



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DETERMINACIÓN DE PAR Y POTENCIA REAL DE UN JETOUR X70 2022 CON
TECNOLOGÍA DOWNSIZING MEDIANTE EL USO DE BUJÍA CON SENSOR DE
PRESIÓN ADAPTADO Y PRUEBAS EXPERIMENTALES EN LA CIUDAD DE
CUENCA

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

AUTORES: CHRISTIAN MICHAEL GUAMÁN ANDRÉ
KEVIN ADRIÁN MERCHÁN ARCE
TUTOR: ING. ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

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

Nosotros, Christian Michael Guamán André con documento de identificación N° 1105972416 y Kevin Adrián Merchán Arce con documento de identificación N° 1150964870; manifestamos que:

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

Cuenca, 4 de julio del 2023

Atentamente,



Christian Michael Guamán André

1105972416



Kevin Adrián Merchán Arce

1150964870

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

Nosotros, Christian Michael Guamán André con documento de identificación N° 1105972416 y Kevin Adrián Merchán Arce con documento de identificación N° 1150964870, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Determinación de par y potencia real de un Jetour x70 2022 con tecnología Downsizing mediante el uso de bujía con sensor de presión adaptado y pruebas experimentales en la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 4 de julio del 2023

Atentamente,



Christian Michael Guamán André

1105972416



Kevin Adrián Merchán Arce

1150964870

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Adrián Xavier Sigüenza Reinoso con documento de identificación N° 0103827366, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DE PAR Y POTENCIA REAL DE UN JETOUR X70 2022 CON TECNOLOGÍA DOWNSIZING MEDIANTE EL USO DE BUJÍA CON SENSOR DE PRESIÓN ADAPTADO Y PRUEBAS EXPERIMENTALES EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Christian Michael Guamán André con documento de identificación N° 1105972416 y por Kevin Adrián Merchán Arce con documento de identificación N° 1150964870, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso, MSc.

0103827366

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico primeramente Dios por no abandonarme en ningún momento de mi vida, a mis padres Christian Guamán Espinosa y María André Sarmiento que me brindan siempre su apoyo incondicional, paciencia, confianza y constante sacrificio que se refleja en mi logro de vida como es mi culminación de mis estudios profesionales, se lo dedico a mis abuelos paternos Salvador Guamán y Gloria Espinosa y abuelos maternos Julio André y Edilma Sarmiento que siempre estuvieron conmigo apoyándome y brindando su amor incondicional.

Christian Michael Guamán André

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi madre Alicia Arce, la cual es el motor de mi vida, gracias a su sacrificio, esfuerzo, fe y confianza en mí, pude alcanzar mi objetivo, de llegar a ser un profesional. Por ella, todo, sin ella, nada. También se lo dedico a mi abuela Andrea Arce, mi tía Sabina Armijos y a mis hermanos.

Kevin Adrián Merchán Arce

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por cuidarme, protegerme y darme fuerzas en esta etapa de estudios universitarios, a mis padres por brindarme la herencia más importante como es el estudio y por forjarme como la persona que soy hoy en día, a mis abuelitos tanto paternos como maternos por ser un pilar fundamental en mis logros de vida, de igual manera a mis tíos que siempre en el día a día me demostraron su apoyo y me brindaron consejos, a mis primos y a cada uno de mis familiares y amigos que creyeron en mí y me apoyaron con un granito de arena para obtener este logro de vida que es la culminación de mis estudios profesionales.

A nuestro tutor Ing. Adrián Sigüenza que con su apoyo y asesoría nos guio no solo durante nuestro proyecto técnico si no durante todos nuestros ciclos universitarios siendo un gran apoyo y un gran docente.

Christian Michael Guamán André

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme poseer de buena salud, de darme la capacidad intelectual para sobrellevar la carrera sin ningún contratiempo, y darme la fuerza para superar la adversidad, cuando el camino se ponía difícil.

A mi madre y mi familia por apoyarme y confiar en mí, que, con su cariño y consideración a lo largo de esta etapa, me dieron la fuerza de continuar, prepararme y ser un mejor profesional y ser humano.

Un agradecimiento a mi docente tutor de tesis, el ING. Adrián Sigüenza, por ser un ejemplo a nivel profesional, y por la formación académica que nos brindó, es un ejemplo de docente comprometido con la enseñanza, la formación tanto académica como en valores

Kevin Adrián Merchán Arce

RESUMEN

Dado un incremento de la participación de mercado de vehículos chinos, los cuales han encontrado en Ecuador un nicho de mercado con vías a una expansión, y posicionarse como marcas influyentes, además, por su bajo costo y con tecnología incorporada la cual promete reducir peso y consumo, con un motor de cilindraje reducido, manteniendo iguales prestaciones mecánicas. Esta es la narrativa de marcas automotrices chinas, las cuales incentivan al cliente a optar por este tipo de vehículos.

Sin embargo y dada las condiciones ambientales como geográficas del país, las cuales son variables que pueden influir en el desempeño de este tipo de vehículos, se realizaron pruebas para determinar si lo que nos menciona el fabricante se acopla al desarrollo del vehículo en nuestro medio. De forma particular, partimos que, según la AEADE, uno de los SUV más vendidos en 2022 en la ciudad de Cuenca, fue el Jetour X70, el cual incorpora tecnología Downsizing, que hace referencia a la reducción del tamaño del motor, con el objeto de reducir el peso, consumo y emisiones, lográndolo mediante una sobrealimentación, comparando su potencia a un vehículo atmosférico de similares características.

Las pruebas se centran en la determinación de par y potencia, del vehículo de prueba, para esto se partió de conceptos, para modelar el comportamiento de estas variables, debido a factores que puedan tener un grado de influencia sobre las mismas, y buscar una alternativa para su cálculo. El concepto de Presión Media Efectiva se ajustó a un método, que, por medio de una señal provista por un sensor, es posible calcular las variables de respuesta ajustando un modelo matemático.

Se realiza un protocolo de muestreo, en donde se refleja todas las corridas experimentales, partiendo como eje, las variables las cuales tendrán un nivel de significancia en los resultados. Es importante saber cuáles son las variables de entrada, las que se pueden controlar y las que no. Esto para trabajar con un nivel de confianza en los resultados obtenidos. Por ende, se realizó la prueba dinámica tanto en el banco dinamométrico, como en carretera, a diferentes velocidades, en las cuales se pueda ver la influencia de la sobrealimentación en el vehículo.

Tomado los datos, se ajusta a un modelo matemático lo cual permite calcular la potencia y el par, que, mediante una gráfica, se pueda observar el comportamiento de las variables de respuesta, a diferentes velocidades, así comprobando si existe una mejora sustancial en el rendimiento del vehículo o no. Los datos tomados, como los resultados se trabajan con una confianza del 93% lo cual demuestra que los resultados exhibidos no muestran una diferencia estadística significativa, de esta forma validando la propuesta planteada.

Palabras Claves: Presión media efectiva, downsizing, prueba dinámica

ABSTRACT

Given an increase in the market share of Chinese vehicles, which have found a market niche in Ecuador with ways to expand, and position themselves as influential brands, given their low cost and incorporated technology which promises to reduce weight and consumption, with a reduced displacement engine, maintaining the same mechanical performance. This is the narrative of Chinese automotive brands, which encourage the customer to opt for this type of vehicle.

However, given the environmental and geographical conditions of the country, which are variables that can influence the performance of this type of vehicle, tests were carried out to determine if what the manufacturer mentions is coupled to the development of the vehicle in our environment. In particular, we start that, according to AEADE, one of the best-selling SUVs in 2022 in the city of Cuenca, was the Jetour X70, which incorporates Downsizing technology, which refers to reducing the size of the engine, in order to to reduce weight, consumption and emissions, achieving it through supercharging, comparing its power to an atmospheric vehicle with similar characteristics.

The tests focus on the determination of torque and power, of the test vehicle, for this we started from concepts, to model the behavior of these variables, given factors that may have a degree of influence on them, and look for an alternative to your calculation. The concept of Effective Mean Pressure was adjusted to a method, which, by means of a signal provided by a sensor, it is possible to calculate the response variables by adjusting a mathematical model.

A sampling protocol is carried out, where all the experimental runs are reflected, starting as an axis, the variables which will have a level of significance in the results. It is important to know which are the input variables, which can be controlled and which cannot. This to work with

a level of confidence in the results obtained. Therefore, the dynamic test was carried out both on the dynamometric bench, and on the road, at different speeds, in which the influence of supercharging on the vehicle can be seen.

Taking the data, it is adjusted to a mathematical model which allows us to calculate the power and torque, which, through a graph, allows us to observe the behavior of the response variables, at different speeds, thus checking if there is a substantial improvement in vehicle performance or not. The data taken, as well as the results, were worked with a confidence of 93%, which shows that the displayed results do not show a significant statistical difference, thus validating the proposed proposal.

Keywords: Mean effective pressure, downsizing, dynamic test.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 PROBLEMA.....	2
Antecedentes.....	2
Importancia y Alcances.....	3
Delimitación.....	3
3 OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
4 Capítulo I.....	5
Motor de Combustión Interna Gasolina de Cuatro Tiempos	5
<i>Aspectos Termodinámicos</i>	5
<i>Turbocompresor</i>	6
Ciclo de Funcionamiento: Ciclo Otto	8
<i>Ciclo Teórico Aire-Combustible</i>	8
<i>Ciclo Teórico Aire-Combustible</i>	9
<i>Etapas del Encendido de un Motor de Combustión</i>	10
<i>Factores que Influyen en el Rendimiento del Motor</i>	10
Par Motor y Potencia.	12
<i>Par</i>	12
<i>Potencia</i>	13
<i>Curvas Características de Par y Potencia</i>	14
Sensor y Parámetro Requeridos Para la Obtención del Par Motor y la Potencia	16
<i>Presión Media Efectiva</i>	16
<i>Sensor Piezoeléctrico</i>	17
Dispositivos Para la Toma de Datos y Pruebas	18
<i>Tarjeta De Adquisición De Datos DAQ Ni USB-6212</i>	18
<i>Banco Dinamométrico</i>	19
<i>Acople de Bujía Adapto Al Sensor</i>	20
Vehículo de Prueba (JETOUR X70).....	20

