 Falsa
Rechazamos H_0	<p>Error Tipo I P(error Tipo I) = α</p>	<p>Decisión Correcta</p>
No Rechazamos H_0	<p>Decisión Correcta</p>	<p>Error Tipo II P(error Tipo II) = β</p>

Fuente: (Probafacil, 2016)

Un erro tipo I esta expresado como α y representa la región de rechazo de la hipótesis, se le conoce como un Nivel de Significancia. El Coeficiente de confianza se expresa como $1-\alpha$ y es el complemento de la región de rechazo.

1.6.3 Estadística de Prueba

Es una prueba que se basa en estimar los parámetros que van a ser aprobados, se utiliza para aprobar o rechazar la Hipótesis Nula.

$$Z = \frac{\hat{\mu} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Ecuación 3: Prueba estadística.

En este tipo de pruebas asumimos como verdadera la hipótesis Nula H_0 , con lo que los cálculos se basaran en probar esto. Dentro de una media poblacional (μ), el valor del estimado es $\hat{\mu} = \bar{X}$, que tendrá una varianza de (σ^2 / n) . Asumiendo que se conoce la varianza poblacional.

<i>Hipótesis</i>			
<i>Nula</i>	$H_0 : \mu = \mu_0$		
<i>Alternativa</i>	$H_1 : \mu < \mu_0$	$H_1 : \mu > \mu_0$	$H_1 : \mu \neq \mu_0$
<i>Estadística de Prueba</i>	$Z = \frac{\hat{\mu} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$		
<i>R. Rechazo</i>	$\{Z : Z < Z_\alpha\}$	$\{Z : Z > Z_{1-\alpha}\}$	$\{Z : Z > Z_{1-\alpha/2}\}$

En caso de tener un valor (p), dentro de la proporción de éxito el valor estimado de la misma será $p = \frac{X}{n}$ con un tipo de distribución normal y varianza de $p(1 - p)/n$, en el cual p es el valor de la hipótesis nula

<i>Hipótesis</i>			
<i>Nula</i>	$H_0 : p = p_0$		
<i>Alternativa</i>	$H_1 : p < p_0$	$H_1 : p > p_0$	$H_1 : p \neq p_0$
<i>Estadística de Prueba</i>	$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\frac{\sigma_{\hat{p}}}{\sqrt{n}}}$		
<i>R. Rechazo</i>	$\{Z : Z < Z_\alpha\}$	$\{Z : Z > Z_{1-\alpha}\}$	$\{Z : Z > Z_{1-\alpha/2}\}$

En caso de que no se conozca la varianza poblacional, se podrá tomar como referencia la varianza muestral, teniendo en la prueba estadística T-Student una distribución de $n-1$ grados de libertad.

<i>Hipótesis</i>			
<i>Nula</i>	$H_0 : \mu = \mu_0$		
<i>Alternativa</i>	$H_1 : \mu < \mu_0$	$H_1 : \mu > \mu_0$	$H_1 : \mu \neq \mu_0$
<i>Estadística de Prueba</i>	$T = \frac{\hat{\mu} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$		
<i>R. Rechazo</i>	$\{T : T < t_{n-1,\alpha}\}$	$\{T : T > t_{n-1,1-\alpha}\}$	$\{T : T > t_{n-1,1-\alpha/2}\}$

1.6.4 VALOR-P

Este valor hace referencia al nivel de significancia alcanzado durante el estudio. Cuando se tiene un valor pequeño tendiendo a cero nos indica que la hipótesis nula, entrara en una zona de rechazo.

Así se tiene que dentro de una prueba en la que W es la prueba y W_0 son los valores observados, la probabilidad de que W_0 sea un valor externo dependerá del valor-p.

$$\text{valor} - p = P(W \leq w_0, \text{ cuando } H_0 \text{ es cierta})$$

$$\text{valor} - p = P(W \geq w_0, \text{ cuando } H_0 \text{ es cierta})$$

Ecuación 4: Valor P

1.6.5 Región de Rechazo

Se conoce como región de rechazo a la parte en la cual el conjunto de valores obtenidos será considerados no aceptables con lo que se rechazará la hipótesis nula. Para poder ubicarla se utilizar las siguientes condiciones.

- **Hipótesis Alternativa:**

Si $H_1 : \mu > \mu_0$ entonces la región se encuentra en la cola derecha de la distribución de la estadística de prueba

Si $H_1 : \mu < \mu_0$ entonces la región se encuentra en la cola izquierda de la distribución de la estadística de prueba

Si $H_1 : \mu \neq \mu_0$ entonces la región se divide en dos partes, una parte estará en la cola derecha de la distribución de la estadística de prueba y la otra en la cola izquierda de la distribución de la estadística de prueba

1.6.6 Conclusiones de una Prueba de Hipótesis

En caso de rechazar la Hipótesis Nula: Se puede concluir que: hay suficiente evidencia estadística para inferir que la hipótesis nula es falsa

Mientras que, en caso de no rechazar la Hipótesis Nula, se va a concluir que "no hay suficiente evidencia estadística para inferir que la hipótesis nula es falsa".

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Diagrama de etapas del proyecto

En el presente capítulo se presentará el procedimiento metodológico que se llevó a cabo para realizar el estudio sobre la variación del rendimiento de las curvas paramétricas en un motor de combustión interna a gasolina en función de la temperatura en distintos regímenes del motor, teniendo varios pasos a seguir como se describe en el siguiente Figura 1-2:



Figura 1-2: Etapas del proyecto de Investigación
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

2.2 Metodología de investigación a realizar

2.2.1 *Descriptiva*

La parte descriptiva va relacionada con la parte de fundamentación de los conceptos teóricos que ayudaran a demostrar el objetivo planteado que es analizar la variación de las curvas paramétrica en función de la temperatura del motor a diferentes regímenes del motor, para los cuales se empleara el uso de una termocupla, dinamómetro en un banco de pruebas.

2.2.2 Explicativa

Se conectará un dinamómetro () a un motor de combustión a gasolina que se encuentra en un banco de pruebas para realizar la medición de las curvas paramétrica de torque y potencia. Al mismo tiempo se instalará una termocupla la cual por medio de un software nos mostrará los valores de la temperatura alcanzada por el motor en cada régimen del motor.

2.2.3 Experimental y analítico.

Con los datos generados con anterioridad se realizará un análisis estadístico con ayuda de un software que permitirá validar si existe o no una gran variación del rendimiento con relación a la temperatura, esto permitirá aceptar o rechazar la hipótesis.

2.3 Recursos y Materiales

Se emplearon los siguientes recursos y materiales para la realización del proyecto los cuales se detallarán a continuación en la siguiente Tabla 2-1:

2.3.1 Materiales

2.3.1.1 Materiales

Tabla 2-1: Herramientas Utilizadas

Herramientas		
NOMBRE	Figura	DESCRIPCION
Caja de Herramientas		Está compuesta por diversas herramientas como son dados, racha, llaves de turcas, entre otras. Todas ellas se utilizan para desarmar y armar partes del motor.
Termómetro digital		Es un termómetro digital industrial el cual sirve para medir altas temperaturas, por medio de una luz infrarroja la cual nos permite monitorear en tiempo real las variaciones de estas.

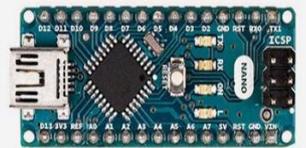
<p>Equipo de seguridad</p>		<p>Es indispensable el uso de equipo de seguridad para la protección de los técnicos que se ocupan del mantenimiento de vehículos.</p>
-----------------------------------	---	--

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

2.3.1.2 Equipos

Tabla 2-2: Lista de Equipos Utilizados

EQUIPOS		
NOMBRE		DESCRIPCION
<p>Termocupla tipo K</p>		<p>Es un sensor de temperatura que se utilizan en segmentos industriales, consiste en dos bases metálicas unidas por un circuito lo que genera un campo electrónico que varía en función de la temperatura a la que está expuesto.</p>
<p>Dinamómetro de motor</p>		<p>Este tipo de dinamómetros se ocupan en motores de combustión interna, los cuales se acoplan de manera directa al mismo. Las principales ventajas son los datos exactos que se pueden obtener de torque y potencia generados por el motor, esto debido a que se reduce las pérdidas generadas por la transmisión y otras partes del vehículo.</p>
<p>Laptop</p>		<p>Se utiliza para la instalación de los softwares tanto del dinamómetro que genera datos de torque y potencia además de los datos generados de la temperatura generados por la termocupla. Además, se utilizará para el análisis estadístico de los datos obtenidos.</p>

<p>Osciloscopio Automotriz</p>		<p>Se utiliza para medir las señales enviadas por los distintos sensores y actuadores del vehículo las mismas se presentan de manera rectangular o senoidal.</p>
<p>Arduino Uno</p>		<p>Nos permite generar programas en base a una serie de variables establecidas las cuales con ayuda de otras herramientas ejecutarán ordenes preestablecidas.</p>

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

2.3.2 Recursos

2.3.2.1 Recursos Humanos

El trabajo en equipo forma parte fundamental del proyecto para lo cual se cuenta con un grupo conformado por las siguientes personas:

- Director
- Miembro
- Asesores externos
- Luis Guallo
- David Padilla

2.3.2.2 Recursos económicos

Costos Directos

Tabla 3-2: Costos Directos

Recurso	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Instrumento de medición de temperatura (Termocuplas)	4	35	140
Instrumento de adquisición de datos	1	300	300
Termómetro digital infrarrojo	1	15	15
Osciloscopio	0	0	0
TOTAL			455

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Costos Indirectos

Tabla 4-2: Costos Indirectos

Detalle	Precio Total (USD)
Mano de obra	350
Transporte	250
Otros	160
Total	\$760

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Costos Totales

Tabla 5-2: Costos Totales

Ítem	Total
Costos Directos	\$455
Costos Indirectos	\$760
TOTAL	\$1215

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

2.4 Desarrollo del proyecto

En la parte práctica se empezará con la instalación del dinamómetro de chasis en el motor, para la recolección de los datos de las curvas paramétricas, además de la termocupla que se conectará por medio de un circuito generado en Arduino el cual permitirá la recolección de medidas de temperatura en tiempo real del motor.

2.4.1 *Ensayo del dinamómetro de chasis*

Para la realización del presente ensayo de torque y potencia se optó por la utilización de un dinamómetro de motor, el cual va conectado directamente en el volante del motor con lo que se pretende eliminar todas las pérdidas de potencia generadas por los demás sistemas del vehículo como la transmisión y la fricción de las ruedas con el suelo.

El procedimiento para seguir la instalación del equipo y la toma de datos se detallará de la siguiente manera:

1. Para empezar con el ensayo se debe instalar el motor M.C..I en las bases del dinamómetro las cuales deben ser aseguradas de manera firme ya que las mismas se encargarán de dar

soporte y disipar las vibraciones generadas por el propio funcionamiento de este, así obteniendo una mayor seguridad y veracidad de los datos obtenidos.



Figura 2-1: Dinamómetro de motor.
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

2. Luego se procede acoplar el eje cardan que contiene la punta de transmisión del dinamómetro con el volante motor, para lo cual se emplearan herramientas como un torquímetro para dar un correcto ajuste.



Figura 3-2: Eje cardan
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

3. Posteriormente es necesario realizar la conexión de la parte eléctrica y electrónica del dinamómetro ya sean con el motor y con el hardware a utilizar.



Figura 4-2: Conexión del dinamómetro
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

4. También se realizarán las instalaciones correspondientes al motor, ya sea con el sistema de alimentación que suministrara el combustible al motor, con el sistema de refrigeración que se encargara de disipar la temperatura que va acoplado un sistema auxiliar proporcionado por el propio dinamómetro y finalmente el sistema de encendido el cual estará ayudado con una batería externa.



Figura 5-2: Instalación de los sistemas auxiliares
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

5. Una vez realizados todos los preparativos se realizará el encendido del motor y el dinamómetro el cual va a estar conectado a un software que monitoreara el estado tanto del régimen de giro como las curvas de torque y potencia.

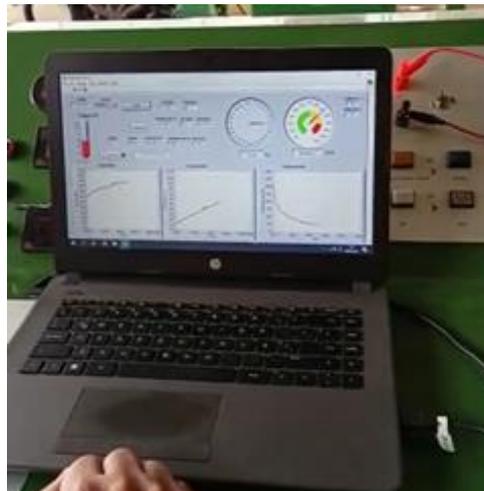


Figura 6-2 Recolección de datos
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

6. Con el motor en marcha se realizarán las mediciones de las curvas paramétricas a los regímenes determinados con anterioridad para este ensayo los cuales son: el motor en neutro, a medio régimen (2500 rpm) y totalmente acelerado, para lo cual nos ayudaremos con el variador de regímenes instalado en el propio dinamómetro.



Figura 7-2: Variación de corriente.
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

7. Se repetirá las mediciones necesarias para formar una base de datos amplia que nos permita cumplir con el objetivo planteado.

Los datos que resultantes de las mediciones serán presentados en forma de tablas las cuales contienen variables como: tiempo (s), régimen (rpm), valores de torque (N.m), potencia (CV). Y así mismo de forma gráfica en curvas dinamométricas que serán más fáciles de interpretar.

- **ENSAYO 1**

La Tabla 6-2, representa los valores obtenidos en el primer ensayo de torque-potencia realizado en el dinamómetro, en la cual se presentan dichas variables en función de las revoluciones por minuto del motor.

Tabla 6-2: Ensayo 1 de torque y potencia

ENSAYO 1		
RPM	TORQUE (Nm)	POTENCIA (CV)
870	5.76	0.75
870	9.20	1.14
800	13.21	1.63
800	17.35	1.98
882	21.14	2.41
882	24.58	3.09
833	27.39	3.44
833	29.22	3.47
833	30.76	3.65
857	32.52	3.97
857	34.07	4.16
845	34.98	4.27
845	35.54	4.28
845	36.24	4.36

869	36.88	4.44
869	37.72	4.67
869	38.35	4.75
952	39.83	4.93
952	41.79	5.66
952	43.97	5.96
1199	44.81	6.07
1199	46.57	7.95
1199	49.03	8.37
1199	50.64	8.65
1395	53.24	10.57
1395	54.86	10.89
1538	56.12	11.14
1538	57.25	12.53
1538	58.09	12.72
1621	58.86	12.89
1621	59.49	13.73
1621	60.20	13.89
1764	60.90	15.29
1764	61.60	15.47
1764	62.30	15.65
1874	62.93	16.79
1874	63.57	16.96
1874	63.78	17.02
1934	64.13	17.11
1934	64.34	17.72
1934	64.83	17.85
1934	65.32	17.99
1934	65.53	18.04
2067	66.10	18.20
2067	66.87	19.68
2067	67.71	19.93
2220	68.91	21.78
2220	69.68	22.03
2221	70.31	22.23
2221	71.15	22.50
2221	71.50	22.61
2399	72.00	22.77
2399	72.70	24.83
2399	73.12	24.97
2500	73.96	26.32
2500	74.81	26.62
2727	75.37	29.26
2727	76.00	29.51
2727	76.70	29.78
2856	77.12	29.94

2856	77.61	31.56
2856	77.90	31.68
2856	78.39	31.88
3154	78.88	32.08
3154	79.58	35.74
3154	80.28	36.05
3326	81.20	38.45
3326	82.04	38.85
3326	82.95	39.28
3519	83.80	41.98
3519	84.99	42.58
3740	85.69	45.63
3740	86.46	46.04
3985	87.10	46.38
3985	87.66	49.73
3985	88.22	50.05
4267	88.64	50.29
4267	89.06	54.10
4267	89.98	54.66
4265	90.61	55.01
4265	91.24	55.40
4582	92.44	60.30
4965	93.42	66.03
4965	94.26	66.63
4956	95.10	67.10
5401	95.74	73.61
5402	96.23	73.99
5402	96.58	74.28
5413	96.79	74.59
5413	96.93	74.70
5399	97.07	74.62
5399	97.14	74.67
5931	97.28	74.78

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Revisando los datos obtenidos en las mediciones se observa que el valor máximo de torque alcanzado se da a 5931 RPM con un valor de 97.28 (Nm), mientras que la potencia máxima se alcanzó a esas mismas RPM con un valor de 74.78 (CV).

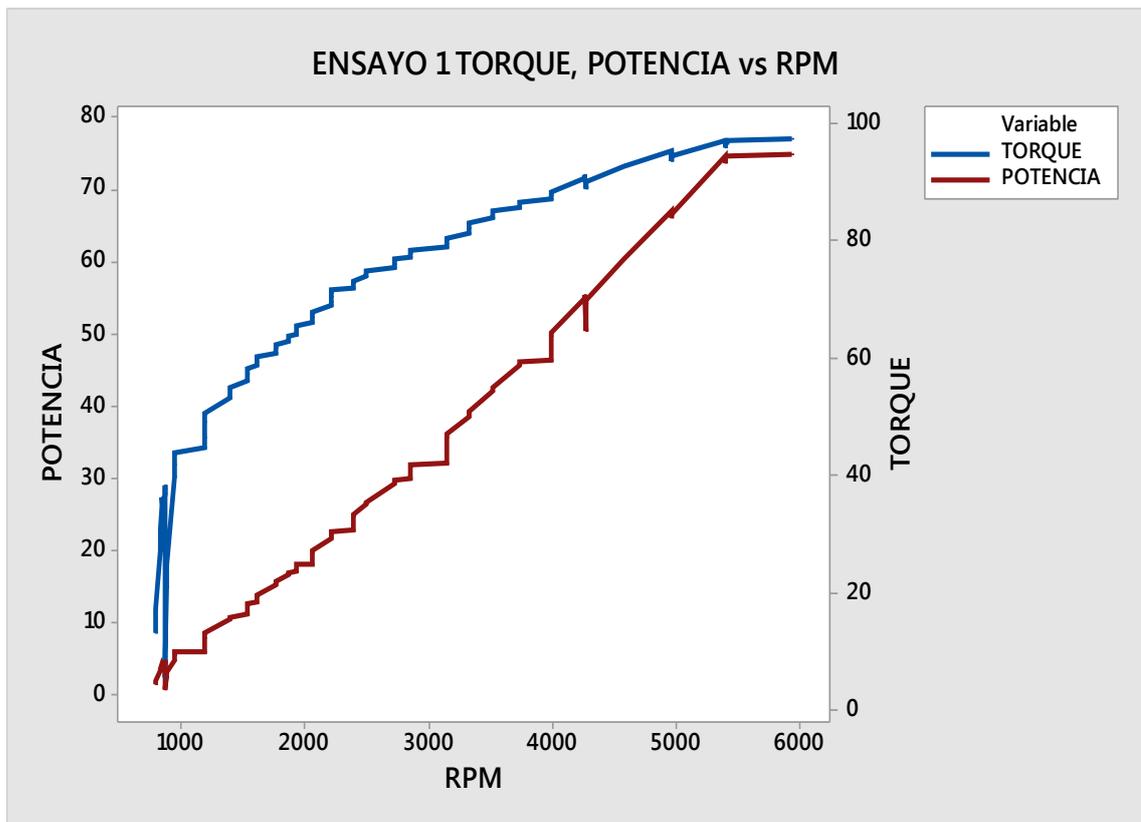


Gráfico 1-2: Curvas paramétricas ensayo 1
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Con los valores de torque y potencia obtenidos se puede Gráficor las curvas paramétricas que describan el comportamiento de dichos parámetros, en la cual se observa que tanto el torque y la potencia incrementan de forma directa con relación a las revoluciones por minuto. Llegando a su punto máximo a revoluciones altas.