	<i>Características</i>	20
5	Capítulo II	21
	Metodología	21
	Obtención de Señales.....	21
	<i>Generalidades</i>	21
	<i>Desarrollo del Algoritmo</i>	22
	<i>Caracterización del Sensor</i>	23
	Pruebas Para la Obtención de Datos	26
	<i>Ensayo Experimental</i>	27
	Unidad Experimental	28
	<i>Variables de Estudio</i>	28
	<i>Variables de Bloqueo</i>	29
	<i>Variables de Ruido</i>	30
	<i>Variables de Respuesta</i>	30
	Desarrollo del Experimento	31
	<i>Pruebas Dinámicas</i>	31
	<i>Prueba en Banco Dinamométrico</i>	31
	<i>Protocolo de Muestreo en Banco Dinamométrico</i>	33
	<i>Prueba en Carretera</i>	34
	<i>Protocolo de Muestreo para Prueba de Carretera</i>	35
	Proceso de Cálculo de las Variables de Respuesta	38
	<i>Potencia</i>	39
	<i>Par</i>	40
6	CAPITULO III	42
	Análisis de Resultados	42
	Selección de Datos.....	43
	Determinación de Par y Potencia Basado en el Estudio Realizado Por (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017).....	44
	Validación de Ecuación General Por Medio de un Ajuste de Regresión Sobre el Vehículo Jetour X70	47
	Cálculo y Análisis de Potencia a Bajas Revoluciones a Velocidades Constantes	50
	Interpretación de Gráficas.....	52
	<i>Interpretación de Gráfica de Potencia</i>	52
	<i>Interpretación de Gráfica de Par</i>	53
7	CONCLUSIONES	54
8	RECOMENDACIONES	56
9	BIBLIOGRAFÍA	57
10	ANEXOS	61

Datos técnicos sensor piezoeléctrico	61
Ficha Técnica Jetour X70	63
Norma INEN 960	64
Captura de Par y Potencia Otorgadas por el Banco dinamométrico	73

Índice de Figuras.

<i>Figura 1</i> Ciclo real aire combustible	9
<i>Figura 2</i> Diagrama de cuerpo libre de un conjunto pistón, biela-manivela.....	12
<i>Figura 3</i> Curvas características de par, potencia y consumo.....	15
<i>Figura 4</i> Señal del sensor piezoeléctrico	16
<i>Figura 5</i> Sensor piezoeléctrico.....	18
<i>Figura 6</i> Pines del sensor piezoeléctrico	18
<i>Figura 7</i> Acople de bujía.....	20
<i>Figura 8</i> Esquema de conexión.....	22
<i>Figura 9</i> Algoritmo para la obtención de voltaje en LabVIEW	23
<i>Figura 10</i> Sensor acoplado en el banco CRDI	24
<i>Figura 11</i> Ventana de comando del software Matlab.....	25
<i>Figura 12</i> Algoritmo para la obtención de presión en el software LabVIEW	26
<i>Figura 13</i> Acople de bujía.....	27
<i>Figura 14</i> Acople instalado en el vehículo.....	27
<i>Figura 15</i> Proceso y preguntas para un diseño de experimentos	28
<i>Figura 16</i> Freno y rodillos dinamométrico.....	32
<i>Figura 17</i> Exportación de datos obtenidos por la tarjeta DAQ a Excel.....	32
<i>Figura 18</i> Prueba de temperatura con pirómetro.....	33
<i>Figura 19</i> acople con una extensión en los cables de los pines, para prueba en carretera	36
<i>Figura 20</i> extensión de los cables de pines del sensor para prueba en ruta.	36
<i>Figura 21</i> Ruta para prueba.....	37
<i>Figura 22</i> Adquisición de datos en prueba de ruta.....	38
<i>Figura 23</i> Grafica presión con filtro.....	39

<i>Figura 24</i> Comportamiento de la potencia en diferentes velocidades.....	40
<i>Figura 25</i> Comportamiento de par a diferentes velocidades.....	41
<i>Figura 26</i> Gráfica de 2500 datos obtenidos a 60km/h.....	43
<i>Figura 27</i> Grafica de matriz para selección de datos.....	44
<i>Figura 28</i> Gráfica de potencia obtenida con cálculos matemáticos.....	46
<i>Figura 29</i> Gráfica de par obtenido con cálculos matemáticos.....	47
<i>Figura 30</i> Grafica de regresión múltiple de ajuste del vehículo Jetour X70.....	48
<i>Figura 31</i> Ecuación de ajuste del vehículo Jetour X70	49
<i>Figura 32</i> Gráfica de potencia obtenida con ajuste de datos para JetourX70.....	49
<i>Figura 33</i> Gráfica comparativa de potencia con ajuste y ecuación general.....	50
<i>Figura 34</i> Gráfica de potencia a bajas revoluciones.....	51
<i>Figura 35</i> Gráfica comparativa de potencia a bajas revoluciones vs la potencia real obtenida	52

Índice de Tablas.

<i>Tabla 1</i> Especificaciones de la tarjeta DAQ. Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS TM, 2023)	19
<i>Tabla 2</i> Especificaciones de vehículo de prueba.....	21
<i>Tabla 3</i> Variables de estudio.....	29
<i>Tabla 4</i> Variables de bloqueo.....	29
<i>Tabla 5</i> Variables de ruido.....	30
<i>Tabla 6</i> Variables de respuesta.....	30
<i>Tabla 7</i> Puntos de potencia de señal, velocidad y cilindraje.....	40
<i>Tabla 8</i> Cálculo de velocidades.....	40
<i>Tabla 9</i> Puntos de potencia de señal, velocidad y cilindraje para cálculo de par.....	41
<i>Tabla 10</i> Cálculo de velocidad para par.....	41
<i>Tabla 11</i> Resultados de potencia obtenidos.....	45
<i>Tabla 12</i> Resultados de par obtenidos.....	46
<i>Tabla 13</i> Revoluciones del vehículo a diferentes velocidades.....	51

Índice de Ecuaciones.

<i>Ecuación 1</i> Calor de ciclo.....	9
<i>Ecuación 2</i> Torque	13
<i>Ecuación 3</i> Potencia.....	13
<i>Ecuación 4</i> Energía de la señal.....	17
<i>Ecuación 5</i> Potencia de la señal	17
<i>Ecuación 6</i> Caracterización de sensor.....	25
<i>Ecuación 7</i> Potencia ajustada al modelo matemático	39
<i>Ecuación 8</i> Par ajustado al modelo matemático	41

1 INTRODUCCIÓN

La tecnología Downsizing incorpora la técnica de sobrealimentación, sirviéndose de un grupo turbocompresor para aumentar la presión y la densidad de los gases que actúan en el siguiente ciclo de trabajo dentro del cilindro, mediante la energía contenida en los gases de escape y con la ayuda de la turbina y el compresor. De este modo se proporciona más potencia con un consumo reducido de combustible, así como suprimir la necesidad de una mayor cilindrada necesaria para adquirir dicha potencia.

Esta sobrealimentación, mejora el rendimiento térmico, dado que esta tecnología trabaja con presiones y temperaturas elevadas. La relación peso / potencia es importante para el buen desarrollo del vehículo, en este caso el motor disminuye el número de cilindros, lo cual implica un cigüeñal más corto, beneficia el reparto de peso en el vehículo, sobre todo en vehículos con configuración delantera. Consigo viene otra ventaja, que es el menor consumo de combustible con una alta potencia específica, lo cual genera una reducción de emisiones de CO₂ y gases contaminantes con excepción de las emisiones de partículas.

Los vehículos con tecnología Downsizing quieren equipararse con igual rendimiento que un vehículo atmosférico de iguales características, con la ventaja a favor que estos vehículos, son de bajo costo, consumo y nivel de emisiones. Lo cual capta la atención del cliente a decantarse por un vehículo que incorpore este tipo de tecnología.

2 PROBLEMA

En Ecuador el sector automotriz ha estado regido por vehículos importados, lo cual aumenta su costo, según Primicias respecto a los aranceles: “Los vehículos livianos, con un cilindraje mayor de 1.500 centímetros cúbicos, que ingresan a Ecuador pagan normalmente un arancel de 40%” (Coba, 2022). Por lo tanto, la industria automotriz China, resuelve el ingreso de vehículos con tecnología Downsizing, con un menor costo, que sin embargo mantenga las mismas prestaciones de potencia y par, que vehículos de marcas más costosas. En este contexto según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador el vehículo tipo SUV turboalimentado más vendido de enero agosto del 2022 es el Jetour X70 (AEADE, 2022); teniendo especificaciones definidas de potencia máxima de 147HP a 5500 RPM y un torque de 210 Nm de 1750 a 4000 rpm, con una cilindrada de 1.5 litros (Ficha X70 Jetour, 2022), sin embargo, existe la interrogante por parte de los propietarios que lo suelen utilizar si el vehículo con tecnología Downsizing cumple realmente con las características ofertadas por el fabricante de reducir costes y consumo manteniendo el par y potencia requerida para un vehículo tipo SUV, mucho más se carece de análisis en ciudades de altura como es la ciudad de Cuenca que se encuentra a 2560 msnm, dicho aquello se puede observar a través de revisiones bibliográficas, que no hay estudios específicos para este modelo de vehículo que definan la realidad en situaciones geográficas como el de la ciudad de Cuenca por lo que es necesario un análisis que permita definirlo.

Antecedentes

El vehículo Jetour X70, posee una potencia de 150 Hp y un torque de 210 Nm, estas características son calculadas en condiciones ideales, por lo cual la potencia y el torque que nos muestra el fabricante son datos ideales, no reales, debido a que estos pueden variar dependiendo del lugar en donde se desempeñe el vehículo.

Es decir que las condiciones geográficas, como ambientales influyen de manera directa a las variables mencionadas, ya que los cambios de altura significan variación en la presión, implicando una caída del 10% de potencia por cada mil metros, teniendo en cuenta que la potencia es la velocidad en la cual se puede disponer el par, ambas variables, se ven afectadas en conjunto.

Sin embargo, la tecnología Downsizing aplicada en el Jetour X70, promete suplir esa pérdida de potencia, compensándola con una sobrealimentación, además de esto reduciendo el peso (factor que también influye en el rendimiento del motor) y el consumo del vehículo.

Importancia y Alcances

El presente proyecto va dirigido a los estudiantes de carrera de ingeniería automotriz y al grupo de investigación de ingeniería y transporte (GIT) de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, así como también a la población que cuenta con un vehículo turboalimentado, como el Jetour X70 de la ciudad de Cuenca.

Delimitación

El proyecto, se llevará a cabo en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 km² y una población aproximada de 580000 habitantes.