- **ENSAYO 2**

Para las siguientes mediciones se utilizaron los mismos procedimientos con lo que los datos de las siguientes mediciones se presentan en relación con los mismos parámetros, en la Tabla 7-2, se muestran los datos del ensayo 2 realizado en el dinamómetro.

Tabla 7-2: Resultados ensayo 2 de torque y Potencia

ENSAYO 2		
RPM	TORQUE (Nm)	POTENCIA (CV)
833	6.60	0.78
833	9.34	1.11
833	17.42	2.07
833	25.22	2.99
845	27.32	3.24
845	31.61	3.80
822	34.56	4.04

845	35.68	4.29
845	37.30	4.49
845	38.70	4.66
882	39.62	4.76
882	41.30	5.19
882	42.99	5.40
1091	44.32	5.57
1091	48.25	7.49
1304	51.98	9.65
1428	54.30	11.04
1428	55.77	11.34
1499	57.53	12.28
1666	59.84	14.19
1874	62.93	16.79
1999	65.88	17.58
1999	67.57	19.23
1999	68.83	19.59
2221	69.68	22.03
2221	71.43	22.59
2400	72.70	24.84
2400	74.03	25.29
2609	75.37	27.99
2725	76.56	28.43
2725	77.47	30.06
2997	79.02	33.72
2997	79.72	34.02
3154	79.93	34.11
3154	80.42	36.11
3154	80.85	36.30
3154	81.06	36.40
3154	81.62	36.65
3327	82.25	36.93
3327	82.95	39.30
3327	83.59	39.60
3327	83.94	39.76
3327	84.57	40.06
3740	85.27	40.39
3740	85.97	45.77
3740	86.32	45.96
3740	86.89	46.26
3740	87.38	46.52
3990	87.59	46.63
3990	88.01	50.00
3990	88.50	50.28
3990	88.99	50.56
3988	89.49	50.84

3988	89.70	50.92
3988	90.19	51.20
3988	90.75	51.52
3988	90.96	51.64
4591	91.45	51.92
4591	91.73	59.96
4591	92.22	60.28
4591	92.65	60.56
4591	93.14	60.88
4967	93.56	61.15
4967	93.77	66.30
4967	94.19	66.60
4967	94.61	66.90
4967	95.03	67.20
4958	95.60	67.48
4958	95.81	67.62
4958	95.95	67.72
5411	96.30	67.97
5411	96.72	74.51
5411	96.93	74.67
5411	97.14	74.83
5934	97.28	74.94
5934	97.63	82.48
5934	97.70	82.54
5943	97.77	82.60
5943	97.84	82.78
5943	97.91	82.84
5943	97.98	82.90
5939	97.98	82.90
5939	98.05	82.90
5939	98.05	82.90
5939	98.12	82.96
5939	98.12	82.96

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L., 2022)

Los resultados obtenidos en el segundo ensayo muestran que se alcanzaron valores mayores tanto de torque y potencia siendo un valor máximo de 98.12 (Nm) y 82.96 (CV) respectivamente a unas revoluciones máximas de 5939 RPM.

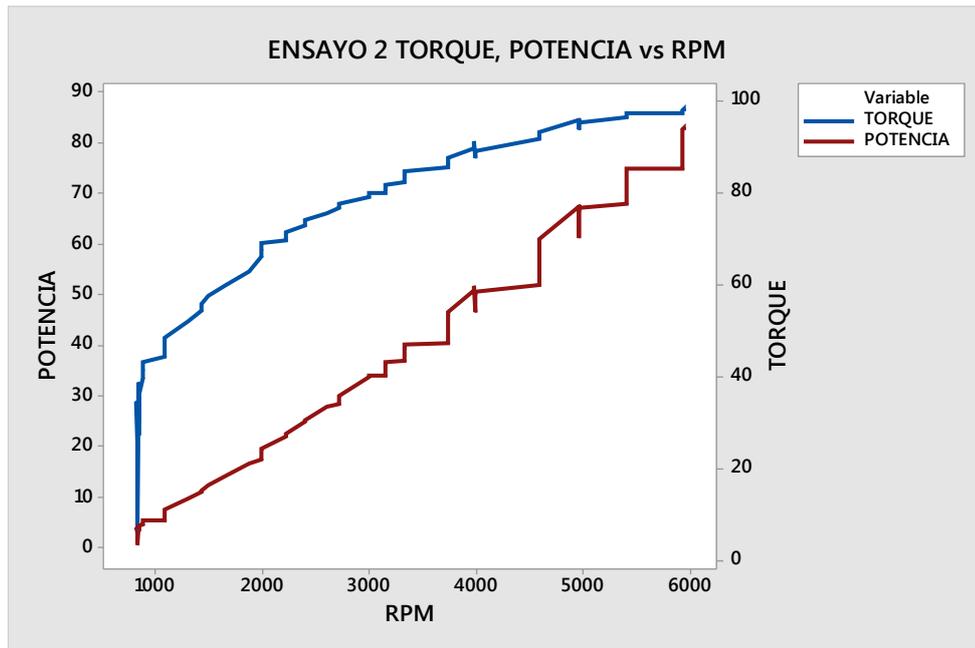


Gráfico 2-1: Curvas paramétricas ensayo 2
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L., 2022)

En las curvas paramétricas se muestra un incremento constante tanto del torque y potencia teniendo pocos valores dispersos. Con un torque inicial muy alto y una potencia creciente de forma lineal.

- **ENSAYO 3**

Los datos obtenidos del tercer ensayo se muestran en la Tabla 8-2 , los cuales presentan leves variaciones con respecto a los dos anteriores.

Tabla 8-2: Resultados ensayo 3 torque y potencia

ENSAYO 3 DE TORQUE Y POTENCIA

RPM	TORQUE (Nm)	POTENCIA (CV)
896	5.41	0.69
896	7.80	0.99
857	12.50	1.53
857	16.23	1.98
811	19.60	2.26
811	23.25	2.68
779	24.58	2.73
779	27.39	3.04
779	28.94	3.21
857	31.40	3.83
857	33.08	4.04
857	35.61	4.34
1034	36.45	4.45

1034	38.77	5.71
1034	40.88	6.02
1111	42.78	6.30
1111	45.30	7.16
1276	47.13	7.45
1276	50.01	9.09
1276	52.68	9.57
1666	55.70	13.21
1666	57.74	13.69
1666	59.77	14.18
1666	61.88	14.68
2069	62.93	14.93
2069	65.88	19.40
2069	68.27	20.11
2400	69.61	20.50
2400	71.50	24.43
2400	73.26	25.03
2856	74.81	25.56
2856	75.93	30.87
2856	76.98	31.30
2856	77.47	31.50
2856	78.32	31.84
3155	78.88	32.07
3155	80.00	35.94
3155	80.56	36.19
3155	81.62	36.66
3155	82.18	36.92
3739	83.16	37.36
3739	83.66	44.53
3739	84.15	44.79
3739	85.13	45.32
3739	85.62	45.58
3739	86.75	46.18
4271	87.17	46.40
4271	88.36	53.72
4271	89.49	54.41
4579	90.26	54.88
4579	90.61	59.07
4579	91.24	59.49
4579	91.59	59.72
4579	92.22	60.13
4579	92.79	60.49
4957	93.07	60.68
4957	93.70	66.13
4957	93.91	66.28
4957	94.26	66.53
5933	94.47	66.68
5933	94.75	80.04

5933	94.96	80.22
5933	95.03	80.28
5933	95.10	80.34
5933	95.24	80.46
5931	95.32	80.48
5931	95.39	80.54
5931	95.46	80.60
5931	95.53	80.66
5931	95.53	80.66
5940	95.53	80.78
5940	95.53	80.78
5940	95.53	80.78
5940	95.53	80.78
5940	95.60	80.84
5945	95.60	80.92
5945	95.60	80.92
5945	95.53	80.86
5945	95.53	80.86
5945	95.53	80.86

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los datos obtenidos durante el tercer ensayo muestran que el valor máximo de torque es 95.53 (Nm) siendo menor que en los anteriores ensayos. Mientras que el valor de potencia máxima fue de 80.86 (CV), siendo menor que el ensayo 2 pero mayor que el primer ensayo.

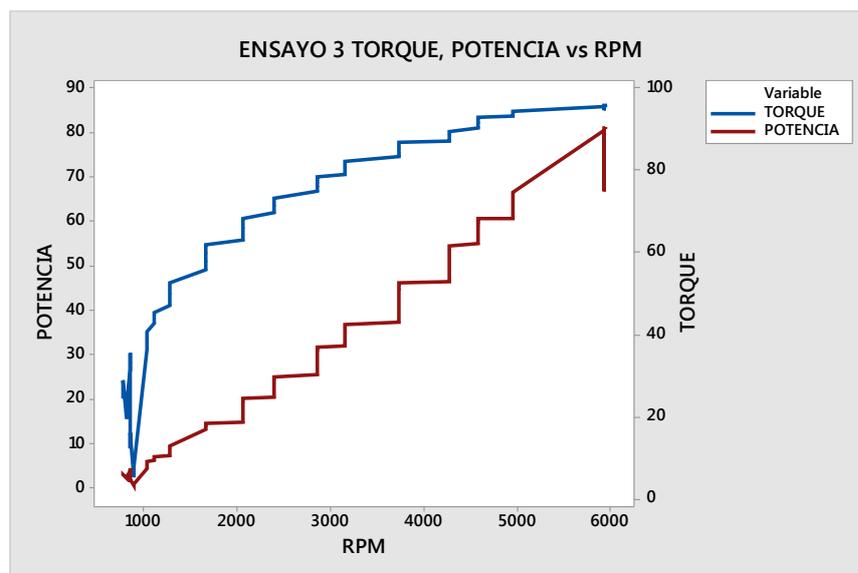


Gráfico 3-2: Curvas paramétricas ensayo 3

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

En la gráfica del ensayo 3 se muestra un descenso repentino al inicio de la curva de Torque, mientras que la curva de potencia hay un descenso al final del ensayo.

- **ENSAYO 4**

Los valores del ensayo 4 se muestran en la Tabla 9-2:

Tabla 9-2: Resultados ensayo 4 torque y potencia

ENSAYO 4 TORQUE Y POTENCIA VS RPM

RPM	TORQUE (Nm)	POTENCIA (CV)
857	5.90	0.72
857	9.55	1.17
845	13.42	1.61
845	18.05	2.17
845	21.35	2.57
845	23.60	2.84
845	26.13	3.14
857	29.71	3.57
857	31.33	3.82
857	32.59	3.98
857	34.28	4.18
857	35.19	4.29
857	36.38	4.44
983	39.62	5.55
983	43.48	6.09
1333	44.60	6.24
1333	46.92	8.90
1333	48.11	9.13
1333	50.36	9.56
1333	51.49	9.77
1333	52.61	9.98
1713	54.72	10.38
1713	55.70	13.59
1713	57.60	14.05
1713	59.35	14.48
1713	60.27	14.70
2143	62.02	15.13
2143	62.86	19.18
2143	65.32	19.93
2143	66.10	20.16
2143	67.64	20.64
2499	68.34	20.85
2499	69.82	24.84
2499	70.52	25.09
2499	71.93	25.59
2499	72.63	25.84
3155	73.82	26.27
3155	74.38	33.42
3155	75.79	34.05
3155	76.42	34.33
3155	77.12	34.65

3155	78.39	35.21
3740	79.58	35.75
3740	80.21	42.71
3740	81.27	43.27
3740	81.83	43.57
3740	82.95	44.17
4267	83.51	44.47
4267	84.57	51.37
4267	84.99	51.63
4267	85.41	51.88
4267	86.18	52.35
4267	86.96	52.82
4583	87.38	53.08
4583	87.73	57.25
4583	88.43	57.71
4583	89.06	58.12
4583	89.63	58.48
4964	89.84	58.62
4964	90.33	63.83
4964	90.54	63.98
4964	91.03	64.33
4964	91.24	64.48
5404	91.66	64.77
5404	91.80	70.63
5404	92.15	70.90
5404	92.29	71.01
5404	92.58	71.23
5971	92.79	71.39
5971	92.86	71.45
5971	92.93	79.00
5971	93.00	79.05
5971	93.07	79.11

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores de torque y potencia alcanzados en el cuarto ensayo se mantienen dentro de los parámetros observados en las anteriores pruebas de tal manera se tiene un troque máximo de 93.07 (Nm) y una potencia máxima de 79.11 (CV) a unas revoluciones máximas de 5971 RPM.

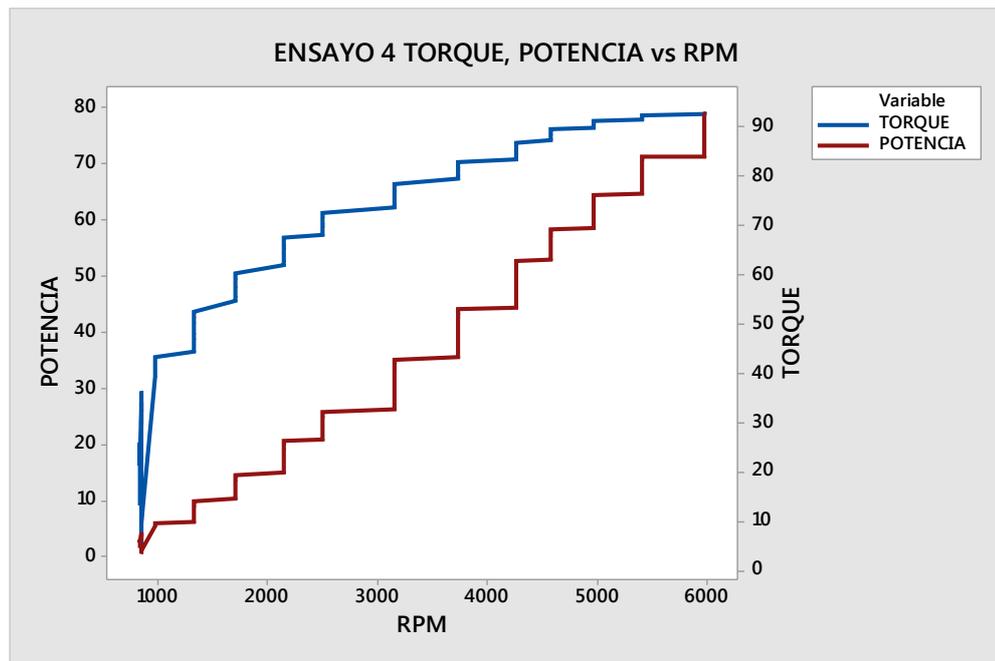


Gráfico 4-2: Curvas paramétricas ensayo 4
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Las curvas paramétricas tanto del torque y potencia muestran unos patrones muy cambiantes, dato que al principio existe una caída repentina del torque, que finalmente se equilibra para mantener un crecimiento constante al igual que la potencia.

- **ENSAYO 5**

Los valores del último ensayo se presentan en la siguiente Tabla10-2:

Tabla 10-2: Resultados ensayo 5 torque y potencia

ENSAYO 5 DE TORQUE Y POTENCIA VS RPM		
RPM	TORQUE (Nm)	POTENCIA (CV)
870	5.83	0.72
870	8.43	1.04
845	12.36	1.49
845	16.30	1.96
857	19.95	2.43
857	23.18	2.83
822	25.36	3.09
822	28.38	3.32
857	30.34	3.70
857	32.03	3.91
857	33.43	4.08
857	34.70	4.23
857	35.68	4.35
857	36.24	4.42
857	37.09	4.53

857	37.72	4.60
983	39.05	4.77
983	41.09	5.75
983	44.53	6.23
1304	45.52	6.37
1304	48.61	9.02
1304	51.84	9.62
1666	54.79	10.17
1666	56.61	13.42
1666	59.14	14.02
1999	61.46	14.57
1999	62.93	17.91
1999	64.20	18.27
1999	65.39	18.61
1999	65.88	18.75
2222	66.87	21.15
2222	68.20	21.57
2222	69.12	21.86
2500	70.45	22.28
2500	71.64	25.50
2727	73.05	26.00
2727	74.17	28.80
2727	75.23	29.21
2997	76.28	29.62
2997	77.26	32.97
2997	78.46	33.47
3525	79.37	33.86
3525	79.86	40.08
3525	80.85	40.57
3525	81.27	40.78
3525	82.25	41.28
3743	82.74	41.52
3743	83.80	44.65
3743	84.85	45.21
3743	85.34	45.48
3743	86.39	46.04
4265	87.24	46.49
4265	87.66	53.22
4265	88.43	53.69
4265	89.27	54.20
4265	89.63	54.42
4265	90.40	54.88
4970	91.10	64.46
4970	91.73	64.91
4970	92.22	65.25
4970	92.44	65.40
5407	93.56	72.02
5407	93.77	72.18

5407	94.12	72.45
5412	94.40	72.66
5412	94.54	72.85
5412	94.75	73.01
5412	94.96	73.18
5412	95.03	73.23
5966	95.17	73.34
5966	95.24	80.90
5966	95.24	80.90
5966	95.24	80.90
5966	95.24	80.90
5967	95.24	80.91
5967	95.32	80.97
5967	95.32	80.97
5967	95.32	80.97
5967	95.32	80.97

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores máximos de torque alcanzados en este ensayo son de 95.32 Nm mientras que la potencia máxima fue de 80.97 (CV), manteniéndose en la media ponderada.