3 OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar par y potencia real de un Jetour x70 2022 con tecnología Downsizing mediante el uso de bujía con sensor de presión adaptado y pruebas experimentales en la ciudad de Cuenca

Objetivos Específicos

- Construir un marco teorico referencial que sea base para el estudio, a través del estado del arte de fuentes bibliográficas que permitan determinar métodos y definiciones de parámetros de funcionamiento para el análisis de los motores turbo alimentados mediante la estimación de la presión media efectiva.
- Establecer protocolos de muestreo basado en Diseño de Experimentos para la adquisición de datos de par y potencia, en un banco dinamométrico en diferente régimen de giro.
- Realizar un análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante curvas de tendencia, el rendimiento y comportamiento del motor en las diferentes pruebas de trabajo en la ciudad de Cuenca.

4 Capítulo I

Motor de Combustión Interna Gasolina de Cuatro Tiempos

Es un sistema compuesto por elementos mecánicos que desarrolla un movimiento alternativo para poder transformar energía calorífica producida por la combustión del fluido de trabajo (aire-combustible), para producir energía mecánica. Para la obtención de la energía mecánica de forma previa el motor desarrolla cuatro fases, durante las cuales el pistón realiza cuatro carreras lineales dentro del cilindro, este movimiento es transformado en rotatorio por medio del cigüeñal, el cual efectúa dos vueltas completas en cada ciclo.

El funcionamiento de un motor de encendido provocado se basa en el ciclo OTTO, en donde se introduce una mezcla de aire-combustible en un cilindro cerrado, comprimiendo la mezcla por medio de un pistón y siendo encendida por medio de una chispa, produciendo un aumento de la presión en el interior de la cámara de combustión, los gases calientes a alta presión producen la energía para impulsar el pistón hacia el punto muerto inferior, este movimiento es transformado en rotatorio por el mecanismo biela-manivela. (Payri & Desantes, 2011)

Aspectos Termodinámicos

Existen diferentes formas de energías que dependen del sistema físico en el que se manifiesten como lo son: energía potencial, cinética, mecánica y térmica. En el motor se consideran la energía mecánica y térmica, las cuales tienen la capacidad de producir trabajo y calor.

Se debe tener en cuenta que el trabajo es energía mecánica en transición el cual no puede ser almacenada en un sistema, por otro lado, el calor en energía térmica de transición a través de las superficies que limitan un sistema, y que necesita de una diferencia de temperatura entre el sistema y el medio.

Un sistema es un espacio o materia en la cual se desarrolla un proceso, el cual esta delimitado por fronteras y limites reales o hipotéticos entre el sistema y los alrededores. Los sistemas se pueden clasificar en dos grupos:

Sistemas abiertos: En estos sistemas existe transferencia de masa y energía entre el sistema y su exterior, el cambio neto de masa es igual a cero, es decir el flujo de masa que entra al sistema es igual al flujo de masa que sale de este.

Sistemas cerrados: En este caso no existe ningún intercambio de masa o energía con el exterior.

El ciclo está constituido por transformaciones termodinámicas ideales como lo son:

- a) Adiabáticas, no hay flujo de calor en el sistema, ni de entrada o salida.
- b) Isobáricas, a presión constante.
- c) Isocóricas, a volumen constante.
- d) Isotérmicas, a temperatura constante.

Turbocompresor

El turbocompresor toma la fuerza producida por los gases que salen del escape, con el objeto de impulsar una turbina la cual está unida por medio de un eje a un compresor, el mismo que al generar movimiento rotatorio absorbe el aire a presión atmosférica para comprimirlo y enviarlo a cierta presión, la cual dependerá del tamaño y capacidad del turbo. (Gomez, 2023)

Este conjunto presenta algunos componentes, los cuales se pueden resaltar, la turbina que aprovecha los gases de escape y un compresor el cual introduce el aire presurizado. Estos componentes se encuentran unidos por un eje asentado sobre cojinetes, dado que se encuentran en funcionamiento en condiciones extremas por la fricción, dado que uno de los mayores problemas

es la temperatura, la cual puede alcanzar los 700 °C en la turbina, sumado a esto la velocidad que alcanza es de 100000 rpm. (Gomez, 2023)

El rumbo tanto de los gases que inciden sobre la turbina y para la dirección del aire a presión, está dado por dos carcasas llamadas caracolas. Otro de los elementos a resaltar es la válvula wastage, al cual regula la presión de carga, controlando el giro máximo de la turbina y el compresor, sin este elemento el turbo sobrepasaría el nivel de funcionamiento, produciendo daños. (RODES, 2023)

Turbos Compresores de Geometría Fija.

Tienen peor tiempo de respuesta dado que su conjunto no posee piezas móviles es decir poseen una estructura más sencilla, uno de los problemas que se genera por esta disposición es que, dado un régimen bajo de revoluciones, el flujo de gases no lleva consigo la energía suficiente para acelerar la turbina, dando como resultado un retraso en el tiempo de respuesta del turbo, es decir el tiempo en que tarda en enviar la potencia al motor, desde que accionamos el pedal del acelerador.

Turbo Compresores de Geometría Variable.

También conocidos como VTG, los cuales son comunes en vehículos Diesel, en este caso mejora el rendimiento a bajas revoluciones gracias a las piezas móviles de la turbina, en el cual es posible varia la relación acción/reacción, es decir que reduce o aumenta el paso de los gases por los alabes del distribuidor, manteniendo altas velocidades de fluido, teniendo caudales inferiores, de este modo se aprovecha la energía de los gases, cuando su volumen sea menor, generado a menos carga o bajas velocidades del motor. (ROADES, 2023)

Ciclo de Funcionamiento: Ciclo Otto

Los motores de combustión interna trabajan con ciclos termodinámicos en donde la energía producida por la combustión se transforma en trabajo, la mayor cantidad de esta, mientras que el resto corresponde a una pérdida. Para un motor de cuatro tiempos a gasolina, trabaja con el ciclo Otto, el cual se completa de cuatro carreras del pistón y dos vueltas del cigüeñal y una del eje de levas.

Para este ciclo se da una serie de procesos que empieza con la admisión en la cual se dará la mezcla aire-combustible, durante la carrea de admisión el pistón bajara hasta el PMI, este desplazamiento dura el intervalo de tiempo que la válvula de admisión este abierta, posterior a esto ocurre el proceso de compresión, que se produce por el desplazamiento del pistón del PMI al PMS, durante este proceso las válvulas de admisión y escape permanecerán cerradas. Dado que el motor es encendido por chispa, se requería la acción de una bujía la cual es la encargada de generar la combustión de la mezcla aire-combustible, incrementándose la presión y la temperatura, mientras que el volumen permanece constante. Como consecuencia de la combustión el pistón se desplaza del PMS al PMI permaneciendo las válvulas cerradas, una vez que se encuentra en el PMI se abre la válvula de escape liberando los gases de la combustión a la atmosfera.

Ciclo Teórico Aire-Combustible

En este ciclo la influencia de la temperatura se ve reflejado en el aumento del calor específico, lo cual afecta en el rendimiento, dado que si a volumen constante, el calor específico del gas se incrementa, genera una menor temperatura final, influyendo en el rendimiento. Esto se puede determinar mediante la siguiente Ecuación (1). (Cornejo & Velásquez, 2020)

Ecuación 1 Calor de ciclo

$$Q = C_v(T_f - T_i)$$

Donde:

Q = Calor del ciclo.

C_v = Calor específico a volumen constante.

T_f = Temperatura final.

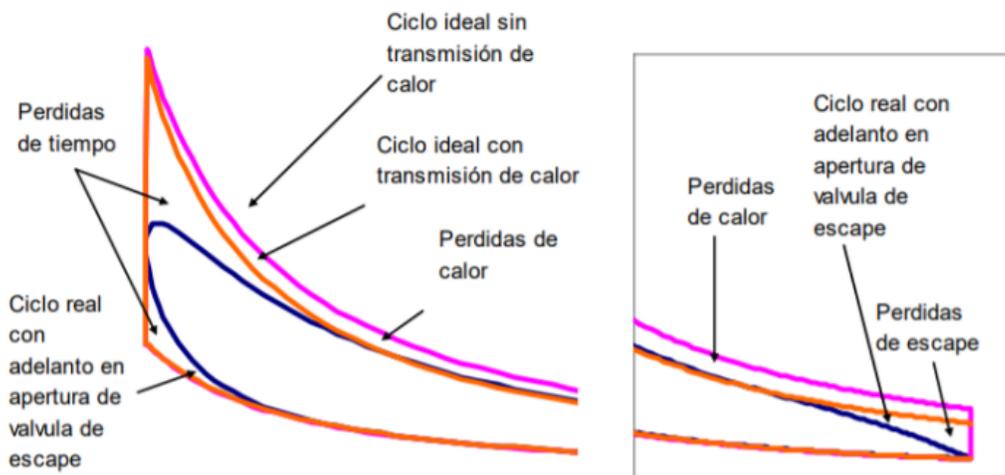
T_i = Temperatura inicial.

Ciclo Teórico Aire-Combustible

Se encuentra sujeto a condiciones variables como lo es apertura de válvulas; pérdidas de tiempo y pérdidas por calor. Dado que este ciclo representa el funcionamiento real de un motor de combustión. Se refleja en un diagrama P-V, también conocido como diagrama de funcionamiento.

(Cornejo & Velásquez, 2020)

Figura 1 Ciclo real aire combustible



Nota: Adaptado de (Cornejo & Velásquez, 2020)

Etapas del Encendido de un Motor de Combustión

El funcionamiento de un motor se basa en cuatro etapas, es decir cuatro desplazamientos del embolo, lo que equivale a dos vueltas completas del cigüeñal, para efectuar la combustión. Las etapas se enlistan a continuación. (Cornejo & Velásquez, 2020)

1. **Primera etapa (Admisión):** El pistón realiza la carrera de descenso al punto muerto inferior (PMI), aspirando la mezcla aire-combustible. La válvula de admisión se encuentra abierta en esta etapa.
2. **Segunda etapa (Compresión):** El pistón al culmine de su carrera de admisión, se cierra la válvula de admisión, para comprimir el gas contenido dentro del cilindro, que se produce por el ascenso del embolo. Para esta etapa el cigüeñal ya dio una vuelta completa, y las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas.
3. **Tercera etapa (Expansión):** Al instante que el embolo llega al final de la carrera superior, el gas alcanza su presión máxima y la combustión es provocada por el salto de la chispa provista por la bujía, en la cámara de combustión. En esta etapa es la que se consigue trabajo, ya que iniciado el frente de llama aumenta la presión y temperatura del cilindro generando el desplazamiento del pistón.
4. **Cuarta etapa (Escape):** El pistón asciende, expulsando los gases de la combustión, por lo que la válvula de escape se encuentra abierta, al terminar la carrera de ascenso del pistón, la válvula de escape se cierra, dando paso a la repetición del ciclo.

Factores que Influyen en el Rendimiento del Motor

Las diferencias que existen entre el ciclo real y ciclo teórico se originan por factores ambientales, dinámicos y térmicos, que influyen en el motor de combustión. (Cornejo & Velásquez, 2020)

1. **Perdidas por bombeo:** Se entiende que en el escape como en la admisión, se efectúan a presión constante, ya que se considera que el fluido activo se desplaza por los conductos de admisión y escape, libremente, sin embargo, se generan pérdidas de carga debido al coeficiente de fricción, lo que representa una pérdida de energía.
2. **Perdidas de calor:** La mayor parte del calor se distribuye a las paredes del cilindro durante el proceso de combustión y escape, siendo muy menor a lo que se produce durante la compresión. Sin embargo, cuando se produce la admisión, el calor es transferido de forma inversa, las paredes transfieren el calor al cilindro.
3. **Tiempo de apertura y cierre de válvulas:** De forma teórica, las válvulas de admisión y escape se abren y cierran de forma súbita dependiendo de las etapas. En el ciclo real esto no es posible lo que ocasiona pérdida en el rendimiento volumétrico.
4. **Combustión no instantánea:** la combustión se debe desarrollar de forma instantánea a volumen constante, en el ciclo teórico, sin embargo, esto dura un lapso, en el caso de que el encendido se genere en el punto muerto superior (PMS), la combustión se desarrollaría mientras el pistón se aleje del punto en el que existe mayor volumen, ocasionando que el valor de presión y temperatura sean inferiores, produciendo una pérdida de trabajo útil.
5. **Factores ambientales, densidad del aire y altitud:** La variación de la presión y la temperatura, influyen en la densidad del aire. Sumado a la variación de la altitud, que influye directamente en la concentración de oxígeno, presente en el aire. Estos factores en conjunto disminuyen el rendimiento indicado, debido a que la presión dentro del cilindro será menor.

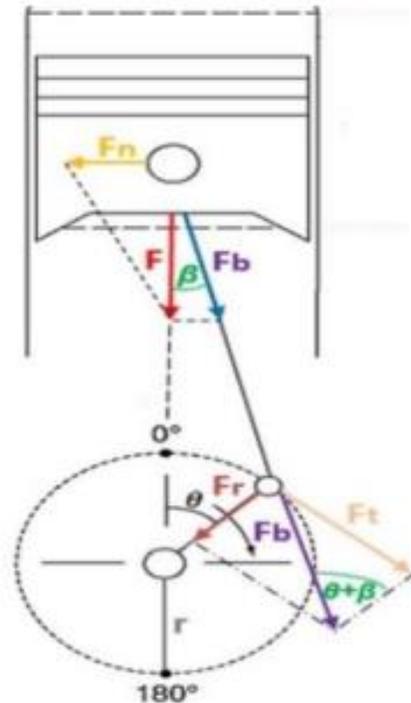
Par Motor y Potencia.

Par

Es el momento que genera la fuerza que ejerce un motor sobre un eje de transmisión de potencia, cuando se aplica perpendicular con una distancia, lo cual produce un giro. En un motor, la fuerza producida por la combustión de una mezcla aire combustible, es transmitida por medio de la biela al cigüeñal y cuanto mayor sea la distancia entre el eje de giro de la biela con respecto al eje de giro del cigüeñal mayor será el par obtenido. (Sánchez, 2012)

El movimiento lineal del pistón en el interior del cilindro se transforma en un movimiento rotatorio por el cigüeñal. La fuerza que incide en el pistón es proporcional a la presión media efectiva durante la carrera de expansión.

Figura 2 Diagrama de cuerpo libre de un conjunto pistón, biela-manivela



Nota: Adaptado de (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017)

En la gráfica se muestra un diagrama de cuerpo libre con los vectores de fuerza, la fuerza F sobre el pistón se descompone en F_b (fuerza sobre la biela) que incide en la cabeza de biela y F_n (fuerza normal) que resulta en un empuje lateral sobre las paredes del cilindro. De tal forma el producto F_b por el radio r de la manivela determina el par motor, como se muestra en la siguiente Ecuación (2).

Ecuación 2 Torque

$$T = F_b \times r$$

Donde:

T = Torque.

F_b = Fuerza sobre la biela.

r = Radio.

Potencia

Es la rapidez con la que puede trabajar el motor, es decir con que velocidad se puede disponer del par, la potencia depende de la relación de compresión y de la cilindrada, entre mayores valores de estas variables mayor es la explosión y la fuerza aplicada al pistón. Lo potencia viene dada por la siguiente Ecuación (3).

Ecuación 3 Potencia

$$P = T * w = \frac{T * n}{\frac{60}{2\pi}}$$

Donde:

P = Potencia.

T = Torque.

w = Trabajo.

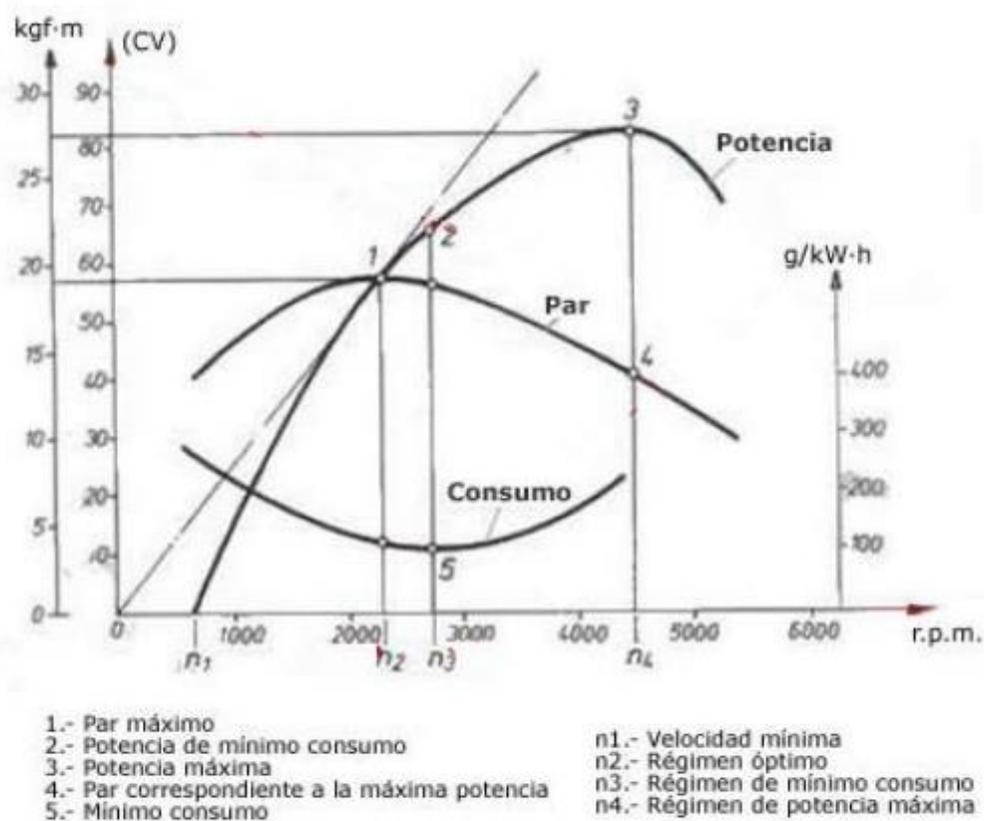
n = numero de revoluciones por minuto (rpm).

Alcanzada la potencia máxima comienza a decrecer, por lo ya mencionado anteriormente y debido a que el sistema de inyección tiene un límite operativo, que superado este deja de inyectar de manera idónea el combustible, sumado a esto el sistema de distribución no es capaz de abrir y cerrar las válvulas con la suficiente velocidad para que los gases de admisión y escape fluyan de forma correcta. (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017)

Curvas Características de Par y Potencia

Las curvas características de un motor definen su estado en diferentes condiciones de funcionamiento, referentes a eficiencia volumétrica y revoluciones, por lo que todo motor se identifica por sus características constructivas y de funcionamiento en relación a potencia y par motor, definen fuerza y energía que el motor podrá desarrollar para ser aprovechadas en la tracción del vehículo. Las características quedan representadas mediante gráficas (curvas características), obtenidas como resultado de las pruebas en el banco dinamométrico. En las pruebas se determina los valores de potencia y par motor para cada variable par y potencia en relación régimen de giro. (Sánchez, 2012)

Figura 3 Curvas características de par, potencia y consumo



Curvas características del motor

Nota: Adaptado de (Payri & Desantes, 2011)

Para el gráfico de referencia se determina lo siguiente, la potencia incrementa a medida que aumenta las revoluciones, hasta llegar a un punto que deja de hacerlo, esto se debe a que, una vez llegado al pico alto de potencia con el aumento de rotación, alcanza un máximo de velocidad nominal, comienza a decrecer ya que el llenado de los cilindros empieza a ser deficiente, y las pérdidas mecánicas superan la potencia producida. Por tal razón el fabricante hace énfasis en la velocidad máxima. (Puente, 2017)

En el par motor que está relacionado con la fuerza del cigüeñal, representa un valor máximo cuando el motor no se encuentra al máximo de su potencia, por lo que si las revoluciones del motor siguen aumentando el valor de par comienza a decrecer.