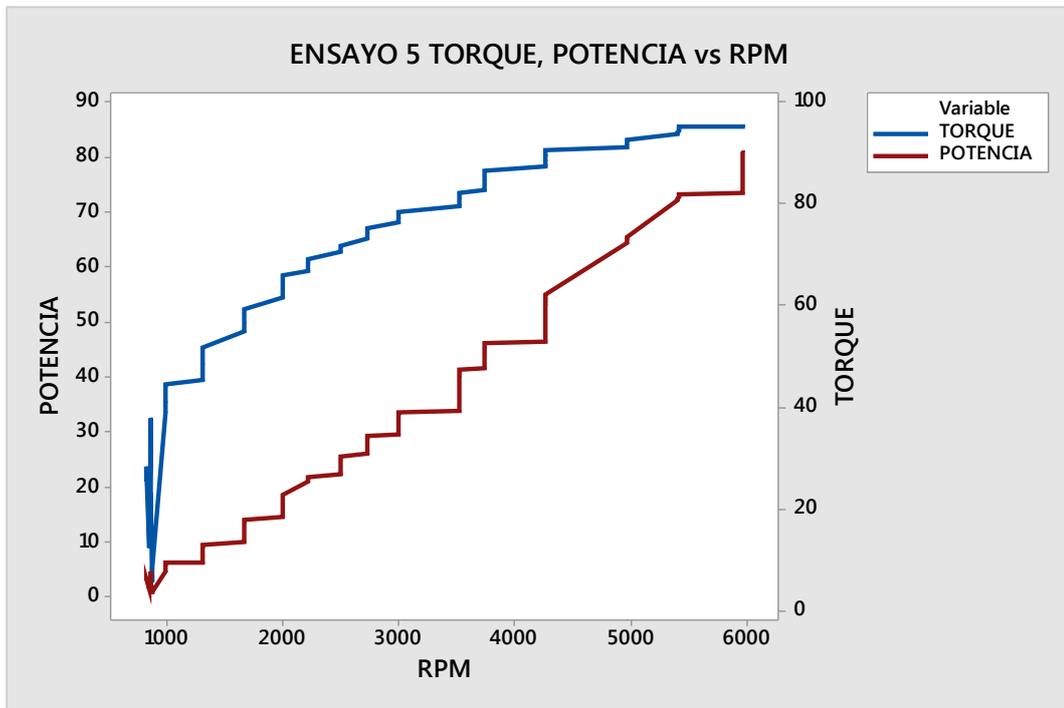


Gráfico 5-2: Curvas paramétricas ensayo 5

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Las gráficas paramétricas al igual que las anteriores 3 muestra un descenso del torque a revoluciones bajas, mientras que la potencia crece de manera exponencial a las RPM.

3.5 Medición de la temperatura del motor.

El ensayo de medición de temperatura del motor se realizará con la ayuda de una termocupla tipo K, la misma que será conectada a cada salida en el múltiple de escape del motor cuya función será la de transmitir los valores en tiempo real de los grados alcanzados en distintos regímenes de funcionamiento. Para lo cual se describirá los pasos a seguir para su instalación.

3.5.1 Programación de la termocupla

El hardware utilizado en la medición de tempera se basa en un microcontrolador “Arduino Uno”, que contiene una programación que recepta las ondas generadas por la termocupla y las transmite a un Excel.

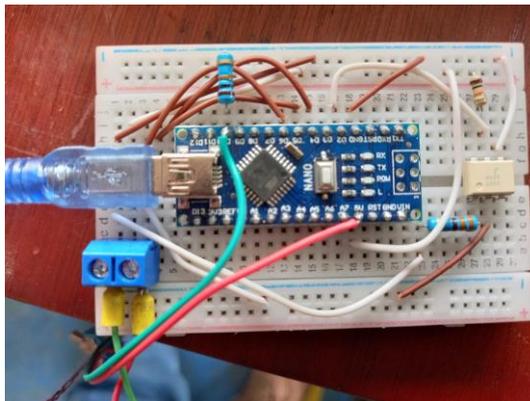


Figura 8-2: Circuito de temperatura
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

En lo referente a la programación del Arduino se tienen variables como: fecha, hora, tiempo, revoluciones y temperatura:

```
tesisrevolucionescarro3
|
#include "max6675.h"
unsigned long V, D1, D2, Ta, T0, Tm = 1000;
////////////////////////////////////
int thermoDO = 4;
int thermoCS = 5;
int thermoCLK = 6;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);
////////////////////////////////////

int sw = 10;
double ec1 = 0;
double ec2 = 0; // DECLARACION DEVARIABLES

void setup()
{
  pinMode(sw, INPUT);
  Serial.begin(9600); // COMUNICACION--- VELOCIDAD
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL, Fecha, Hora, Temperatura, Revoluciones");
  delay(1000);
}

void loop()
{
  if((digitalRead(sw)==0))
  {
    ec1=118.69; // 116.6 //30.45
    ec2= 9.907; // 77.69 hetz// //optra sw sin punto// -5.58 optra
  }
  else

```

```

else
{
ec1=18.752;
ec2=144.37 ; // rodeo sw con punto
}
Medida();
EscribeMedidas();
}

void Medida()
{
D1=0;
D2=0;
interrupts();
attachInterrupt(0, AlInicio, RISING);
delay(Tm);
noInterrupts();
}

void AlSubir()
{
T0 = micros();
D1 = T0 - Ta;
Ta = T0;
attachInterrupt(0, AlBajar, FALLING);
}

void AlInicio()
{
Ta = micros();

```

```

void AlInicio()
{
Ta = micros();
attachInterrupt(0, AlBajar, RISING);
}

void AlBajar()
{
//D2 duracion señal en alto
D2 = micros() - Ta;
attachInterrupt(0, AlSubir, RISING);
}

void EscribeMedidas()
{
double freq = 1000000.0 / D1;
if(D1==0)
freq = 0;
double Toff = D2;
double Ton = (D1 - D2);
double Tonms = Toff / 1000.00;
double Toffms = Ton / 1000.00;
double rev = ec1*freq + ec2;
if(freq==0)

```

```

}

void EscribeMedidas()
{
    double freq = 1000000.0 / D1;
    if(D1==0)
    freq = 0;
    double Toff = D2;
    double Ton = (D1 - D2);
    double Tonms = Toff / 1000.00;
    double Toffms = Ton / 1000.00;
    double rev = ec1*freq + ec2;
    if(freq==0)
    rev = 0;
    float tem = thermocouple.readCelsius();
    // Serial.print("Frecuencia: ");
    // Serial.print(freq);
    // Serial.print("    Temperatura: ");
    // Serial.print(tem);
    // Serial.print("    Valores: ");
    // Serial.print(ec1);
    // Serial.print("-----");
    // Serial.print(ec2);
    // Serial.print("    Revoluciones: ");
    // Serial.println(rev);
    Serial.println( (String) "DATA,DATE,TIME," + tem + "," + rev);
}

```

Figura 9-2: Líneas de programación
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

También se realizó el diseño en Proteus, para simular el funcionamiento del circuito.

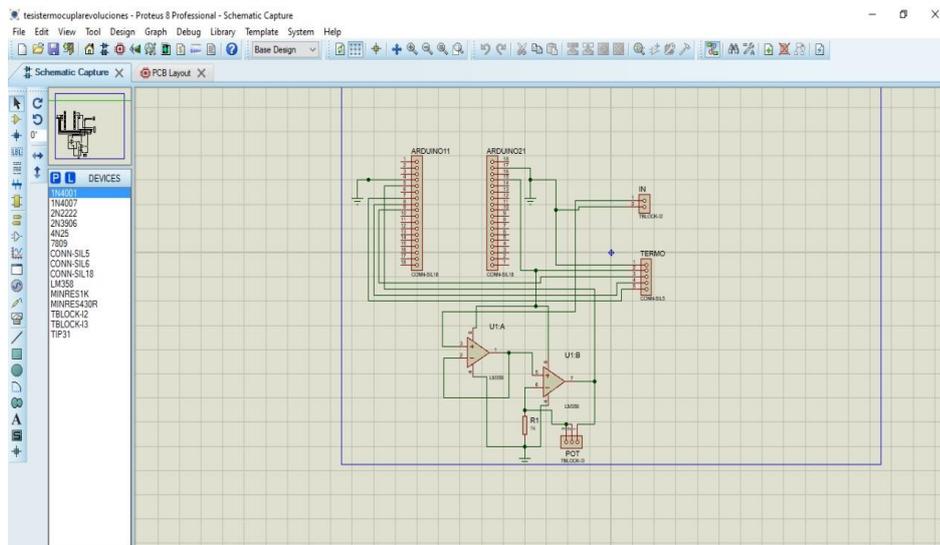


Figura 10-2: Simulación en Proteus
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

(Para determinar las revoluciones se utilizó un osciloscopio el cual nos otorga datos de frecuencia las cuales fueron utilizadas para obtener la ecuación requerida.)

Las ondas generadas son de tipo cuadrado la cual al acelerar se genera una variación de su frecuencia en este caso disminuyendo la misma, en el caso de desacelerar la misma aumenta.

2.4.2 *Medición de la temperatura en el motor*

- Colocar la termocupla en el múltiple de escape al cual se va a realizar la toma de datos.



Figura 11-2: Instalación de la termocupla
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

- Instalar el Arduino



Figura 12-2: Conexión del Arduino
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

- Poner termocupla ride para empezar la medición de datos



Figura 13-2: Ríde del programa
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

- Toma de datos a distintos regímenes del motor.

Los resultados obtenidos se muestran en relación con las RPM del motor

- **ENSAYO 1**

Las variables a considerar en el análisis de este ensayo fueron las revoluciones por minuto (RPM) y la temperatura alcanzada en cada cilindro en grados centígrados (°C), representadas en la Tabla: 11-2

Tabla 11-2: Resultados temperatura Ensayo 1

TEMPERATURA (°C) EN RELACION A LAS RPM				
RPM	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
870	271.25	254.75	243.50	243.75
870	271.25	254.50	244.00	244.00
800	271.00	255.00	243.50	243.50
800	271.75	254.75	244.25	244.50
882	271.75	255.00	244.25	244.75
882	272.00	255.25	244.25	244.75
833	272.25	255.50	244.50	244.25
833	272.25	255.50	244.75	244.00
833	272.75	255.50	244.50	244.50
857	273.50	255.25	244.50	244.25
857	273.25	255.25	244.50	244.25
845	273.50	255.25	245.00	244.00
845	273.50	255.00	245.00	244.25
845	274.00	255.25	245.00	244.25
869	274.00	255.00	245.50	244.50
869	274.00	256.00	245.50	244.75
869	275.25	256.00	245.25	244.50
952	276.00	256.25	245.50	244.50
952	276.75	255.75	245.75	245.00
952	278.75	255.25	246.00	246.00
1199	280.00	255.50	246.50	246.50
1199	284.50	255.50	246.75	246.50
1199	289.00	255.75	249.00	247.50
1199	293.00	256.75	252.25	249.25
1395	297.00	258.25	256.50	251.00
1395	302.00	259.25	261.00	253.50
1538	307.25	261.75	264.00	256.50
1538	313.25	263.75	264.75	259.00
1538	318.25	266.75	264.00	262.25
1621	323.50	269.25	264.00	265.00
1621	328.50	271.25	264.00	267.50
1621	332.25	273.00	263.75	270.75
1764	337.00	278.50	264.00	272.75
1764	341.75	281.50	265.75	276.00

1764	347.25	285.50	268.75	278.50
1874	352.75	288.00	271.50	280.75
1874	358.50	290.75	274.25	283.50
1874	361.75	292.00	276.25	286.00
1934	364.25	294.00	277.75	288.50
1934	366.25	295.25	279.25	290.25
1934	369.50	296.00	281.25	292.75
1934	372.00	297.50	283.25	294.75
1934	374.50	297.75	285.25	297.00
2067	377.50	299.25	287.00	298.75
2067	379.50	301.75	288.75	300.25
2067	380.25	303.50	290.75	303.75
2220	380.25	313.00	292.50	305.50
2220	381.00	315.25	294.00	306.75
2221	382.50	317.75	295.25	308.00
2221	384.50	325.75	297.00	309.00
2221	386.50	328.25	298.75	310.25
2399	388.75	338.00	300.00	311.25
2399	391.25	340.75	301.25	313.00
2399	393.00	343.75	302.50	315.00
2500	394.75	353.75	303.75	317.00
2500	396.50	356.00	304.75	318.75
2727	397.75	366.25	306.00	321.50
2727	400.75	364.75	307.00	324.00
2727	403.50	366.25	308.75	326.75
2856	403.50	367.75	309.50	328.25
2856	404.00	368.75	311.25	329.75
2856	404.50	373.25	312.00	331.25
2856	405.75	374.50	313.50	332.75
3154	407.25	375.25	315.00	334.00
3154	408.50	377.75	320.75	338.75
3154	409.50	380.25	327.50	344.75
3326	410.00	383.00	333.75	350.50
3326	411.25	385.50	339.25	355.50
3326	412.25	387.50	346.00	360.75
3519	413.00	388.75	353.50	366.75
3519	413.25	389.75	361.00	374.25
3740	414.00	390.25	370.00	382.00
3740	414.75	391.50	379.00	389.00
3985	414.50	396.00	387.50	396.00
3985	415.50	404.75	396.75	402.50
3985	415.25	415.25	405.25	408.25
4267	415.00	420.00	409.25	411.25
4267	414.00	436.75	412.00	414.00
4267	412.50	442.75	417.00	421.25
4265	409.25	448.50	422.25	423.00
4265	407.00	453.50	428.00	428.50
4582	408.75	464.75	441.50	439.00

4965	412.00	472.75	456.00	449.00
4965	414.75	481.00	474.75	459.00
4956	419.25	489.75	491.75	468.25
5401	424.25	499.75	504.00	482.75
5402	429.25	511.50	517.25	494.00
5402	434.50	524.00	532.75	509.50
5413	440.50	532.25	541.50	518.25
5413	446.75	541.00	550.00	526.25
5399	453.75	548.50	557.25	532.00
5399	461.00	554.25	564.00	539.25
5931	467.75	556.75	569.25	544.50

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores máximos de los cuatro cilindros se alcanzan a 5931 RPM que coincide con las revoluciones máximas, los cuales se dividen en:

CILINDRO 1: 467.75 ° C

CILINDRO 2: 556.75 ° C

CILINDRO 3: 569.25 ° C

CILINDRO 4: 544.50 ° C

Siendo el tercer cilindro que presenta la mayor temperatura y el primer cilindro es el que tiene una menor temperatura.

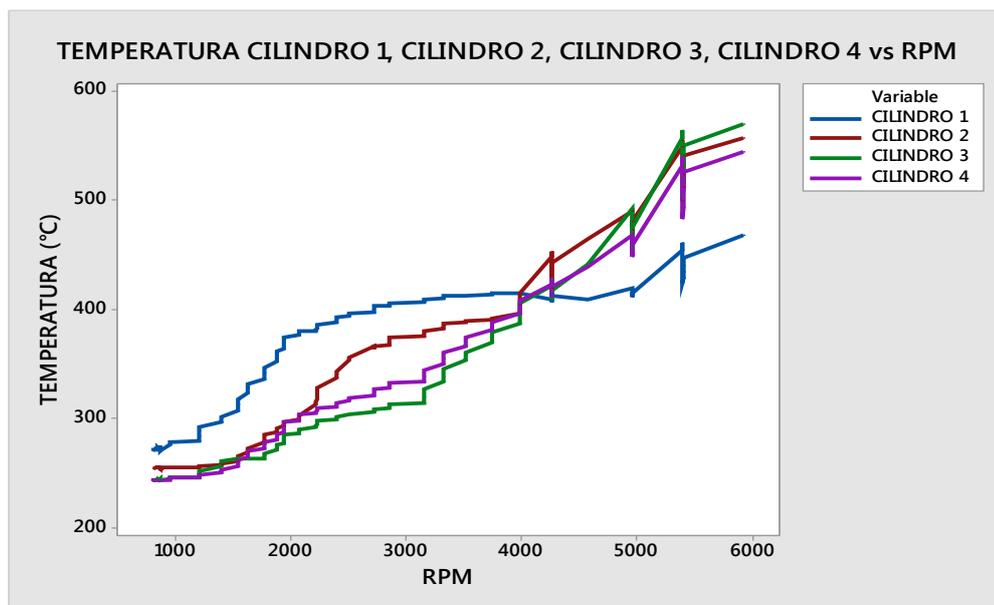


Gráfico 6-2: Curvas de temperatura ensayo 1

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

La Gráfico comparativa de las temperaturas muestra un crecimiento continuo en cada cilindro, excepto en el cilindro 1 que al llegar a decrecer al llegar a las 6000 RPM.

- **ENSAYO 2**

Los valores del ensayo 2 se presenta en la siguiente Tabla 12-2:

Tabla 12-2: Resultados temperatura ensayo 2

ENSAYO 2 DE TEMPERATURA (°C) VS RPM				
RPM	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
833	234.00	243.25	233.50	241.75
833	233.75	243.25	233.75	241.75
833	234.00	243.50	234.00	242.00
833	233.50	243.25	234.25	242.25
845	233.00	243.75	234.25	242.50
845	233.50	243.50	234.50	242.75
822	234.00	243.75	234.75	243.00
845	233.75	243.25	234.00	243.00
845	235.00	243.75	234.50	243.00
845	235.75	244.00	235.00	243.00
882	235.75	243.50	234.50	242.75
882	236.50	243.75	235.00	243.25
882	236.75	244.00	235.00	243.50
1091	236.75	244.00	235.50	243.50
1091	238.00	244.50	235.25	243.75
1304	240.00	245.25	236.00	245.25
1428	242.25	247.00	237.75	246.75
1428	245.75	248.75	239.50	248.75
1499	250.25	251.75	241.25	252.00
1666	255.75	254.75	243.50	255.00
1874	263.50	258.75	245.75	258.75
1999	273.00	262.00	248.25	262.25
1999	282.50	265.00	253.00	268.75
1999	287.75	269.00	257.25	275.50
2221	290.00	272.00	259.50	277.25
2221	293.25	275.25	261.25	280.25
2400	298.25	278.00	263.00	283.00
2400	301.00	280.25	265.25	285.00
2609	305.50	282.50	266.75	287.25
2725	309.25	285.00	269.25	289.75
2725	315.00	287.25	271.00	292.00
2997	322.50	292.25	272.75	294.25
2997	325.75	295.00	274.50	296.75
3154	327.25	297.50	276.75	299.25
3154	329.25	302.75	281.25	302.25
3154	330.50	308.50	285.75	305.25
3154	331.75	315.00	290.75	308.00
3154	332.75	321.00	295.25	310.25
3327	334.00	326.50	300.75	316.50
3327	334.50	332.00	305.50	319.75
3327	335.50	337.25	309.75	322.25

3327	336.25	342.50	315.25	324.75
3327	337.25	347.25	321.00	328.25
3740	338.75	353.00	325.50	334.25
3740	339.75	358.50	331.75	337.25
3740	341.50	364.75	337.00	340.00
3740	342.00	371.00	342.00	343.25
3740	344.50	378.00	347.50	346.25
3990	346.50	384.50	352.75	352.00
3990	349.75	390.25	357.25	354.75
3990	353.25	396.00	362.50	357.50
3990	358.00	396.00	367.25	360.00
3988	362.00	396.25	369.50	362.00
3988	366.50	397.00	371.75	367.00
3988	371.50	398.75	373.50	370.50
3988	375.75	399.75	376.25	372.75
3988	377.75	401.75	378.50	376.00
4591	380.25	404.00	380.75	378.50
4591	384.25	406.75	385.75	384.75
4591	388.00	409.25	391.50	391.50
4591	392.50	415.50	397.00	399.50
4591	396.00	419.50	404.25	407.75
4967	399.00	423.00	411.50	416.25
4967	403.00	430.00	417.75	425.25
4967	406.75	433.25	424.50	434.50
4967	410.00	436.75	431.00	442.50
4967	412.75	444.50	437.25	450.00
4958	415.50	448.75	443.25	458.00
4958	418.25	454.25	449.00	465.00
4958	421.00	466.75	454.50	471.75
5411	424.25	473.25	460.25	478.25
5411	427.75	479.50	465.50	483.50
5411	432.50	491.25	470.25	488.25
5411	437.00	496.50	475.00	493.00
5934	441.50	501.25	480.25	498.00
5934	445.25	510.25	485.50	503.50
5934	448.50	514.25	491.75	509.25
5943	451.75	518.50	497.75	514.75
5943	455.00	525.75	504.00	520.00
5943	457.50	529.25	510.50	525.00
5943	461.25	533.25	516.00	530.25
5939	464.50	540.00	519.25	536.25
5939	467.00	543.75	521.75	539.50
5939	470.25	546.75	524.00	543.25
5939	472.75	552.25	527.50	547.75
5939	475.50	554.25	530.25	551.50

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores máximos de los cuatro cilindros se alcanzan a 5939 RPM que coincide con las revoluciones máximas, los cuales se dividen en:

CILINDRO 1: 475.50 ° C

CILINDRO 2: 554.25 ° C

CILINDRO 3: 530.25 ° C

CILINDRO 4: 551.50 ° C

En esta ocasión se tiene el valor de temperatura máxima en el cilindro número 2, mientras que el cilindro uno se mantiene como el que menor temperatura alcanza.

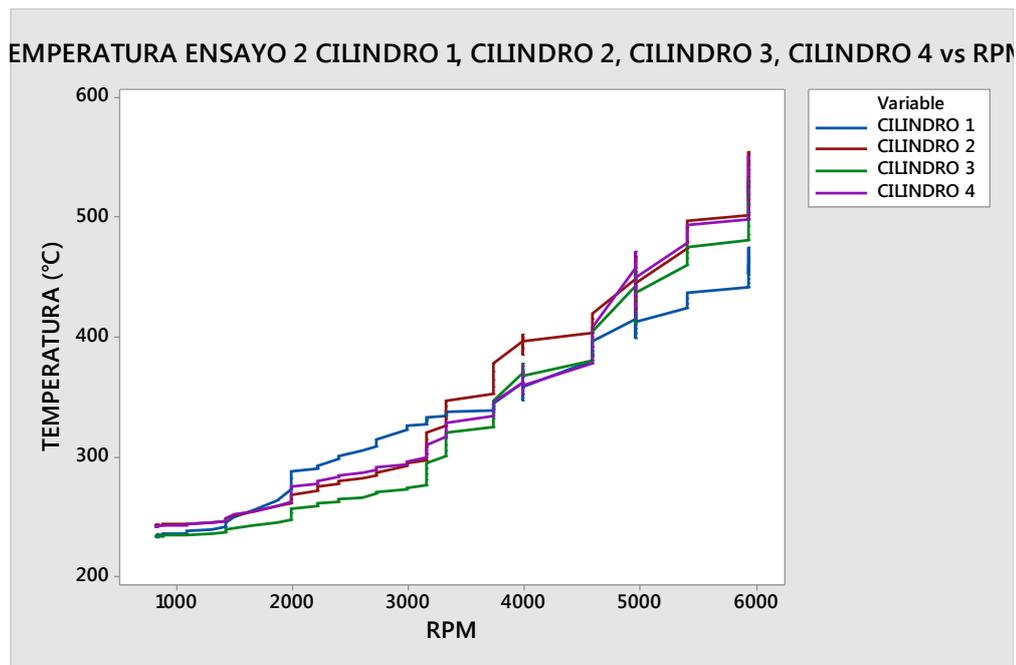


Gráfico 7-2: Curvas de temperatura ensayo 2
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

La Gráfico que representa los distintos valores de las temperaturas muestra un crecimiento constante en relación con las RPM. Con picos altos a mayores revoluciones

- **ENSAYO 3**

Los valores obtenidos en el tercer ensayo se presentan en la Tabla 13-2:

Tabla 13-2: Resultados temperatura ensayo 3
ENSAYO 3 DE TEMPERATURA (°C) VS RPM

RPM	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
896	237.50	242.00	239.50	244.50
896	237.75	242.25	240.00	244.75
857	237.00	242.75	239.75	244.75

857	237.50	242.50	239.75	244.25
811	237.25	242.75	239.75	244.50
811	237.50	242.50	239.50	244.50
779	237.25	242.75	239.75	244.00
779	237.00	243.50	240.00	244.50
779	237.50	243.75	240.25	244.25
857	237.00	243.50	240.50	243.75
857	236.75	243.00	241.00	243.75
857	237.00	243.50	240.75	244.25
1034	237.00	244.00	258.00	244.00
1034	237.50	244.00	262.25	245.25
1034	241.25	245.00	265.25	252.00
1111	246.50	246.25	267.75	262.00
1111	252.25	248.00	271.25	271.75
1276	261.50	250.25	273.75	281.50
1276	267.00	252.75	277.75	288.00
1276	272.50	256.25	281.25	291.00
1666	278.25	258.75	284.00	294.00
1666	281.25	261.25	285.25	295.25
1666	286.50	264.75	286.50	296.50
1666	288.75	267.25	287.50	297.25
2069	290.75	269.50	288.75	298.00
2069	292.50	272.25	293.25	301.50
2069	294.50	274.50	298.00	304.00
2400	297.00	276.50	304.50	306.75
2400	298.75	280.25	315.75	310.25
2400	301.00	284.00	322.50	315.00
2856	304.50	287.50	330.75	322.25
2856	305.75	289.25	334.75	325.75
2856	306.25	291.25	338.50	328.75
2856	307.00	293.25	342.25	331.50
2856	306.75	295.25	345.75	334.50
3155	308.00	297.50	349.25	335.25
3155	309.25	306.75	354.00	338.25
3155	312.50	315.75	362.25	343.00
3155	314.75	324.75	366.75	351.25
3155	320.00	335.50	374.00	356.50
3739	324.75	347.00	376.75	362.25
3739	330.75	358.25	383.25	375.75
3739	337.25	364.00	388.25	383.00
3739	343.75	369.50	392.50	388.75
3739	349.75	374.25	397.00	394.75
3739	356.75	379.75	404.00	396.75
4271	363.00	383.00	406.25	398.75
4271	376.00	395.75	409.00	409.00
4271	388.75	410.00	411.50	421.25
4579	395.25	418.25	414.50	427.25
4579	401.50	426.75	416.50	433.00

4579	408.00	433.75	419.50	439.00
4579	414.50	441.50	422.50	444.25
4579	421.50	448.75	425.00	450.00
4579	428.25	456.75	427.75	455.00
4957	434.50	463.00	430.50	460.25
4957	441.75	469.50	433.25	465.25
4957	448.50	475.25	436.00	471.00
4957	455.00	481.25	439.25	475.75
5933	460.25	487.25	443.00	481.00
5933	466.00	493.25	446.50	485.75
5933	471.50	499.75	449.75	491.25
5933	476.25	506.75	454.00	496.00
5933	481.25	514.25	457.00	499.00
5933	485.25	521.50	460.50	503.00
5931	489.50	528.00	464.00	507.00
5931	492.25	534.75	468.00	511.00
5931	496.75	541.75	471.25	514.00
5931	500.00	547.75	475.00	516.25
5931	503.25	553.75	478.00	519.25
5940	506.50	559.00	481.25	520.75
5940	509.25	564.00	484.50	521.75
5940	512.50	568.00	487.75	523.75
5940	515.25	572.25	491.25	525.50
5940	517.75	576.00	495.00	527.25
5945	521.00	581.25	499.00	529.00
5945	525.25	587.00	501.50	531.75
5945	530.00	589.75	505.50	535.00
5945	536.00	594.75	508.25	538.25
5945	541.50	605.25	510.50	541.50

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores máximos de los cuatro cilindros se alcanzan a 5945 RPM que coincide con las revoluciones máximas, los cuales se dividen en:

CILINDRO 1: 541.50 ° C

CILINDRO 2: 605.25 ° C

CILINDRO 3: 510.50 ° C

CILINDRO 4: 541.50 ° C

En esta ocasión se tiene el valor de temperatura máxima en el cilindro número 2, mientras que la temperatura mínima es compartida tanto por el primer y cuarto cilindro.

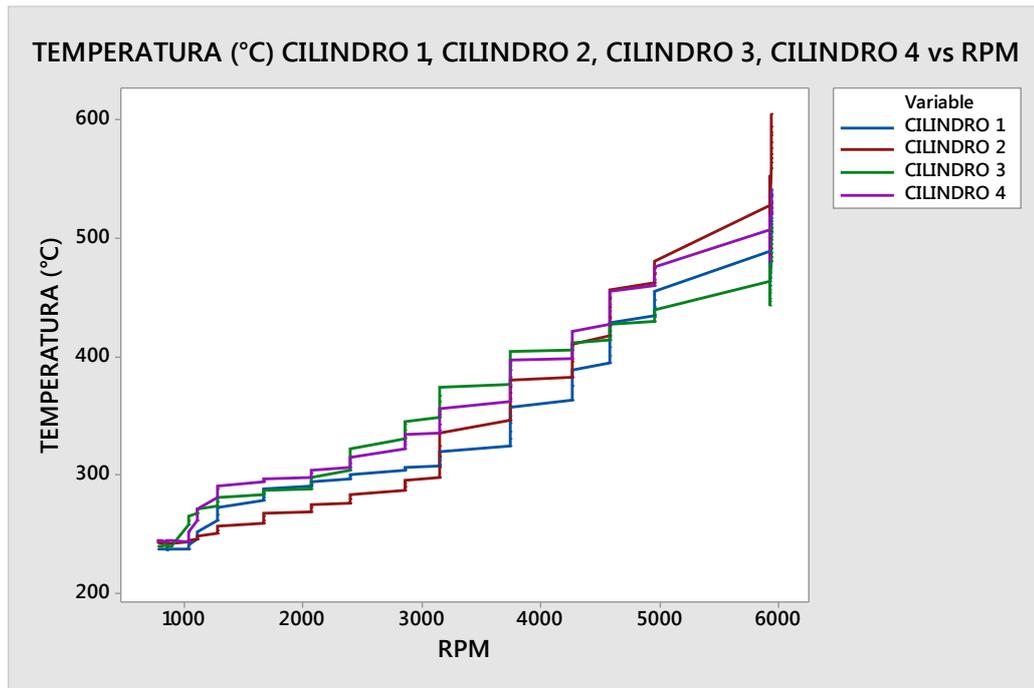


Gráfico 8-2: Curvas de temperatura ensayo 3
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

En la gráfica se muestra que los valores de temperatura alcanzados superaron a las anteriores pruebas tanto en el máximo y mínimo valor.

- **ENSAYO 4**

Los datos del cuarto ensayo se muestran en la siguiente Tabla 14-2:

Tabla 14-2: Resultados temperatura ensayo 4

ENSAYO 4 DE TEMPERATURA (°C) VS RPM

RPM	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
857	231.75	246.50	243.50	242.75
857	231.75	246.75	243.00	242.00
845	231.50	247.50	243.75	242.50
845	231.50	247.25	244.00	242.25
845	231.25	247.25	244.00	242.25
845	231.25	247.75	243.50	242.50
845	230.75	247.75	244.00	242.25
857	231.50	248.00	243.75	242.75
857	231.50	247.50	243.75	242.75
857	231.50	248.00	244.00	242.00
857	231.75	248.25	244.00	242.75
857	231.50	248.25	244.25	242.75
857	231.25	248.25	244.50	242.75
983	231.75	248.50	244.75	242.75
983	231.25	248.75	244.75	243.25
1333	231.50	248.75	244.25	243.00
1333	234.25	248.75	245.75	244.75

1333	242.00	250.00	251.00	250.25
1333	251.50	251.50	258.00	257.00
1333	262.00	255.50	265.00	264.00
1333	272.25	258.00	271.50	277.50
1713	282.25	263.25	277.00	284.00
1713	291.50	265.75	282.75	289.25
1713	299.00	270.00	287.75	293.25
1713	303.25	271.75	291.50	296.25
1713	303.50	273.00	295.50	299.50
2143	303.25	274.25	296.75	300.75
2143	304.50	275.50	299.25	303.75
2143	307.00	277.50	301.00	305.75
2143	311.25	279.00	302.75	309.00
2143	318.25	280.25	308.50	319.25
2499	327.75	282.00	312.50	324.50
2499	336.75	283.25	318.00	329.75
2499	340.00	285.50	323.75	334.75
2499	338.50	287.25	330.00	339.75
2499	337.25	289.00	336.25	343.25
3155	337.75	291.50	338.00	345.25
3155	341.50	296.00	343.00	352.00
3155	349.50	301.50	348.00	358.25
3155	359.25	306.50	353.00	363.75
3155	370.75	312.50	358.25	367.75
3155	382.75	323.50	363.00	372.25
3740	393.75	330.00	368.25	375.25
3740	404.75	336.75	373.00	379.50
3740	414.50	343.00	377.25	382.50
3740	424.00	349.75	382.50	388.00
3740	428.50	353.25	388.00	390.00
4267	433.00	356.25	390.50	392.25
4267	441.75	360.00	395.25	397.75
4267	450.75	363.50	400.50	403.50
4267	460.25	367.00	405.50	408.50
4267	471.25	370.50	410.75	414.50
4267	482.25	375.00	415.50	421.00
4583	494.25	379.25	420.25	427.25
4583	505.25	383.25	424.00	433.75
4583	510.75	387.25	428.25	439.25
4583	515.50	392.50	433.00	445.25
4583	519.75	397.50	437.50	451.25
4964	525.00	402.00	444.00	457.00
4964	528.75	406.75	450.75	463.25
4964	531.25	411.50	457.25	469.50
4964	531.00	417.00	465.50	475.75
4964	531.25	422.75	473.50	481.50
5404	531.25	427.00	478.25	486.00
5404	531.25	433.50	482.75	490.75

5404	532.50	439.25	488.00	496.00
5404	534.50	444.75	493.00	502.00
5404	537.25	449.75	497.75	507.75
5971	541.00	456.00	501.75	513.50
5971	545.75	461.25	505.75	516.25
5971	552.00	467.00	508.75	518.00
5971	561.25	472.25	511.75	520.00
5971	569.25	477.25	514.25	521.25

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores máximos de los cuatro cilindros se alcanzan a 5971 RPM que coincide con las revoluciones máximas, los cuales se dividen en:

CILINDRO 1: 569.25 ° C

CILINDRO 2: 477.25 ° C

CILINDRO 3: 514.25 ° C

CILINDRO 4: 521.25 ° C

En esta ocasión se tiene el valor de temperatura máxima en el cilindro número 1, mientras que el cilindro dos es el que presenta el valor más bajo de temperatura

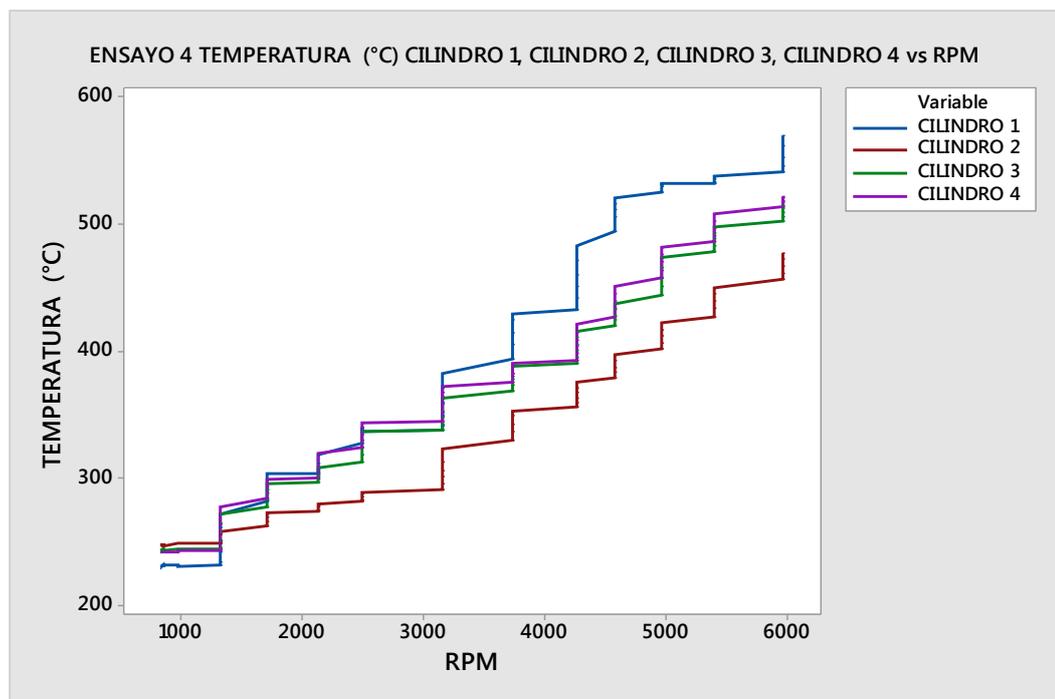


Gráfico 9-2: Curvas temperatura ensayo 4

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

La Gráfico de las temperaturas del ensayo 4 muestra un crecimiento constante en cada una, sin muchos picos en los regímenes del motor.