Sensor y Parámetro Requeridos Para la Obtención del Par Motor y la Potencia

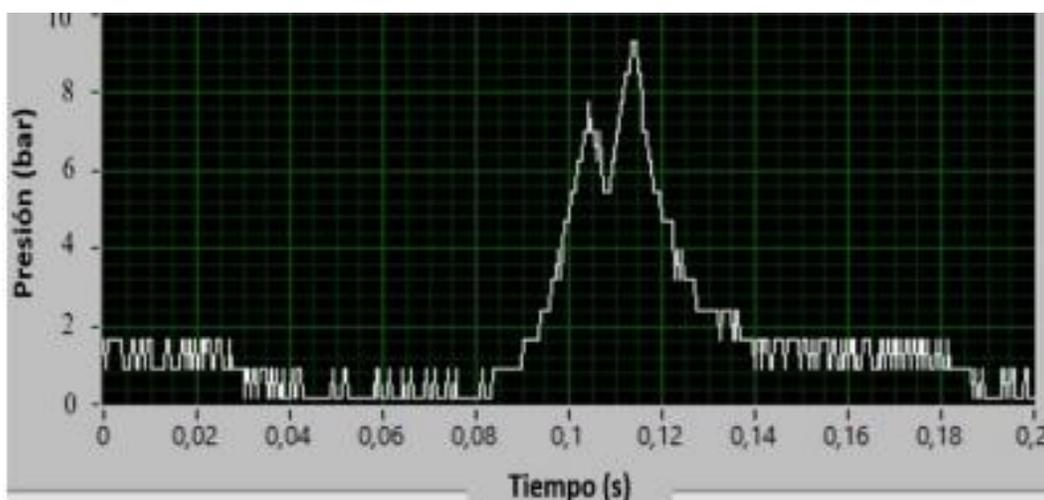
A continuación, se describe los parámetros, que para objeto de la experimentación se utilizaran para la obtención del par y la potencia, teniendo como referente los conceptos previamente citados.

Presión Media Efectiva

En una presión promedio por encima de la atmosférica que ejercen los gases sobre el embolo durante la expansión, por ende, es proporcional al par motor y para un régimen de rotación determinado, también a la potencia. Para el cálculo de la PME, se debe determinar la presión en el interior del cilindro durante el trabajo del motor, lo cual se traduce a la potencia de la señal brindada por un sensor piezoeléctrico, el cual se adapta a la bujía de encendido para obtener la señal de la presión dentro del cilindro.

La energía de la señal denota el tamaño de esta, su potencia está definida por el manejo finito de los datos tomados de presión representados por el área bajo la curva de la señal mostrada. (Oppenheim & Willsky, 1997)

Figura 4 Señal del sensor piezoeléctrico



La función de energía de una señal está representada por la disipación de la energía por medio de una resistencia de 1ohm, cuando se le aplica un voltaje equivalente a la señal de presión del cilindro, la energía de la señal viene representada en la Ecuación (4).

Ecuación 4 Energía de la señal

$$E = \sum_{n=n_1}^{n_2} |X_n|^2$$

Donde:

E = Energía de la señal.

La señal esta dado como función del tiempo, por lo cual la potencia de la señal es la cantidad de energía de la señal por unidad de tiempo, viene representado por la Ecuación (5).

Ecuación 5 Potencia de la señal

$$P_s = \frac{1}{n_2 - n_1 + 1} \sum_{n=n_1}^{n_2} |X_n|^2$$

Donde:

P_s = Potencia de la señal.

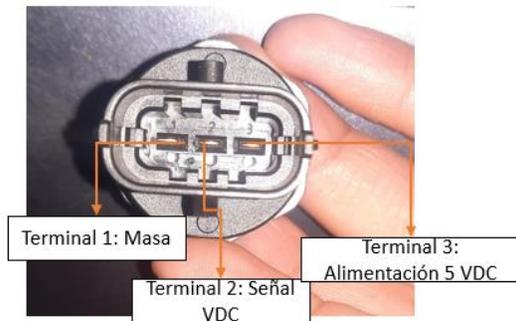
Sensor Piezoeléctrico

El sensor piezoeléctrico es de la marca BOSCH, el cual abarca un rango de presiones que va desde los 0 a 140 bares, las temperaturas que puede soportar son de -40 °C como mínima, hasta la máxima de 130 °C. El sensor posee 3 terminales, que son para: masa, señal y alimentación (5VDC). Los terminales de conexión se detallan en las siguientes figuras.

Figura 5 Sensor piezoeléctrico



Figura 6 Pines del sensor piezoeléctrico



Dispositivos Para la Toma de Datos y Pruebas

Tarjeta De Adquisición De Datos DAQ Ni USB-6212

Es un módulo DAQ multifunción USB de la serie M energizado por bus y optimizado para una presión superior a velocidades de muestreo más altas. Es un dispositivo para la toma de datos de sensores y actuadores, mediante el diseño y comando de prototipos empleando softwares versátiles como LabVIEW. Teniendo la capacidad de tomar información del entorno por medio de los pines de entrada acoplado a los sensores y controlando actuadores mediante los pines de salida. Los datos obtenidos se los puede visualizar en tiempo real ya que esta a su vez permite la transferencia de datos de forma bidireccional a alta velocidad por medio de bus USB. (NATIONAL INSTRUMENTS TM, 2023)

Especificaciones técnicas de la Tarjeta DAQ Ni USB-6212.

En la siguiente tabla se enlista los datos técnicos de operatividad de la tarjeta DAQ que se utilizó para el desarrollo del estudio y la toma de datos.

Tabla 1 Especificaciones de la tarjeta DAQ. Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS TM, 2023)

Especificaciones	
Entradas analógicas	16
Salidas analógicas	2 (16 Bits, 250 kS/s)
Contadores	2 de 32 Bits
Velocidad de muestreo	400 kS/s
Líneas	32 E/S digital
Rangos de entrada	4 (+-0.2 V a +-10 V)
Compatibilidad	LabVIEW, ANSI C/C++, C#, Visual Basic
Porcentaje de humedad relativa	10-90%
Temperatura de operación	0-55°C

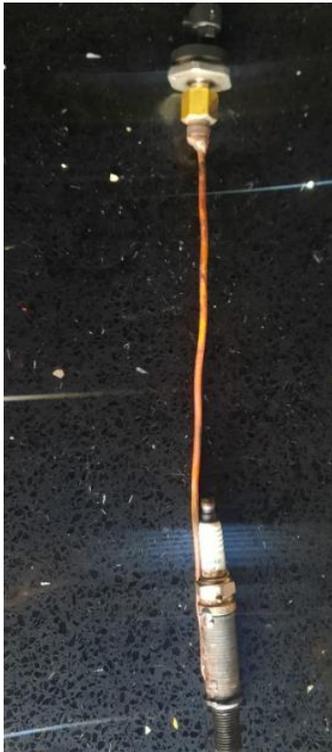
Banco Dinamométrico

Es un sistema para la caracterización y comprobación de motores, ayuda a la realización de pruebas que permiten conocer los parámetros mecánicos del motor sometido a diferentes regímenes, cargas y demás variables. Todas las medidas conseguidas en las pruebas son en base a sensores, que, para efectos de esta investigación, se centrara en la obtención del par motor y la potencia. Para poder ver parámetros funcionales en tiempo real del banco dinamométrico, se utiliza un software como LabVIEW, de igual forma para guardar los datos es imprescindible la utilización de una tarjeta DAQ.

Acople de Bujía Adapto Al Sensor

Para el monitoreo de la presión en el interior del cilindro se utiliza una adaptación la cual consiste en un suplex en el cual se monte la bujía de encendido, junto al suplex viene un tubo de cobre delgado, el cual redirigirá la presión generada dentro del cilindro hacia el sensor adaptado en la parte superior del tubo de cobre. Mírese en la figura 7.

Figura 7 Acople de bujía



Vehículo de Prueba (JETOUR X70)

Características

Tabla 2 Especificaciones de vehículo de prueba

Especificaciones	
Marca	Jetour
Modelo	X70 II AC 1.5 (Turbo)
Combustible	GAS
Tipo	Jeep
Cilindraje	1500
Toneladas	75
Max Potencia (CV/RPM)	147 a 5500
Max Torque	210 Nm

5 Capítulo II

Adquisición de datos

Metodología

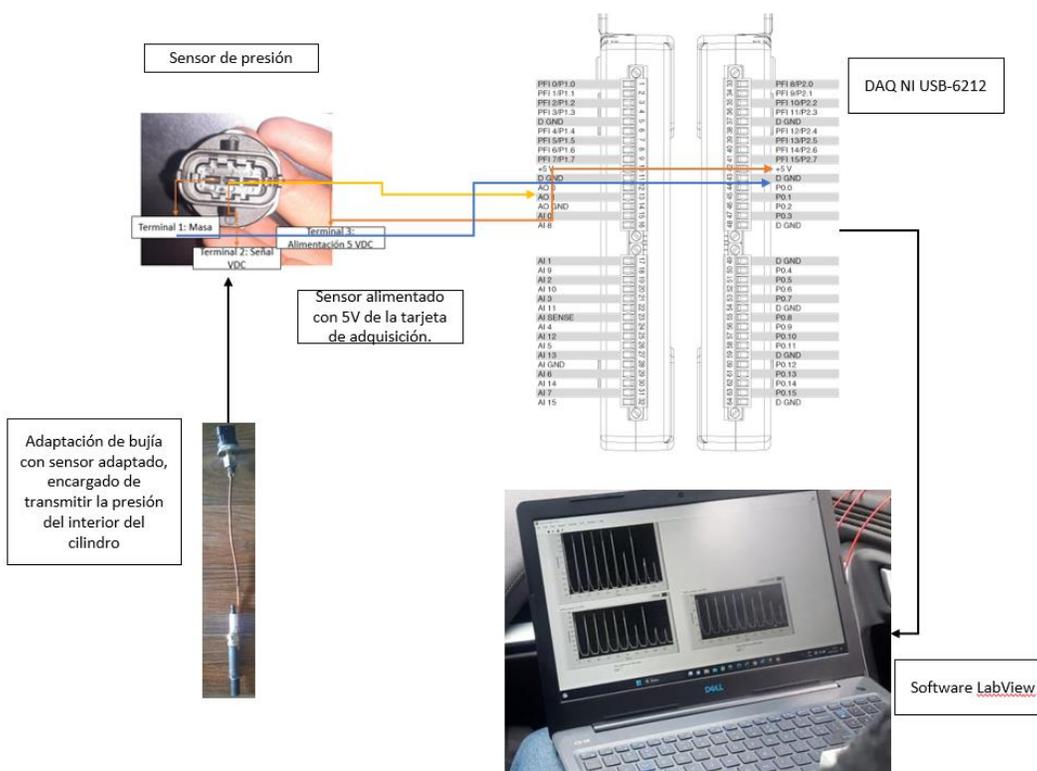
El presente proyecto se basa en un método experimental el cual se deriva del método empírico-analítico, el experimento se desarrolla bajo condiciones controladas, priorizando la observación de la variación de las variables de estudio las cuales influyen para el cálculo del par y la potencia. Para la presentación de resultados se realiza un análisis estadístico en donde se reflejan los datos obtenidos de cada corrida experimental, cotejando y comparando los datos, se trabaja con un nivel de confianza del 5%.