- **ENSAYO 5**

Los valores del ultimo ensayo se muestran en la Tabla 15-2:

Tabla 15-2: Resultados temperatura ensayo 5

ENSAYO 5 DE TEMPERATURA (°C) VS RPM				
RPM	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
870	234.00	243.25	233.50	242.75
870	233.75	243.25	233.75	242.25
845	234.25	243.75	234.25	242.50
845	234.00	243.50	234.00	243.00
857	233.50	243.75	234.00	243.25
857	233.50	243.25	234.25	243.00
822	233.25	243.75	234.25	244.00
822	233.50	243.75	234.50	243.75
857	233.75	243.50	234.50	244.00
857	233.75	243.25	234.50	244.75
857	234.00	243.75	234.75	244.75
857	233.75	243.25	234.00	244.50
857	234.75	243.25	234.75	244.75
857	235.00	243.75	234.50	245.25
857	235.00	243.75	234.75	246.00
857	235.75	244.00	235.00	245.75
983	235.75	243.50	234.50	246.00
983	236.00	243.75	235.00	246.00
983	236.50	244.00	235.00	246.25
1304	236.75	244.00	235.50	245.50
1304	238.75	244.50	235.25	246.00
1304	247.75	245.25	236.00	246.75
1666	263.50	247.00	237.75	251.00
1666	276.25	248.75	239.50	256.75
1666	287.75	251.75	243.50	263.00
1999	298.25	254.75	248.25	269.00
1999	303.50	258.75	249.75	272.25
1999	307.50	262.00	253.00	274.25
1999	311.50	265.00	255.25	277.00
1999	313.25	269.00	257.25	278.75
2222	315.00	272.00	259.50	281.50
2222	317.25	275.25	261.25	283.75
2222	319.00	278.00	263.00	285.75
2500	321.00	280.25	265.25	287.50
2500	322.50	282.50	266.75	291.50
2727	324.25	285.00	269.25	293.00
2727	325.75	287.25	271.00	294.75
2727	327.25	290.00	272.75	296.25
2997	328.00	292.25	274.50	298.25
2997	329.25	295.00	276.75	299.25

2997	328.75	297.50	278.75	300.50
3525	330.50	300.25	281.25	309.00
3525	333.50	315.00	290.75	318.00
3525	335.50	329.00	300.75	328.25
3525	338.25	342.50	309.75	338.00
3525	341.50	371.00	321.00	348.00
3743	344.50	387.25	342.00	357.25
3743	349.75	395.50	352.75	363.75
3743	358.00	398.75	362.50	369.75
3743	366.50	399.50	371.75	375.50
3743	377.75	402.75	378.50	383.25
4265	380.25	404.00	380.75	386.00
4265	384.25	409.25	385.75	392.00
4265	388.00	415.50	391.50	398.50
4265	392.50	423.00	397.00	405.50
4265	396.00	430.00	404.25	413.00
4265	399.00	436.75	411.50	422.50
4970	403.00	444.50	417.75	431.25
4970	406.75	454.25	424.50	440.50
4970	412.75	466.75	431.00	449.75
4970	415.50	479.50	437.25	457.75
5407	418.25	491.25	443.25	466.75
5407	421.00	501.25	449.00	474.75
5407	424.25	506.00	454.50	483.00
5412	427.75	510.25	460.25	489.50
5412	432.50	514.25	465.50	492.25
5412	441.50	518.50	470.25	494.75
5412	445.25	522.50	475.00	497.50
5412	448.50	525.75	480.25	500.00
5966	451.75	529.25	485.50	502.00
5966	455.00	533.25	491.75	504.75
5966	457.50	536.25	497.75	506.75
5966	461.25	540.00	504.00	508.50
5966	467.00	543.75	510.50	510.00
5967	470.25	546.75	516.00	511.25
5967	472.75	549.75	521.75	512.50
5967	475.50	552.25	524.00	513.50
5967	478.50	554.25	527.50	515.25
5967	481.25	556.75	530.25	516.75

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Los valores máximos de los cuatro cilindros se alcanzan a 5967 RPM que coincide con las revoluciones máximas, los cuales se dividen en:

CILINDRO 1: 481.25 ° C

CILINDRO 2: 556.75 ° C

CILINDRO 3: 530.25 ° C

CILINDRO 4: 516.75 °C

En esta ocasión se tiene el valor de temperatura máxima en el cilindro número 2 , mientras que el cilindro uno es el que presenta el valor más bajo de temperatura

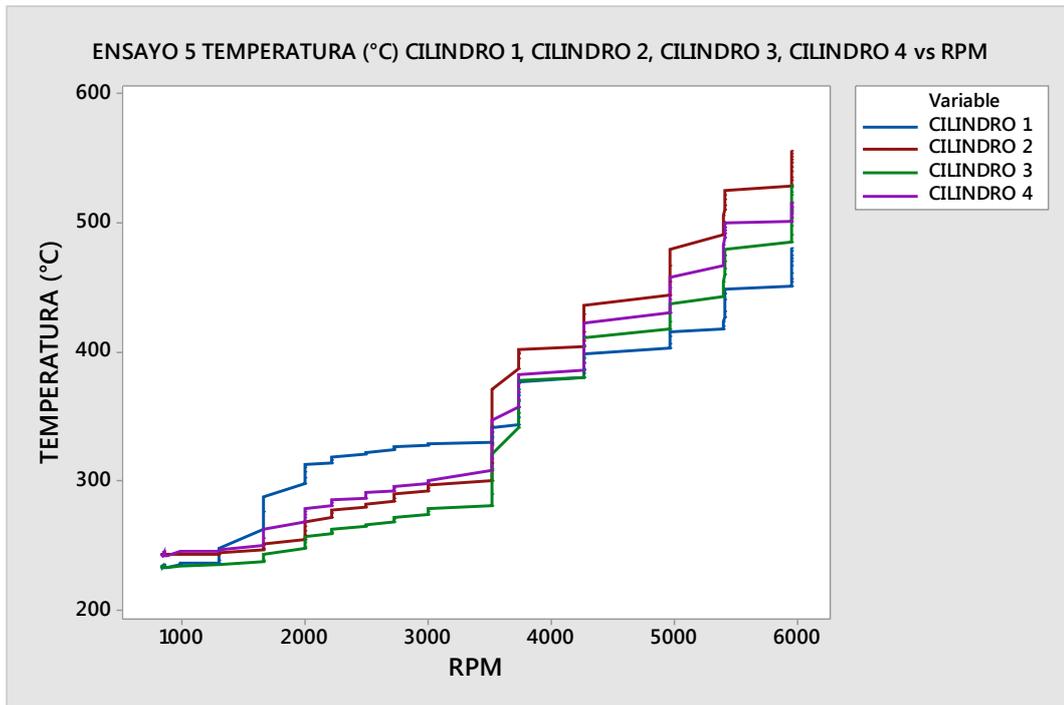


Gráfico 10-2: Curvas temperatura ensayo 5
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

La Gráfico que representa los valores de temperatura presenta una tendencia creciente en cada cilindro siendo el numero 2 el que alcanza el pico más alto de la misma.

CAPITULO III

3 RESULTADOS

3.1 Tabulación de resultados

Una vez realizado las diversas pruebas en tiempo real y obtener resultados respecto al Torque, Potencia y Temperatura de cada cilindro del vehículo, se procede a tabular los datos como se observa en la Tabla ..., Obteniéndose un total de 93 mediciones en un rango ascendente del régimen del motor de 860 rpm a 5940 rpm, un rango adecuado a considerar dentro del funcionamiento promedio del motor respecto a los ciclos de conducción.

Tabla 1-3: Resultado de los ensayos de torque-potencia y temperatura

No	RPM	TORQUE	POTENCIA	C1	C2	C3	C4
1	869,57	5,76	0,75	271,25	254,75	243,50	243,75
2	869,57	9,20	1,14	271,25	254,50	244,00	244,00
3	799,98	13,21	1,63	271,00	255,00	243,50	243,50
4	799,98	17,35	1,98	271,75	254,75	244,25	244,50
5	882,24	21,14	2,41	271,75	255,00	244,25	244,75
6	882,24	24,58	3,09	272,00	255,25	244,25	244,75
7	833,23	27,39	3,44	272,25	255,50	244,50	244,25
8	833,23	29,22	3,47	272,25	255,50	244,75	244,00
9	833,23	30,76	3,65	272,75	255,50	244,50	244,50
10	857,12	32,52	3,97	273,50	255,25	244,50	244,25
11	857,12	34,07	4,16	273,25	255,25	244,50	244,25
12	844,97	34,98	4,27	273,50	255,25	245,00	244,00
13	844,97	35,54	4,28	273,50	255,00	245,00	244,25
14	844,97	36,24	4,36	274,00	255,25	245,00	244,25
15	869,45	36,88	4,44	274,00	255,00	245,50	244,50
16	869,45	37,72	4,67	274,00	256,00	245,50	244,75
17	869,45	38,35	4,75	275,25	256,00	245,25	244,50
18	952,05	39,83	4,93	276,00	256,25	245,50	244,50
19	952,05	41,79	5,66	276,75	255,75	245,75	245,00
20	952,05	43,97	5,96	278,75	255,25	246,00	246,00
21	1199,48	44,81	6,07	280,00	255,50	246,50	246,50
22	1199,48	46,57	7,95	284,50	255,50	246,75	246,50
23	1199,48	49,03	8,37	289,00	255,75	249,00	247,50
24	1199,48	50,64	8,65	293,00	256,75	252,25	249,25
25	1394,73	53,24	10,57	297,00	258,25	256,50	251,00
26	1394,73	54,86	10,89	302,00	259,25	261,00	253,50
27	1537,84	56,12	11,14	307,25	261,75	264,00	256,50
28	1537,84	57,25	12,53	313,25	263,75	264,75	259,00
29	1537,84	58,09	12,72	318,25	266,75	264,00	262,25

30	1620,66	58,86	12,89	323,50	269,25	264,00	265,00
31	1620,66	59,49	13,73	328,50	271,25	264,00	267,50
32	1620,66	60,20	13,89	332,25	273,00	263,75	270,75
33	1764,02	60,90	15,29	337,00	278,50	264,00	272,75
34	1764,02	61,60	15,47	341,75	281,50	265,75	276,00
35	1764,02	62,30	15,65	347,25	285,50	268,75	278,50
36	1874,11	62,93	16,79	352,75	288,00	271,50	280,75
37	1874,11	63,57	16,96	358,50	290,75	274,25	283,50
38	1874,11	63,78	17,02	361,75	292,00	276,25	286,00
39	1934,05	64,13	17,11	364,25	294,00	277,75	288,50
40	1934,05	64,34	17,72	366,25	295,25	279,25	290,25
41	1934,05	64,83	17,85	369,50	296,00	281,25	292,75
42	1934,05	65,32	17,99	372,00	297,50	283,25	294,75
43	1934,05	65,53	18,04	374,50	297,75	285,25	297,00
44	2067,37	66,10	18,20	377,50	299,25	287,00	298,75
45	2067,37	66,87	19,68	379,50	301,75	288,75	300,25
46	2067,37	67,71	19,93	380,25	303,50	290,75	303,75
47	2220,33	68,91	21,78	380,25	313,00	292,50	305,50
48	2220,33	69,68	22,03	381,00	315,25	294,00	306,75
49	2221,36	70,31	22,23	382,50	317,75	295,25	308,00
50	2221,36	71,15	22,50	384,50	325,75	297,00	309,00
51	2221,36	71,50	22,61	386,50	328,25	298,75	310,25
52	2398,93	72,00	22,77	388,75	338,00	300,00	311,25
53	2398,93	72,70	24,83	391,25	340,75	301,25	313,00
54	2398,93	73,12	24,97	393,00	343,75	302,50	315,00
55	2499,96	73,96	26,32	394,75	353,75	303,75	317,00
56	2499,96	74,81	26,62	396,50	356,00	304,75	318,75
57	2726,94	75,37	29,26	397,75	366,25	306,00	321,50
58	2726,94	76,00	29,51	400,75	364,75	307,00	324,00
59	2726,94	76,70	29,78	403,50	366,25	308,75	326,75
60	2856,41	77,12	29,94	403,50	367,75	309,50	328,25
61	2856,41	77,61	31,56	404,00	368,75	311,25	329,75
62	2856,41	77,90	31,68	404,50	373,25	312,00	331,25
63	2856,41	78,39	31,88	405,75	374,50	313,50	332,75
64	3154,28	78,88	32,08	407,25	375,25	315,00	334,00
65	3154,28	79,58	35,74	408,50	377,75	320,75	338,75
66	3154,28	80,28	36,05	409,50	380,25	327,50	344,75
67	3326,31	81,20	38,45	410,00	383,00	333,75	350,50
68	3326,31	82,04	38,85	411,25	385,50	339,25	355,50
69	3326,31	82,95	39,28	412,25	387,50	346,00	360,75
70	3518,61	83,80	41,98	413,00	388,75	353,50	366,75
71	3518,61	84,99	42,58	413,25	389,75	361,00	374,25
72	3740,26	85,69	45,63	414,00	390,25	370,00	382,00
73	3740,26	86,46	46,04	414,75	391,50	379,00	389,00
74	3985,03	87,10	46,38	414,50	396,00	387,50	396,00

75	3985,03	87,66	49,73	415,50	404,75	396,75	402,50
76	3985,03	88,22	50,05	415,25	415,25	405,25	408,25
77	4266,69	88,64	50,29	415,00	420,00	409,25	411,25
78	4266,69	89,06	54,10	414,00	436,75	412,00	414,00
79	4266,69	89,98	54,66	412,50	442,75	417,00	421,25
80	4264,51	90,61	55,01	409,25	448,50	422,25	423,00
81	4264,51	91,24	55,40	407,00	453,50	428,00	428,50
82	4582,35	92,44	60,30	408,75	464,75	441,50	439,00
83	4964,74	93,42	66,03	412,00	472,75	456,00	449,00
84	4964,74	94,26	66,63	414,75	481,00	474,75	459,00
85	4956,04	95,10	67,10	419,25	489,75	491,75	468,25
86	5400,94	95,74	73,61	424,25	499,75	504,00	482,75
87	5402,07	96,23	73,99	429,25	511,50	517,25	494,00
88	5402,07	96,58	74,28	434,50	524,00	532,75	509,50
89	5412,98	96,79	74,59	440,50	532,25	541,50	518,25
90	5412,98	96,93	74,70	446,75	541,00	550,00	526,25
91	5399,44	97,07	74,62	453,75	548,50	557,25	532,00
92	5399,44	97,14	74,67	461,00	554,25	564,00	539,25
93	5931,12	97,28	74,78	467,75	556,75	569,25	544,50

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

3.2 Gráficas de Torque y Potencia en relación con las temperaturas de los cilindros

Considerando los obtenidos y una vez tabulados se procede a la representación gráfica de la relación existente entre el Torque y Potencia del motor respecto a las temperaturas medidas en cada uno de los cilindros, de este modo se obtienen 4 Gráficos de dispersión para cada variable (Torque y Potencia) que evidencia de una manera gráfica la relación existente entre estas variables que más adelante de una manera matemática y estadística se constatará su correlación.

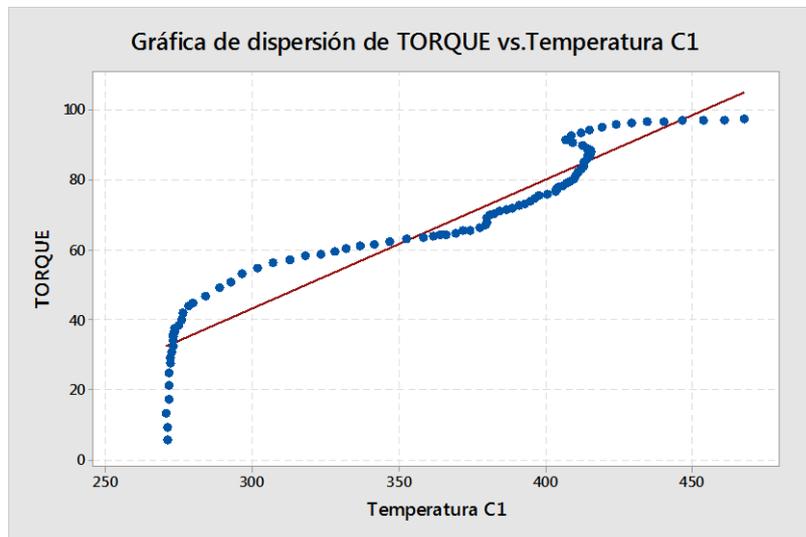


Gráfico 1-3: Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 1
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

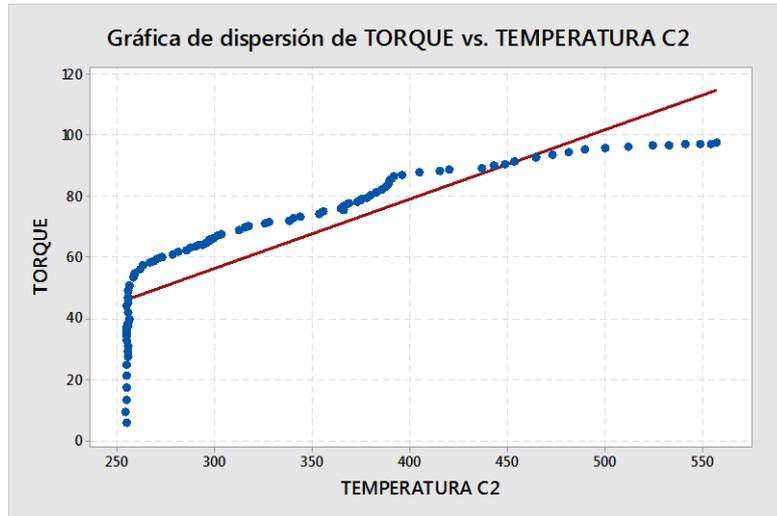


Gráfico 2-3: Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 2
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