Obtención de Señales

Generalidades

Se busca obtener los datos de presión generados en la etapa de combustión, por lo cual se necesita un hardware que interprete fenómenos eléctricos o físicos. Para la adquisición de datos se emplea la tarjeta DAQ, la cual emplea la combinación de sensores, hardware y un computador con un software programable (LabVIEW); para la experimentación en curso, el esquema general de obtención de datos es el que se observa en la figura 8.

Figura 8 Esquema de conexión



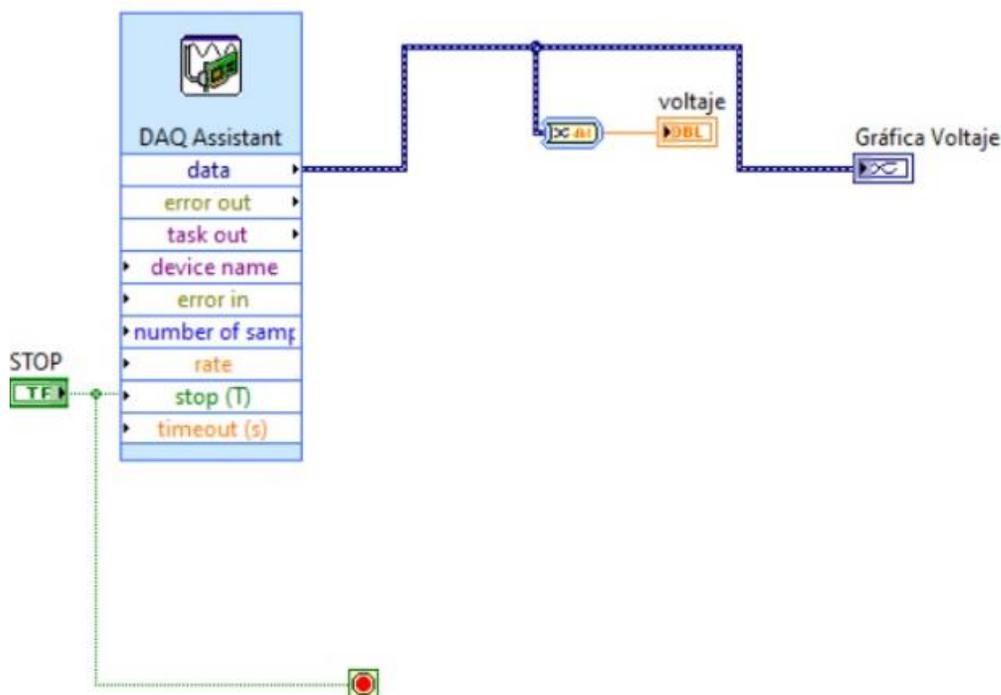
Nota: En la figura 8 podemos observar el esquema de conexión hacia los pines del sensor y la adaptación.

Desarrollo del Algoritmo.

Para que la obtención de datos provistos por el sensor sea fidedigna, se necesita realizar una caracterización, obteniendo datos de ajustes los cuales serán programables, para la obtención de los datos de presión en el momento del desarrollo de las pruebas. Para esto se necesita

inicialmente obtener datos y una gráfica del voltaje del sensor a una determinada presión, configurando el siguiente algoritmo, el cual se muestra en la figura 9.

Figura 9 Algoritmo para la obtención de voltaje en LabVIEW



Caracterización del Sensor

Para la obtención de la presión medida por el sensor, se necesita generar una función en la cual la presión dependa del voltaje, esta función proporcionara los valores de ajuste para la caracterización, que por medio de la utilización de un banco de inyección de Riel Común (CRDi), en el cual se puede variar y fijar de manera constante la presión en el riel de combustible, con el sensor piezoeléctrico adaptado al riel y mediante la DAQ, se obtendrá los valores de voltaje en función a la presión suministrada por el banco. La adaptación se puede observar en la siguiente figura 10.

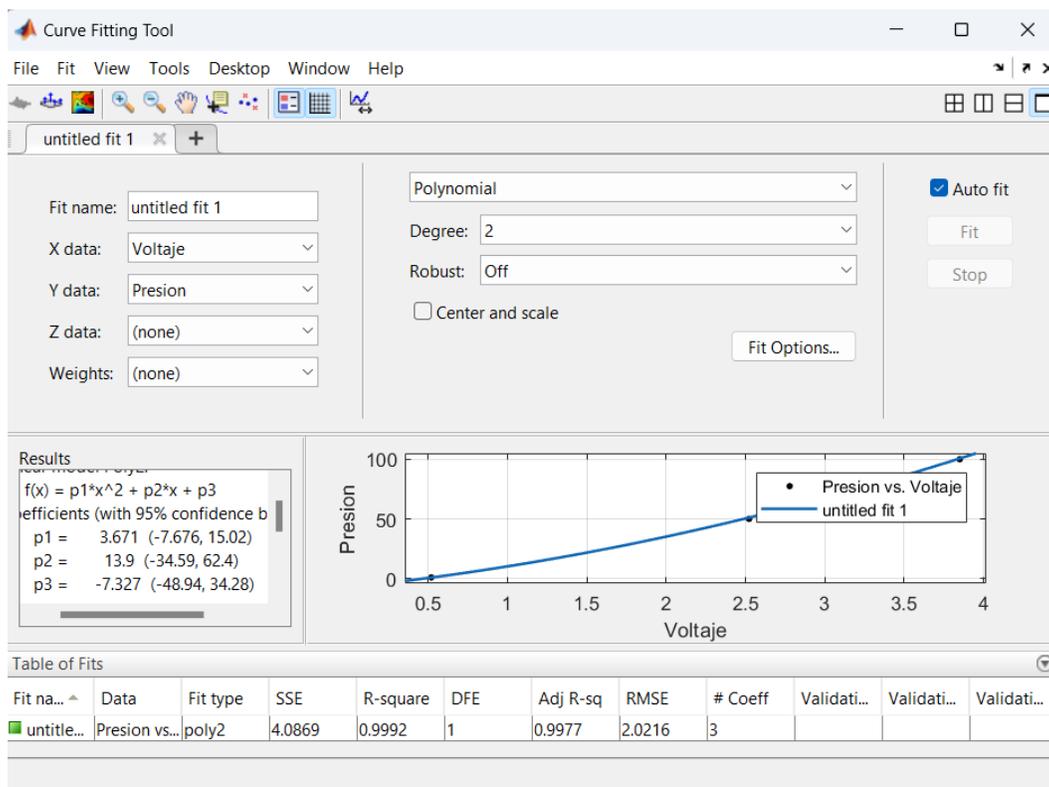
Figura 10 Sensor acoplado en el banco CRDI



Con la finalidad de construir la función que determine el comportamiento del sensor, se toma como muestra cuatro puntos, los cuales, por medio de interpolaciones lineales, se obtiene una función, la cual se debe ajustar a un comportamiento cuadrático, arrojando los valores de ajuste, los cuales se programaran dentro del software de obtención de datos.

Para obtener la función y la gráfica, en la ventana de comandos del software Matlab se ingresa los valores de voltaje y presión obtenidos, mediante el comando `cftool`, se genera una función y su respectiva grafica. Mírese en la figura 11.

Figura 11 Ventana de comando del software Matlab



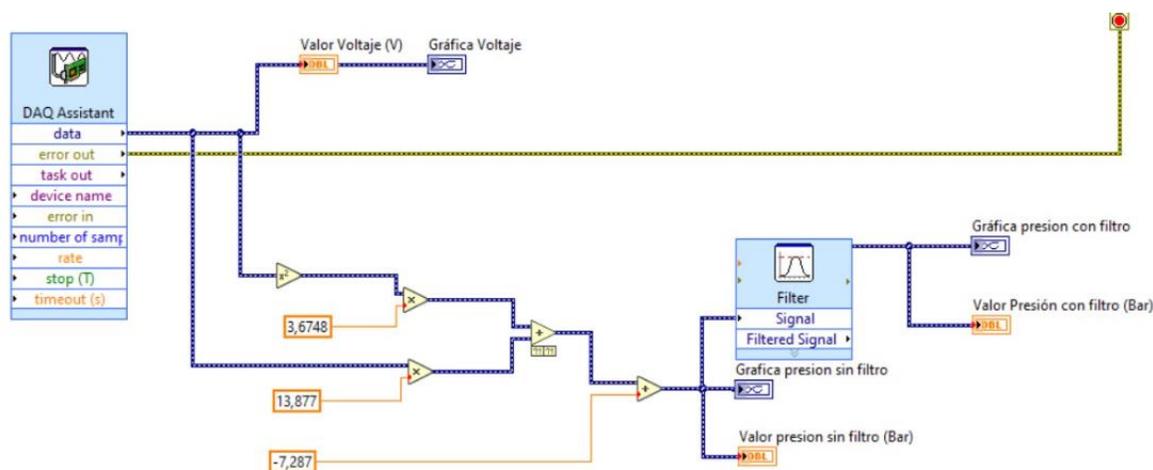
La función que arroja el software es un polinomio de segundo grado, la cual la presión está en función del voltaje. Ecuación (6).

Ecuación 6 Caracterización de sensor

$$presión = 3.6748x^2 + 13.877x - 7.287$$

En el algoritmo se incluye los valores: 3.6748; 13.877; -7.287. Obtenidos de la función, los cuales permitirán la conversión de la señal de voltaje a presión. Mírese en la figura 12.

Figura 12 Algoritmo para la obtención de presión en el software LabVIEW



Pruebas Para la Obtención de Datos

Para efectuar las pruebas se debe considerar que la adaptación de la bujía, encaje con el paso y el diámetro del orificio de bujía, teniendo en cuenta que el auto de prueba es un Jetour X70, con bujías de Iridium con un paso de 26,5 mm y un diámetro de 12 mm. Se debe considerar que el suplex del acople encaje de tal forma que se pueda realizar el apriete con un dado de 16 mm. Tomado en cuenta lo anterior mencionado se instala el acople junto al sensor de presión de manera firme. En la figura 13, se muestra el acople de bujía junto al sensor; en la figura 14, se observa el conjunto instalado en el vehículo.

Figura 13 Acople de bujía.



Figura 14 Acople instalado en el vehículo



Para la prueba se dispuso del vehículo Jetour X70, el cual se encuentra en condiciones idóneas, no presenta problemas mecánicos o eléctricos, factores que pudieran afectar en el par y potencia.

Ensayo Experimental

Se aplica el método científico con la finalidad de establecer pruebas basadas en ensayo y error, para con ello responder al problema planteado, aseverando la validez de los resultados obtenidos de la experimentación. Que para efectos de esta experimentación es la determinación

del par y potencia, mediante un método alternativo, por lo cual se deberá determinar la influencia de factores, los cuales pueden influir al cálculo de las variables de respuesta.

Para mejorar el proceso experimental se debe implementar herramientas estadísticas que permitan monitorear los datos tomados, para su posterior análisis y entrega de resultados. Para un correcto diseño de experimentos se puede partir de la siguiente figura 15.

Figura 15 Proceso y preguntas para un diseño de experimentos



Nota: Tomado de (Gutiérrez Pulido & De la Vera Salazar, 2008)

Unidad Experimental

Hace referencia al componente que se va a utilizar para obtener los resultados de la experimentación, es decir es el objeto con el que se va a realizar la medida de las variables que se busca investigar. En el caso de esta experimentación, la unidad es el acople de bujía con sensor de presión adaptado.

Variables de Estudio

Son en las cuales se genera la investigación, y como estas influyen a las variables de respuesta, para objeto de la experimentación se debe considerar las variables que tengan un efecto significativo en las variables de interés.

Tabla 3 Variables de estudio

Variable de estudio	Símbolo	Unidad
Presión Media Efectiva	PME	BAR
Combustible	R	RON

Variables de Bloqueo

Son variables que se pueden controlar durante la experimentación, y que no implicarían un cambio o efecto significativo en las variables de respuesta, ya que su influencia está delimitada y controlada por los experimentadores.

Tabla 4 Variables de bloqueo

Variable de bloqueo	Símbolo	Valor	Unidad
Temperatura de la banda de rodadura	T_{rod}	30-35	°C
Temperatura aire de admisión	T_{adm}	25 ±1	°C
Temperatura de refrigerante	T_{ref}	85-90	°C
Velocidad	V	50-60-70-80-100-120	Km/h
Combustible ECO	R	85	RON

Variables de Ruido

Son aquellas que no pueden ser controladas durante la experimentación, son factores que corresponden al ambiente y lugar geográfico donde se realiza la experimentación.

Tabla 5 Variables de ruido

Variable de ruido	Símbolo	Unidad
Presión atmosférica	P_{atm}	Pa
Humedad relativa del aire	H_{rel}	%
Temperatura del aire	T_{aire}	°C

Variables de Respuesta

Son en las cuales nos basaremos para el análisis de resultados, y en las que se ve reflejado la influencia del resto de variables.

Tabla 6 Variables de respuesta

Variable de respuesta	Símbolo	Unidad
Par	τ	Nm
Potencia	W	kW

Desarrollo del Experimento

Para la experimentación se ha escogido realizar 6 pruebas a diferentes velocidades, con el objeto de determinar la influencia de las variables sobre los factores de respuesta, se toma en cuenta la influencia de la activación del turbo 1800 a 2000 rpm, y como este factor influirá en el rendimiento del vehículo.

Pruebas Dinámicas

Para la realización de las pruebas se debe regir mediante un ente regulador como lo es la normativa ecuatoriana INEN 960, que, si bien no indica los pasos para la realización de una prueba dinámica, si muestra el protocolo para llevar a cabo dichas pruebas, la norma indica que los motores deben de arrancarse siguiendo las recomendaciones del fabricante, alcanzar y mantener una velocidad constante, la cual será la velocidad a la que se realizará la prueba, durante un minuto.

La norma forma un método de evaluación del rendimiento en el motor, con el objeto de generar curvas de potencia y consumo específico, en función a la velocidad suministrada en los diferentes ciclos.

Prueba en Banco Dinamométrico

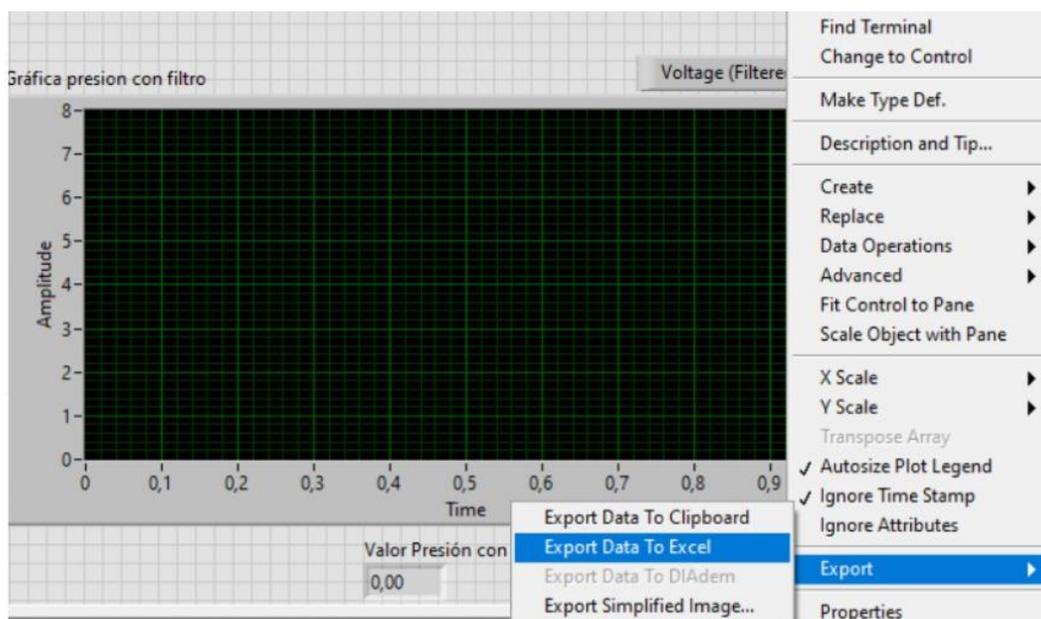
Por motivo de control y precisión en mantener una velocidad específica, el uso del banco dinamométrico es importante para que la velocidad se mantenga en un lapso de un minuto, lo cual lo consigue gracias al empleo del freno dinamométrico que regula la velocidad de los rodillos, que se puede observar en la figura 16.

Figura 16 Freno y rodillos dinamométrico



Para la toma de datos se mantiene la velocidad constante durante un minuto, al final de este tiempo se toma los datos mediante la DAQ, la cual realiza la toma de 2500 en un segundo, tiempo el cual se procede a extraer los datos mostrados por el software en LabVIEW, véase en la figura 17. Posterior a este se procede a bajar la velocidad de forma paulatina, sin frenar repentinamente, posterior a esto se vuelve a tomar los datos alcanzando la siguiente velocidad.

Figura 17 Exportación de datos obtenidos por la tarjeta DAQ a Excel.



Protocolo de Muestreo en Banco Dinamométrico

- Para la correcta realización de la prueba y evitar accidentes durante la manipulación del banco, se necesita fijar el vehículo, para que permanezca estático sobre los rodillos del banco, sobre todo se debe asegurar que el vehículo no se mueva a los lados. Para conseguir esta sujeción se utiliza eslingas que son cintas resistentes a esfuerzos de tracción.
- Las eslingas deben ir ancladas al chasis del banco mediante grilletes. Para adecuar la longitud de las eslingas a la longitud del vehículo se utiliza tensores. El vehículo se ancla al chasis, de forma que quede anclado a cada esquina del banco, para evitar los movimientos a los costados.
- La temperatura de la banda de rodadura este entre los 30 a 35 °C, esto será medido por medio de un pirómetro. También se debe asegurar que la banda de rodadura se encuentre en buen estado, esto se debe constatar haciendo una inspección visual.

Figura 18 Prueba de temperatura con pirómetro.



- Uso de gasolina ECO de 85 octanos.

- Consideración de factores ambientales propios de la región de experimentación (Cuenca, Ecuador), altura relativa de 2500 msnm con una presión barométrica de $\approx 0.77 \text{ bar}$.
- Monitorear la temperatura de admisión del motor por medio del sensor IAT, verificar la temperatura idónea del refrigerante, mediante un escáner automotriz.
- Mantener una velocidad constante durante la toma de datos, la velocidad no puede oscilar en más de $\pm 1\%$.
- La tarjeta DAQ recolecta 2500 datos en un intervalo de un segundo, posterior a esto se debe realizar la exportación de datos.

Prueba en Carretera

Para la toma de datos en carretera, la prueba se llevó a cabo en la rotonda de Moyobamba tomando este punto como partida, hasta el hospital IEISS como punto final del recorrido, el motivo de la selección de esta ruta es que es una recta, no existe curvas, ni pendientes pronunciadas, además de esto al no haber una aglomeración de vehículos, se pudo mantener las velocidades a las que se necesitaba tomar los datos. De esta manera se trató de controlar variables las cuales podrían haber afectado al desarrollo de la prueba. Para la repetibilidad del experimento se toma en cuenta lo siguiente:

- Preparar los instrumentos de medición y toma de datos.
- Temperatura de la banda de rodadura entre 30-35 °C.
- Comprobar temperatura del refrigerante del motor.
- Comprobar la temperatura del motor.
- Tomar en cuenta el peso de los ocupantes del vehículo, la ruta escogida tiene una inclinación de 13°.
- Considerar la inclinación de la ruta.
- Uso de combustible ECO.

Protocolo de Muestreo para Prueba de Carretera

- Para que se dé la correcta conexión del sensor hacia la tarjeta DAQ, la cual se encontraba dentro del habitáculo del vehículo, se debe realizar una extensión de los cables de los pines de conexión del sensor, que sean lo suficiente largos para llegar dentro del habitáculo y que sea cómoda su manipulación. Mírese en la figura 19 y 20.

Figura 19 acople con una extensión en los cables de los pines, para prueba en carretera



Figura 20 extensión de los cables de pines del sensor para prueba en ruta.