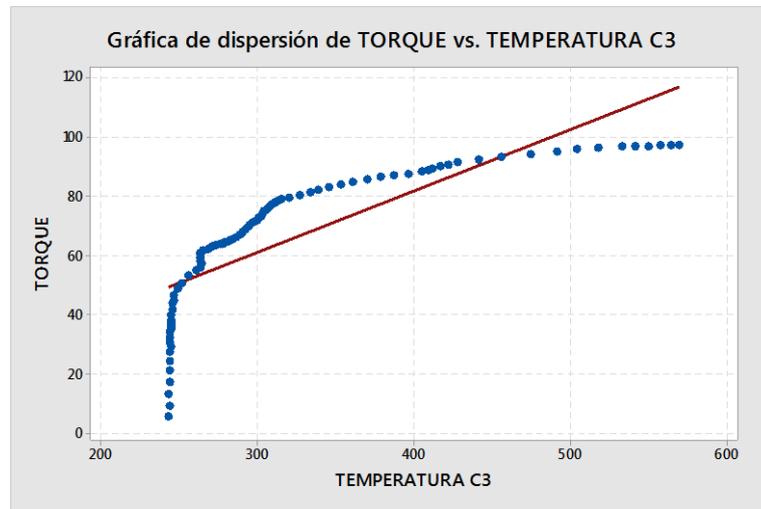


Gráfico 3-1: Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 3
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

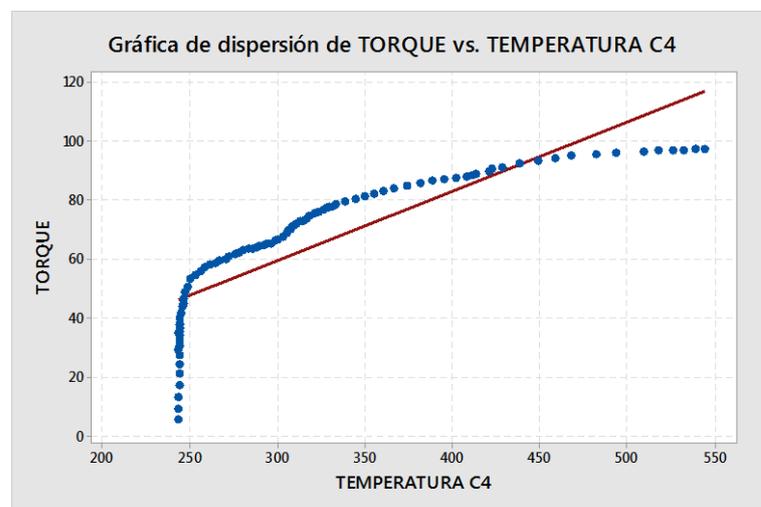


Gráfico 4-3: Gráfico dispersión de Torque Vs Temperatura cilindro 4
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

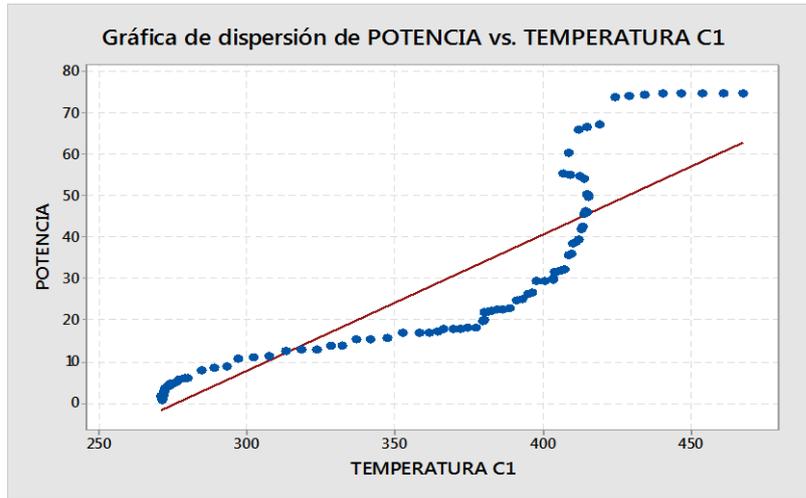


Gráfico 5-3: Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 1
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

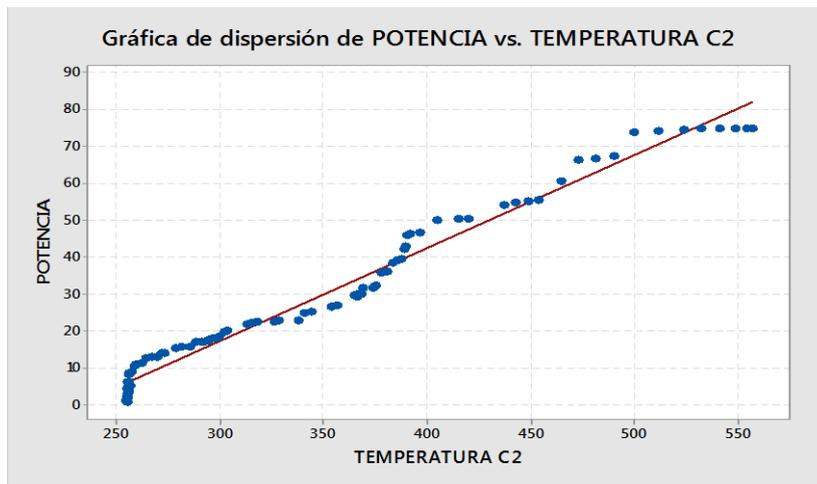


Gráfico 6-3: Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 2
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

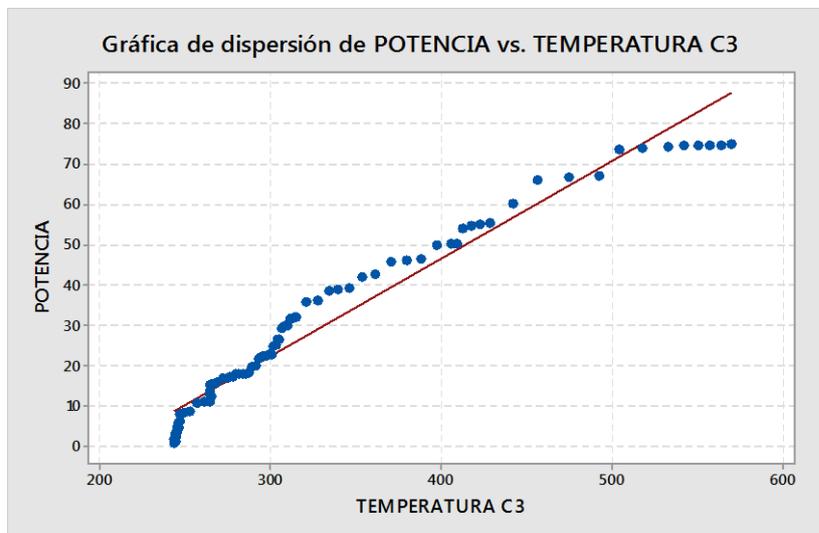


Gráfico 7-3: Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 3
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

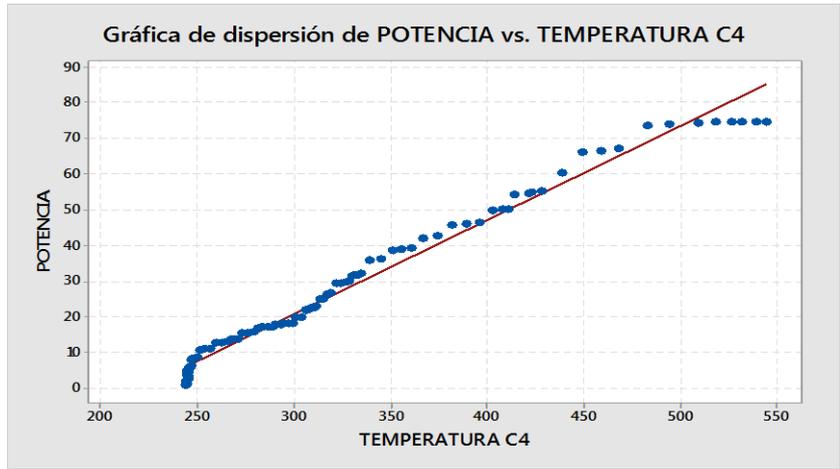


Gráfico 8-3: Gráfico dispersión de Potencia Vs Temperatura cilindro 4
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Como se observa en la gráfica de Torque y Potencia respecto a la temperatura del 1er cilindro, al comparar con el resto de los gráficos de la misma variable se destaca una variación en los datos, esto posiblemente puede ser por una mala combustión en el cilindro.

3.3 Modelo matemático por medio de regresión múltiple – Torque y Potencia respecto a la Temperatura

Se procede con la regresión de los valores de tabla obtenido, los cuales arrojan una serie de resultados que evidencian la correlación del Torque y Potencia respecto a la Temperatura del Motor, además de la observación realizada anteriormente respecto a la variación Gráfico en el primer cilindro respecto a Torque y Potencia, como se evidencia en la Gráfico ... y ... en las cuales al interactuar los valores de los cilindros entre si , se observa la variación respecto al primer cilindro.

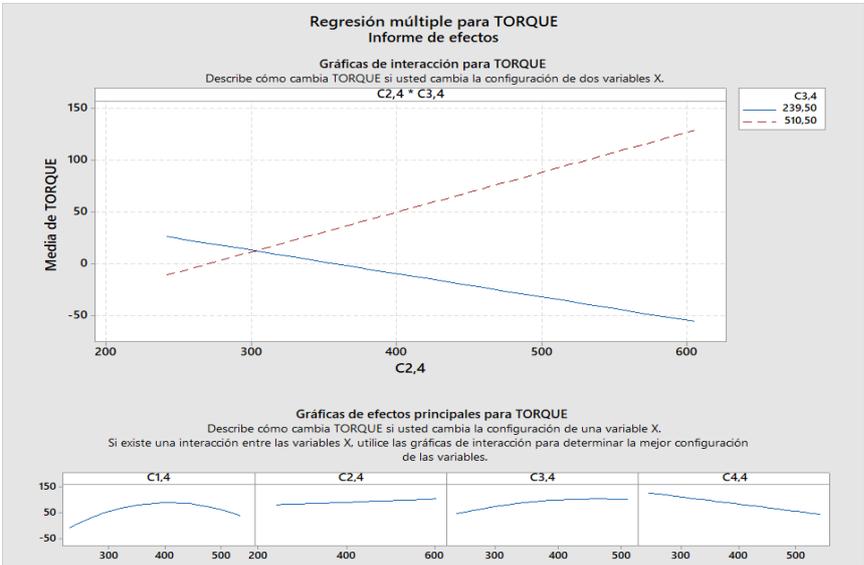


Gráfico 9-3: Modelo matemático regresión múltiple Torque-Temperatura
 Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

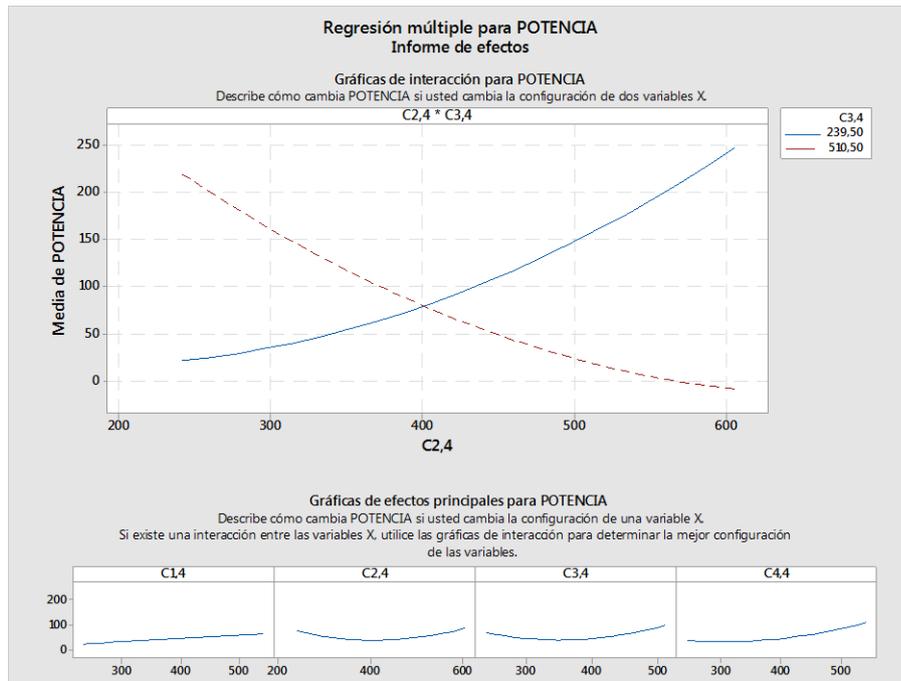


Gráfico 10-3: Modelo matemático regresión múltiple Potencia-Temperatura
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Por otro lado, el informe expuesto en la Gráfica ... y ... manifiestan que el número de datos medidos es lo suficientemente grande (93 valores) para lograr la estimación de la relación, además se consideran que son pocos los datos que no entran dentro del ajuste de la ecuación que se genera en la regresión, siendo apenas 4 valores no ajustados del Torque y 6 valores de la Potencia. Esto se constata igualmente en la Gráfico ... y ... que indica los residuos de entre los valores ajustados de la regresión.

Regresión múltiple para TORQUE		
Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Cantidad de datos		Su muestra es lo suficientemente grande (n = 93) para obtener una estimación precisa de la fuerza de la relación.
Datos poco comunes		<ul style="list-style-type: none"> Residuos grandes: 4 puntos de los datos tienen residuos grandes y no son ajustados adecuadamente por la ecuación. Estos puntos aparecen marcados en rojo en el Informe de diagnóstico. Valores de X poco comunes: 2 puntos de datos tienen valores de X poco comunes, que pueden influir fuertemente en la ecuación del modelo. Estos puntos aparecen marcados en azul en el Informe de diagnóstico. Usted puede colocarse sobre un punto o utilizar la función de destacado de Minitab para identificar las filas de la hoja de trabajo. Puesto que los datos poco comunes pueden tener una influencia fuerte en los resultados, trate de identificar la causa de su naturaleza poco común. Corrija cualquier error de ingreso de datos o de medición. Considere eliminar los datos asociados a causas especiales y volver a realizar el análisis.
Normalidad		Debido a que usted tiene por lo menos 15 puntos de datos, la normalidad no representa un problema. Si el número de puntos de los datos es pequeño y los residuos no están normalmente distribuidos, el valor p utilizado para determinar si existe una relación significativa entre las X y Y pudiera no ser exacto.

Gráfico 11-3: Informe de regresión del Torque
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Regresión múltiple para POTENCIA Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Cantidad de datos		Su muestra es lo suficientemente grande ($n = 93$) para obtener una estimación precisa de la fuerza de la relación.
Datos poco comunes		<ul style="list-style-type: none"> Residuos grandes: 6 puntos de los datos tienen residuos grandes y no son ajustados adecuadamente por la ecuación. Estos puntos aparecen marcados en rojo en el Informe de diagnóstico. Valores de X poco comunes: 2 puntos de los datos tienen valores de X poco comunes, que pueden influir fuertemente en la ecuación del modelo. Estos puntos aparecen marcados en el Informe de diagnóstico. Usted puede colocarse sobre un punto o utilizar la función de destacado de Minitab para identificar las filas de la hoja de trabajo. Puesto que los datos poco comunes pueden tener una influencia fuerte en los resultados, trate de identificar la causa de su naturaleza poco común. Corrija cualquier error de ingreso de datos o de medición. Considere eliminar los datos asociados a causas especiales y volver a realizar el análisis.
Normalidad		Debido a que usted tiene por lo menos 15 puntos de datos, la normalidad no representa un problema. Si el número de puntos de los datos es pequeño y los residuos no están normalmente distribuidos, el valor p utilizado para determinar si existe una relación significativa entre las X y Y pudiera no ser exacto.

Gráfico 12-3: Informe de regresión de la Potencia
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

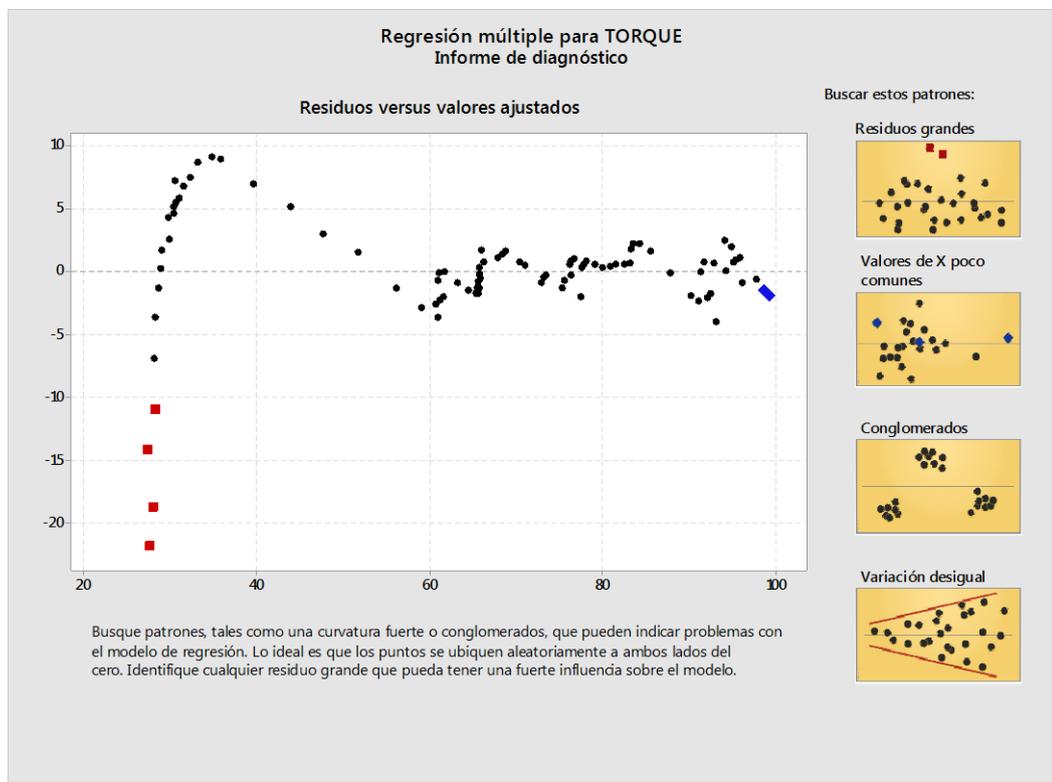


Gráfico 13-3: Residuos vs valores ajustados Torque
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

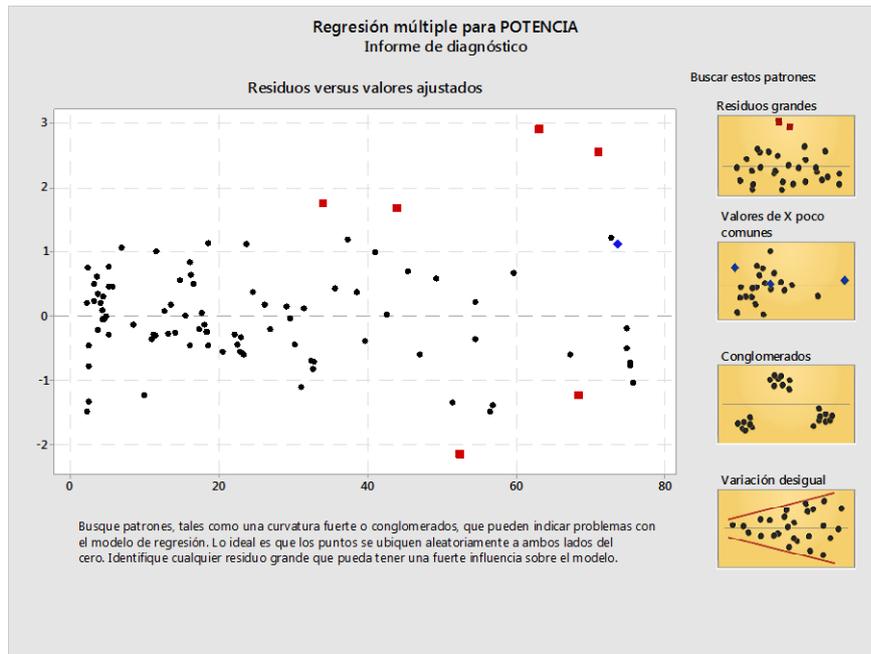


Gráfico 14-3: Residuos vs valores ajustados Potencia
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Respecto al análisis estadístico para la comprobación de la correlación del Torque y Potencia respecto de la temperatura de los cilindros el informe estadístico realizado en Minitab indica que en cuanto al Torque los valores ajustados presentan para el valor de “p” un valor por debajo de 0,10 y que el modelo generado explica un 96,03% del comportamiento de las variables, mientras que para la Potencia el valor “p” es igualmente menor a 0,10 y el modelo generado explica en un 99,86% como se evidencia en la Gráfica ... y ... , con lo que se verifica la correlación entre el Torque y Potencia en relación a la Temperatura de motor medida en los cilindros.

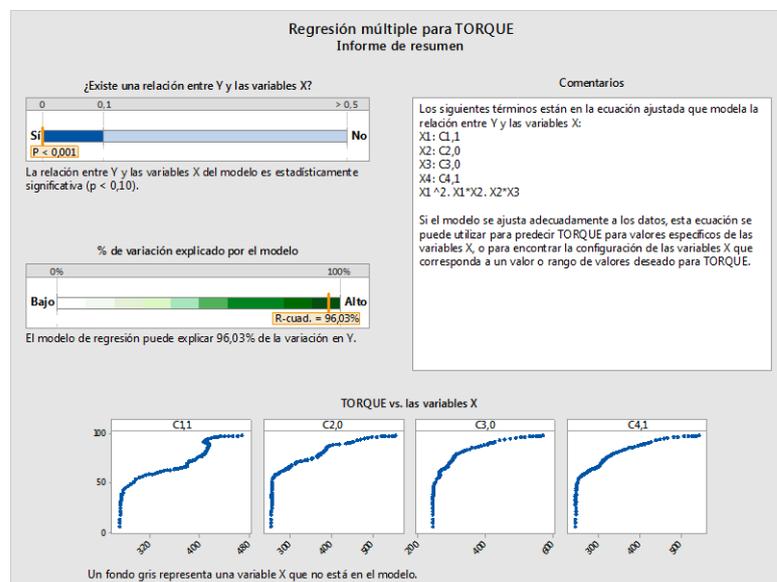


Gráfico 15-3: Informe resumen Torque
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

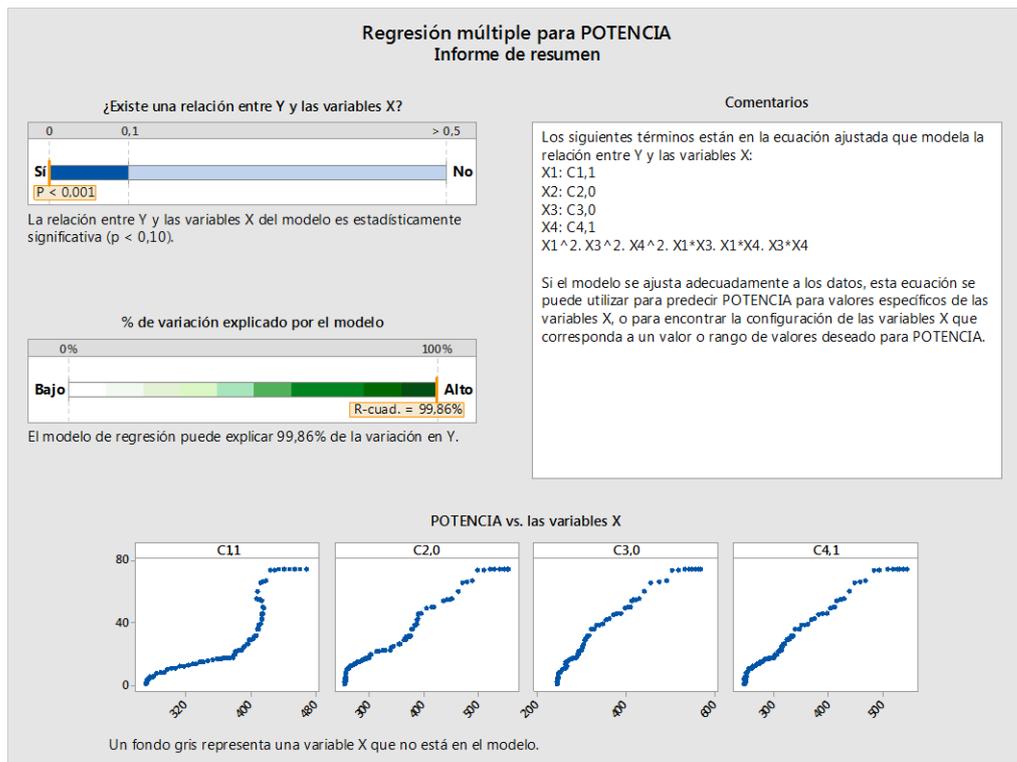


Gráfico 16-3: Informe resumen Potencia
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Por último, se presenta la regresión múltiple generando el modelo matemático que explica el comportamiento del Torque y la Potencia respecto a la temperatura medida en cada uno de los cilindros del motor como lo indican las gráficas, que dan como resultado las siguientes ecuaciones

$$T = -342,0 + 2,891 X_1 - 1,667 X_2 + 1,117 X_3 - 0,387 X_4 - 0,00656 X_1^2 + 0,00630 X_1 * X_2 - 0,001933 X_2 * X_3$$

$$W = -261,1 + 2,073 X_1 + 0,0972 X_2 + 4,312 X_3 - 5,110 X_4 - 0,007495 X_1^2 - 0,02726 X_3^2 - 0,05069 X_4^2 - 0,02979 X_1 * X_3 + 0,03954 X_1 * X_4 + 0,0742 X_3 * X_4$$

Donde:

T = Torque

W = Potencia

X_1 = Temperatura cilindro 1

X_2 = Temperatura cilindro 2

X_3 = Temperatura cilindro 3

X_4 = Temperatura cilindro 4

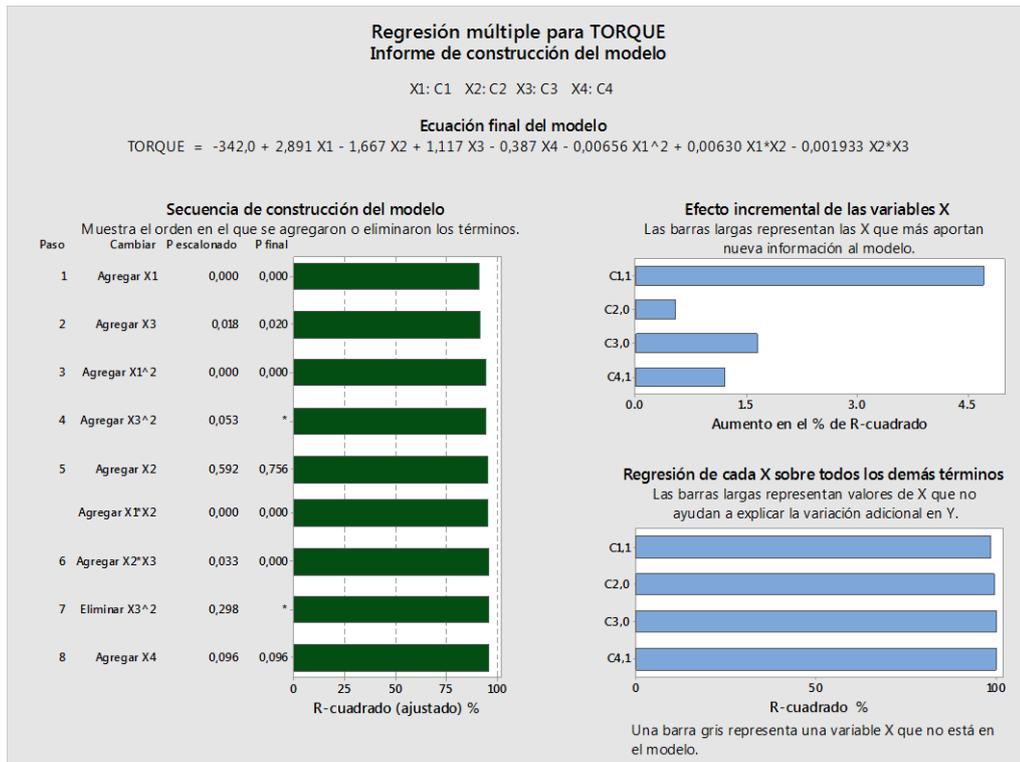


Gráfico 17-3: Informe construcción modelo matemático TORQUE
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

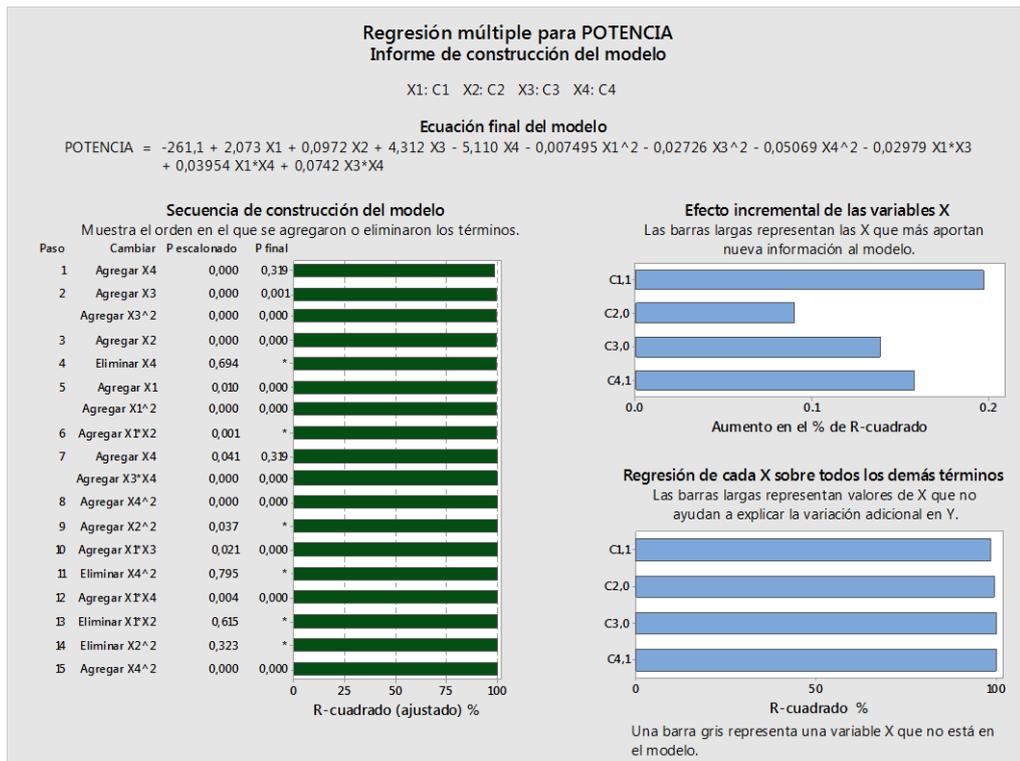


Gráfico 18-3: Informe construcción modelo matemático POTENCIA
Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

3.4 Análisis de Hipótesis

Dadas las ecuaciones que expresan la correlación entre Torque y Potencia en relación a la temperatura de los cilindros, las cuales a su vez cuentan con una confiabilidad estadística de un valor p menor a 0,1 y una exactitud que supera el 95% respecto al ajuste de los valores a las ecuaciones generadas, se puede concluir que se acepta la hipótesis alternativa que indica que existe una correlación entre el Torque y Potencia con la temperatura de los cilindros de motor.

Regresión de los mejores subconjuntos: TORQUE vs. C1,1. C2,0. C3,0. C4,1

la respuesta es TORQUE

Vars	R-cuad.	R-cuad. (ajust)	R-cuad. (pred.)	Cp de Mallows	S	C C C C			
						1	2	3	4
1	90,9	90,8	90,4	9,3	7,0485	X			
1	74,5	74,2	73,2	187,5	11,823		X		
2	91,5	91,3	90,8	5,3	6,8695	X	X		
2	91,4	91,2	90,7	6,2	6,9005	X		X	
3	91,9	91,6	90,9	3,2	6,7528	X	X	X	
3	91,7	91,4	90,9	4,9	6,8179	X	X	X	
4	91,9	91,5	90,9	5,0	6,7826	X	X	X	X

Gráfico 19-3: Regresión subconjuntos del Torque vs Temperatura

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

Regresión de los mejores subconjuntos: POTENCIA vs. C1,1. C2,0. ...

la respuesta es POTENCIA

Vars	R-cuad.	R-cuad. (ajust)	R-cuad. (pred.)	Cp de Mallows	S	C C C C			
						1	2	3	4
1	98,3	98,3	98,2	29,3	2,9308				X
1	97,9	97,9	97,8	55,2	3,2367	X			
2	98,7	98,6	98,5	6,0	2,6139		X	X	
2	98,6	98,6	98,5	8,0	2,6419	X		X	
3	98,7	98,7	98,6	3,6	2,5650	X	X	X	
3	98,7	98,7	98,6	3,9	2,5692	X	X	X	
4	98,7	98,7	98,5	5,0	2,5709	X	X	X	X

Gráfico 20-3: Regresión subconjuntos de la Potencia vs Temperatura

Realizado por: (PADILLA, F & GAULLO, L, 2022)

CONCLUSIONES

- Se logró presentar los contenidos y fundamentos de los conceptos necesarios relacionados con los temas de curvas paramétricas, emisiones y temperatura a través de una exhaustiva revisión bibliográfica de artículos científicos, libros y páginas web especializadas.
- Se pudo instrumentar dispositivos tales como termómetros digitales, termocupla tipos K, dinamómetros, Arduino Uno los cuales permitieron conocer en tiempo real las emisiones y temperatura que generaron el motor durante un ciclo de conducción.
- Se logró comprobar los datos de las pruebas alcanzadas de los datos del motor de combustión interna a utilizar a través de pruebas en un banco dinamométrico de chasis, revisando los valores de torque y potencia respecto a las revoluciones del motor los cuales fueron tabulados y graficados para su análisis comparativo.
- Se realizó un análisis comparativo respecto de los datos obtenidos en las pruebas dinamométricas a diferentes regímenes del motor enfocado en los datos de temperatura de cada cilindro con el fin de generar un modelo matemático y estadístico que permita confirmar la correlación entre el torque y potencia del motor con la temperatura que genera el mismo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la instrumentación de dispositivos que permita conocer emisiones y temperatura de diversos modelos de motores y vehículos con el fin de alcanzar una base de datos amplia subida a la nube para futuras comparaciones.
- Se recomienda comparar los diversos valores que se puedan obtener del motor de combustión interna a utilizar mediante pruebas en un banco dinamométrico de chasis de diversos vehículos con el fin de generar modelos matemáticos que puedan ilustrar de manera general los comportamientos de torque y potencia del motor
- Se sugiere realizar análisis comparativos al obtener datos de presiones en el motor por medio de la instrumentación necesaria con el fin de generar modelos matemáticos que predigan los valores a alcanzar en función del torque y potencia de motor.

GLOSARIO

- **Dinamómetro:** Instrumento utilizado para la medición del torque y potencia generados por el motor, esto mediante una serie de instrumentos que recolectan datos en tiempo real del mismo.
- **Curvas paramétricas:** Son el conjunto de variables presentes en el funcionamiento del motor sean estas el torque, potencia rendimiento, entre otras.
- **Modelo matemático:** Representación Gráfico de la relación entre una o mas variables, que nos permiten determinar el comportamiento futuro de las mismas, dando un precedente para el análisis de hipótesis.
- **Rendimiento:** Es la diferencia entre la energía utilizada para realizar un trabajo contra la energía que se tiene al final de ese trabajo.
- **Termocupla:** Instrumento utilizado para la medición de temperatura en áreas de ingeniería o ciencias, en las que se requiere grandes prestaciones y un diseño optimo. Las mismas van a estar determinadas según el diseño y material de fabricación del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARANGO GÓMEZ, J. E., SIERRA VARGAS, F. E., & SILVA LEAL, V.** "Análisis exploratorio de investigaciones sobre los motores de combustión interna que trabajan con biogás". *Tecnura* [En línea], 2014(Colombia), 18(39), pp.152-164.[Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v18n39/v18n39a12.pdf>
- ARAQUE, J. O., FYGUEROA, S., & MARTÍN, M.** "Mecanismo para medir temperatura en la cara del pistón de un motor de combustión interna Device to measure temperature on piston top of an internal combustion engine" . *Revista Ciencia e Ingeniería* [En Línea], 2000(Venezuela), 21(2), pp. 9-13. [Consulta: 02 febrero 2021]. Disponible en: https://kipdf.com/j-o-araque-m-s-fygueroa-s-y-m-martin-v-grumote-escuela-de-ingenieria-mecanica-ul_5acc383f7f8b9acc4c8b465d.html
- CAPUTO, D. C.** "Caracterización del fluido de trabajo para motores de Ciclo Otto a cuatro tiempos y su utilización en el ciclo indicado previsto". *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica* [En línea] 2015(Argentina), pp. 80-88. [Consulta: 02 de febrero 2021]. Disponible: https://www.academia.edu/34256859/Caracterizaci%C3%B3n_del_fluido_de_trabajo_para_motores_de_ciclo_Otto_a_cuatro_tiempos_y_su_utilizaci%C3%B3n_en_el_ciclo_indicado_previsto
- CASTILLO, J. J., & BERNAL, R. G.** "Medición de temperatura en distintas partes en un motor de combustión interna a velocidades 800 y 1000 rpm. *Ciencia Nicolaita* [En línea], 2022,(Mexico) 83(2), pp.20-30. [Consulta: 20 enero 2022]. ISSN: 2007-7068. Disponible: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/566>
- CASTILLO, J., ROJAS, V., & MARTÍNEZ, J.** "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". *Revista Politécnica* [En línea], 2017, (Ecuador) 36(1), pp.49-57. [Consulta: 05 marzo 2021]. ISSN 2477-8990. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-01292017000100049&lng=pt&nrm=iso
- CAVALIERI, F. J.** "Análisis de fatiga en válvulas de motores de combustión interna a elevada temperatura", *Mecánica Computacional* [En línea], 2009,(Argentina) 28(2) , pp. 915-933, [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/2777/2717>

CONESA, J. A. Motor de combustión interna (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad de Alicante, Ingeniería y Arquitectura. Alicante 2011, pp. 20-23. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17062/1/motorcombustioninterna.pdf>

FLÓREZ, J. A. "*Motores alternativos de combustión interna*" [En línea]. España-Cataluña ECFOTO, SL(2005) [Consulta: 23 de marzo 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36805/9788498802368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GARCIA MARIACA, A., CENDALES LADINO, E. D., & ESLAVA SARMIENTO, A. F. "Motores de combustión interna (MCI) operando con mezclas de etanol gasolina: revisión". Ciencia e Ingeniería Neogranadina [En Línea], 2005,(España) 26(1), pp.75-96. [Consulta: 20 de febrero 2021], ISSN: 0124-8170, Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rcin.1626>

GONZÁLEZ VALDÉS, R. P. "Consumo de combustible de los motores de combustión interna". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea], 2010, (Cuba) 19(1), pp.1-6.[Consulta: 12 Abril 2021], ISSN: 1010-2760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93218954001>

GUAMÁN, E. R. Parámetros del Múltiple de Escape para su Diseño Computacional: una revisión". Información tecnológica [En línea], 2019, (Ecuador) 30(6), pp:255-268. [Consulta: 10 enero 2021], ISSN 0718-0764. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000600255&lang=pt

GUASUMBA-MAILA, J. E. "Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento". Polo del Conocimiento [En línea], 2021, (Ecuador) 54(6), pp.603-621.[Consulta: 16 mayo 2021], ISSN: 2550 - 682X, Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/2167/4330>

HEIDENREICH, E., RIVAS, J., & IMBRIOSCIA, G. "Estudio de distribución de temperatura en un motor mono-cilíndrico de combustión interna aplicando el método de elementos finitos". IV Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica [En línea]. 2014 ,(Argentina) [Consultado: 20 febrero 2021]: Disponible en: <http://repositorio.unlz.edu.ar:8080/handle/123456789/45>

JOSÉ, R. D., & MARTA, M. D. *Motores de combustión interna [En línea]* . España-Madrid, 2015. [Consulta: 8 abril 2021]. Disponible en: <https://lopezva.files.wordpress.com/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>

LAPUERTA, M. e. "Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna Parte 1: Funcionamiento ". Información tecnológica [En línea], 2006, (Chile) 17(5), pp. 21-30 [Consulta: 10 abril 2021], ISSN 0718-0764, Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005

LLANES-CEDEÑO, E. A. "Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección". Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología [En línea], 2019, (Ecuador) 22(1), pp.38-46. [Consulta: 10 febrero 2021], ISSN 1390-650X, Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2019000200038

MANTILLA, J. M. Modelado de la combustión de mezclas gasolina-etanol en motores de combustión interna [En línea] (Trabajo de titulación) (Doctorado). Escuela de Procesos y Energía, Facultad de Minas, Colombia, 2010 [Consulta: 20 marzo 2021], Disponible en : <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7168>

MANTILLA, J. M., GALEANO, C. H., & OCHOA, J. L. Prediseño y simulación de un sistema de inyección directa para un motor de combustión interna de dos tiempos. Scientia et technica [En línea], 2007, (Colombia) 13(34), pp.267-272.[Consulta: 10 enero 2021], ISSN 0122-1701: Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4807984.pdf>

OBREGON, L. e. "Geração de energia elétrica utilizando biomassa: revisão de técnicas de modelagem matemática". Salão do Conhecimento [En línea], 2020, (Brasil) 2(6). pp. 1-10, [Consulta: 20 febrero 2021], Disponible en: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/185>

OJEDA, F. W. "Modelado y simulación de un sistema de enfriamiento para mantener la temperatura de trabajo de un dinamómetro hidráulico". Revista colombiana de tecnologías de avanzada (RCTA) [En línea], 2019, (Colombia) 1(33), pp.78-84, [Consulta: 20 febrero 2021]. ISSN: 1692-7257. Disponible en: <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1341>

PADILLA-PADILLA, C. A. "Análisis del torque y potencia de un motor de combustión interna con mezcla de etanol-gasolina en diferentes concentraciones y la influencia en el sistema de inyección". *Dominio de las Ciencias* [En línea], 2021, (Ecuador) 7(3), pp.1482-1499, [Consulta: 16 marzo 2021], ISSN: 2477-8818, Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8229748.pdf>

PAYRI GONZÁLEZ, F., & DESANTES FERNÁNDEZ, J. "*Motores de combustión interna alternativos*" [En línea]. Valencia: Universitat politècnica de Valencia. ByPrint Percom S.L 2011. [Consulta: 3 marzo 2021]. Disponible en: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/130ad267-fe67-4ec7-8363-51b16ffe11a6/TOC_0809_04_01.pdf?guest=true

PIEDRAHITA, C. A., & SÁNCHEZ, Y. A. "Elementos de diseño de sistemas de enfriamiento de motores de combustión interna". *Scientia et technica* [En línea], 2007, (Colombia) 8(34), pp.261-266. [Consulta: 10 enero 2021]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934044>

RAMÍREZ, J. D. "Banco de instrumentación para el acondicionamiento y adquisición de señales provenientes de un motor de combustión interna" *Revista colombiana de tecnologías de avanzada* [En línea], 2019 ,(Colombia) 57(6). pp.26-37. [Consulta: 13 marzo 2021], Disponible en: https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/3300

ROMERO, C., & MONROY, M. "Modelado térmico de los motores de combustión". *El Hombre y la Máquina* [En línea], 2014, (Colombia) 44(1), pp.51-58. [Consulta: 10 marzo 2021], ISSN: 0121-0777, Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/478/47832683007.pdf>

ROMERO, P. D. "Sistemas de enfriamiento secundario de un motor de combustion interna (secondary cooling systems of an internal combustion engine)". *Pistas Educativas* [En línea], 2020, (Mexico) 42(137). [Consulta: 14 marzo 2021], Disponible en: <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2281>

SÁNCHEZ, S. A. "Diseño de un convertidor catalítico de baja temperatura para obtener metano sustentable a partir del CO₂ producido durante el funcionamiento de un motor de combustión interna". *Revista Tecnología Digital* [En línea], 2019, (Mexico) 9(1) pp. 19-27.[Consulta: 9 abril 2021], ISSN 2007-9400. Disponible en:

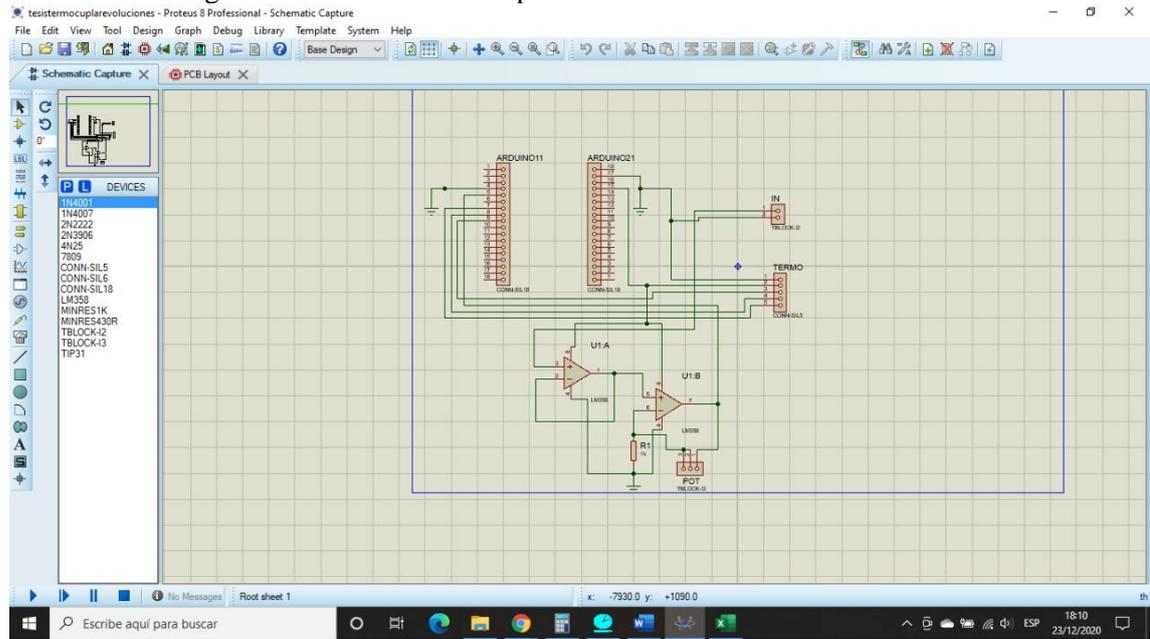
http://www.revistatecnologiadigital.com/pdf/09_01_003_disenio_convertidor_catalitico_baja_temperatura_metano_sustentable.pdf

TENANGO-PIRIN, O. "Análisis termoestructural de un pistón de motor de combustión interna con recubrimiento térmico". Instituto de Ingeniería y Tecnología [En línea], 2020, (Mexico) 12(2). pp.209-215. [Consulta: 12 septiembre 2021], ISSN 1946-535. Disponible en: <http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/15153/Analisis%20termoestructural%20de%20un%20piston.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

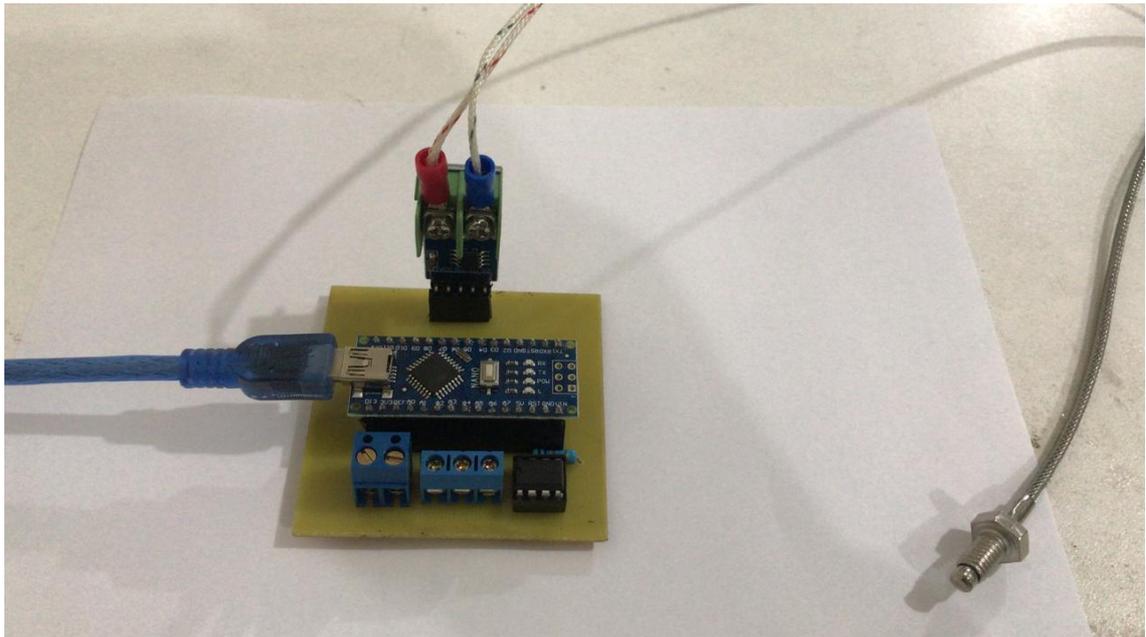
VILLAMAR, C. G., FYGUEROA, S. J., & MARTÍN, M. J. "Influencia de Algunos Parámetros sobre el Ciclo de un Motor de Encendido por Compresión". Información tecnológica [En línea], 2009, (Colombia) 18(39). pp.67-72.[Consulta: 23 marzo 2021], Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6964>

ANEXOS

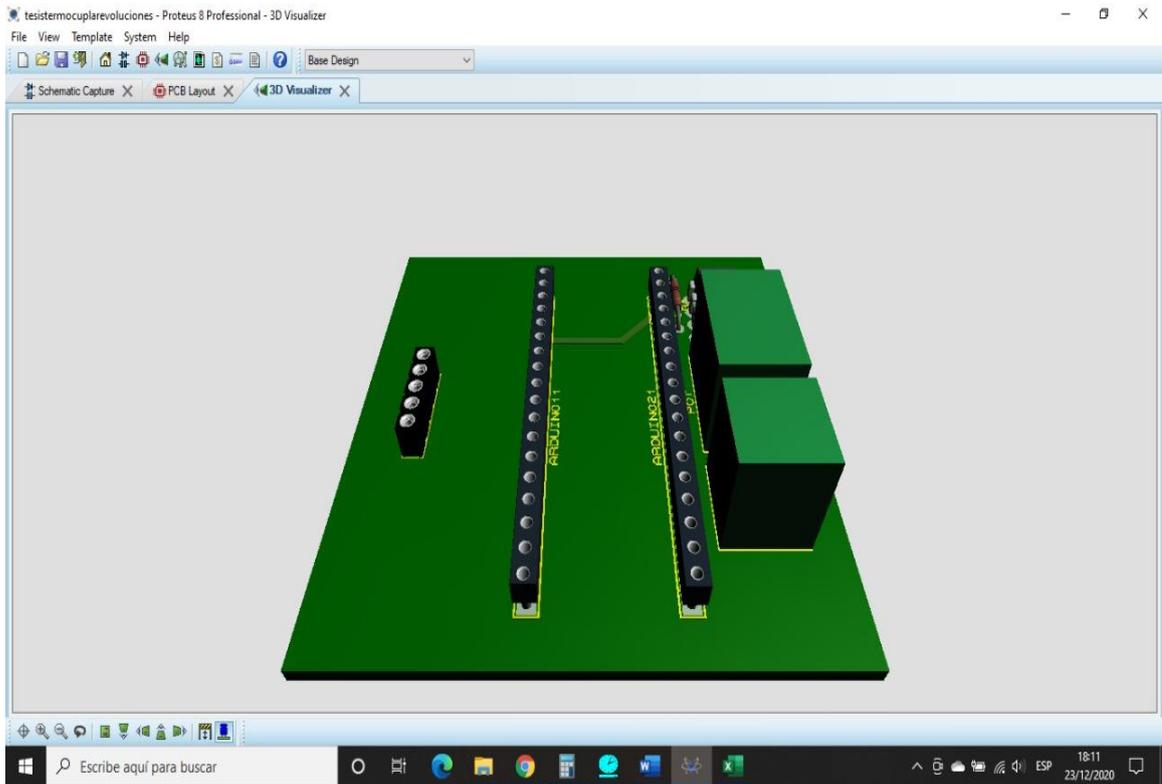
ANEXO A: Diagrama de medición de temperatura



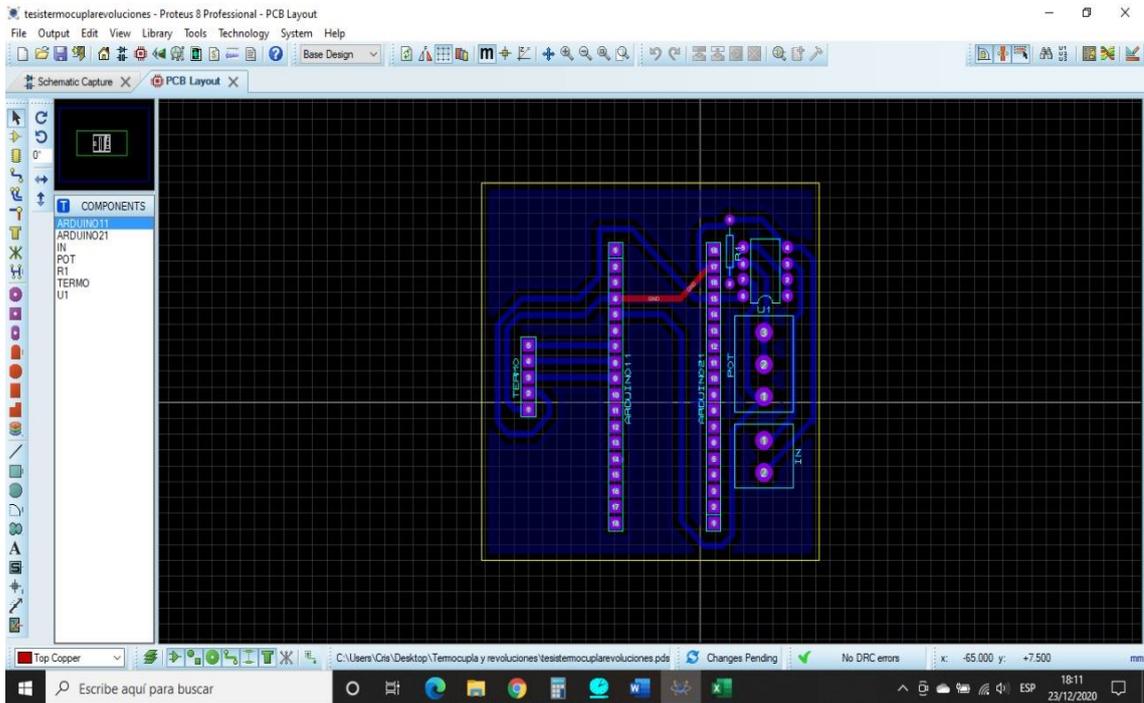
ANEXO B: Circuito Arduino armado



ANEXO C: Modelado en 3D del circuito Arduino



ANEXO D: Simulación del circuito



ANEXO E: Medición de valores de rendimiento del motor.



ANEXO F: Toma de datos de temperatura