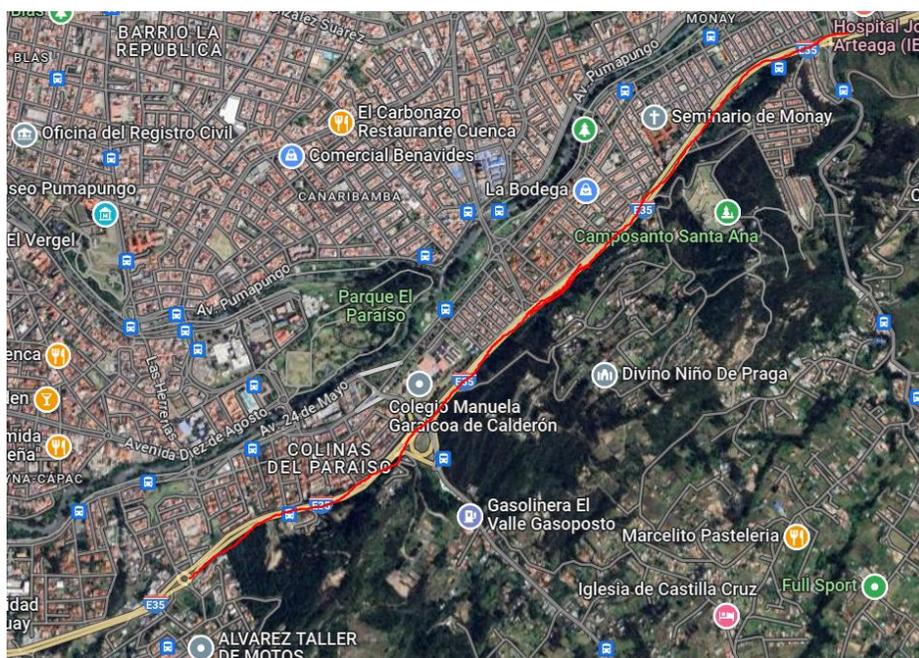


- Verificar la conexión de los cables, en caso de que exista demasiado ruido en la señal, en el momento en el que el vehículo este detenido, se debe comprobar que ningún cable este haciendo falso contacto, por lo que se debe revisar la continuidad

de los cables con los pines del sensor y con los terminales de conexión de la tarjeta DAQ.

- En un inicio la señal de voltaje nos debe reflejar el voltaje de alimentación de la tarjeta DAQ, comenzará a oscilar una vez puesto en marcha el vehículo.
- Realizar un trazado del lugar en donde se realiza la prueba, es decir marcar una ruta, la cual el vehículo pueda desarrollar, sin tener frenadas bruscas, que afecten en la toma de datos. La prueba se desarrolló tomando como punto de partida la rotonda Moyobamba, hasta el Hospital del IESS.

Figura 21 Ruta para prueba.



- El tramo que se escogió tiene una distancia de 3.6 km, para la prueba se realiza la toma de datos en 5 diferentes velocidades, por lo cual es de utilidad repartir la ruta en tramos, es decir que cada 0.72 km se cambiara la velocidad, dando como origen a la siguiente velocidad por ende una nueva toma de datos.

- La relación peso/potencia es algo a contemplar, si bien el vehículo tiene un peso bruto vehicular 1560 kg, con una capacidad de llevar hasta 7 persona, al momento de desarrollar la prueba, en el vehículo se encontraban 4 personas, con una media de peso de entre 65-80 kg.

Se mantuvo una velocidad constante durante la toma de datos, para su posterior extracción, no hubo una variación de la velocidad debido a que la ruta escogida no presentaba afluencia de tráfico. El comportamiento del software y el sensor fueron idóneos, mírese en la figura 22.

Figura 22 Adquisición de datos en prueba de ruta.

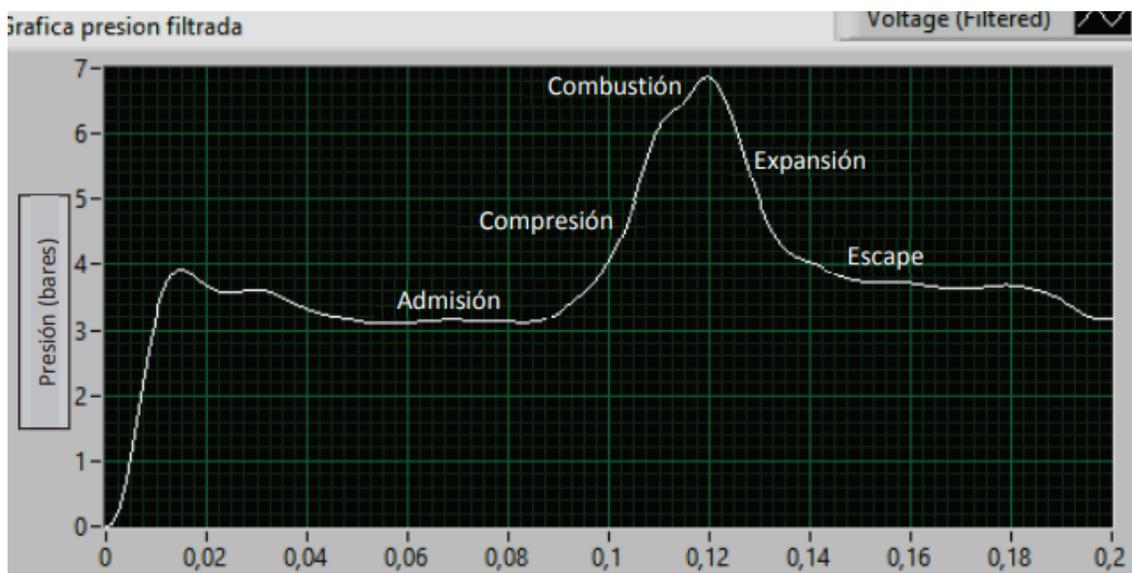


Proceso de Cálculo de las Variables de Respuesta

Para el cálculo de las variables de respuesta nos apoyamos en un modelo matemático desarrollado, basado en la obtención de presión con filtro, que para fines visuales y de interpretación se puede analizar la presión generada dentro del cilindro, este tipo de filtrado es de paso bajo, con una frecuencia de 60 Hz, lo que permite pasos de frecuencias bajas y atenuación de

frecuencia altas, lo cual nos ayuda a identificar los puntos necesarios durante la expansión para tomarlos como referencia para el cálculo de par y potencia. El modelo usado se puede observar en la figura 23

Figura 23 Grafica presión con filtro



Nota: Tomada de (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017)

Potencia

El modelo matemático propone una función en donde se toma los puntos durante la expansión, modelando la siguiente ecuación. Con esta ecuación se determina la potencia y se genera la gráfica que muestra el comportamiento de la variable a las diferentes velocidades planteadas como pruebas. Mírese la figura 24. Ecuación (7).

Ecuación 7 Potencia ajustada al modelo matemático

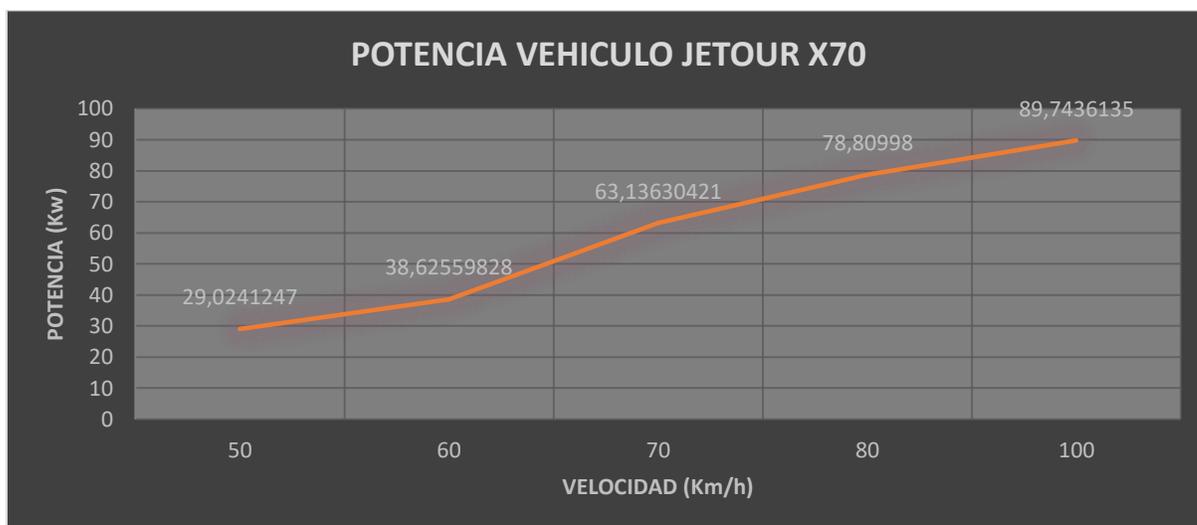
$$\begin{aligned}
 \text{Potencia}_{BA} = & -20,03 + 0,2120(X2) - 0,714(X3) + 27,75(X4) + 0,01422(X3^2) \\
 & + 0,00587(X2 * X3) + 0,0976(X2 * X4) - 0,4510(X3 * X4)
 \end{aligned}$$

Tabla 7 Puntos de potencia de señal, velocidad y cilindraje

POTENCIA DE LA SEÑAL	X2	63.513	69.3338	89.9497	93.535	68.7525
VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (km/h)	X3	50	60	70	80	100
CILINDRAJE EN LITROS	X4	1.5				

Tabla 8 Cálculo de velocidades

Calculo velocidad 50 (km/h)	29.0241247
Calculo velocidad 60 (km/h)	38.62559828
Calculo velocidad 70 (km/h)	63.13630421
Calculo velocidad 80 (km/h)	78.80998
Calculo velocidad 100 (km/h)	89.7436135

Figura 24 Comportamiento de la potencia en diferentes velocidades.**Par**

Para el cálculo del par se parte de los valores obtenidos como potencia de señal, la cilindrada y las diferentes velocidades en las que se realizaron las pruebas, el proceso de cálculo se detallara a continuación. Asu vez la función genera la gráfica del comportamiento del par a diferentes velocidades. Mírese en la figura 25. Ecuación (8).

Ecuación 8 Par ajustado al modelo matemático

$$\text{Par} = -45,44 + 01,151(X2) - 0,796(X3) + 60,83(X4) - 0,006785(X2^2) \\ + 0,01193(X3^2) + 0,1318(X2 * X4)$$

Tabla 9 Puntos de potencia de señal, velocidad y cilindraje para cálculo de par

POTENCIA DE LA SEÑAL	X2	63.513	69.3338	89.9497	93.535	68.7525
VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (km/h)	X3	50	60	70	80	100
CILINDRAJE EN LITROS	X4	1.5				

Tabla 10 Cálculo de velocidad para par

Calculo velocidad 50 (km/h)	94.11996367
Calculo velocidad 60 (km/h)	101.8868081
Calculo velocidad 70 (km/h)	114.9600746
Calculo velocidad 80 (km/h)	125.2670721
Calculo velocidad 100 (km/h)	146.1594378

Figura 25 Comportamiento de par a diferentes velocidades



6 CAPITULO III

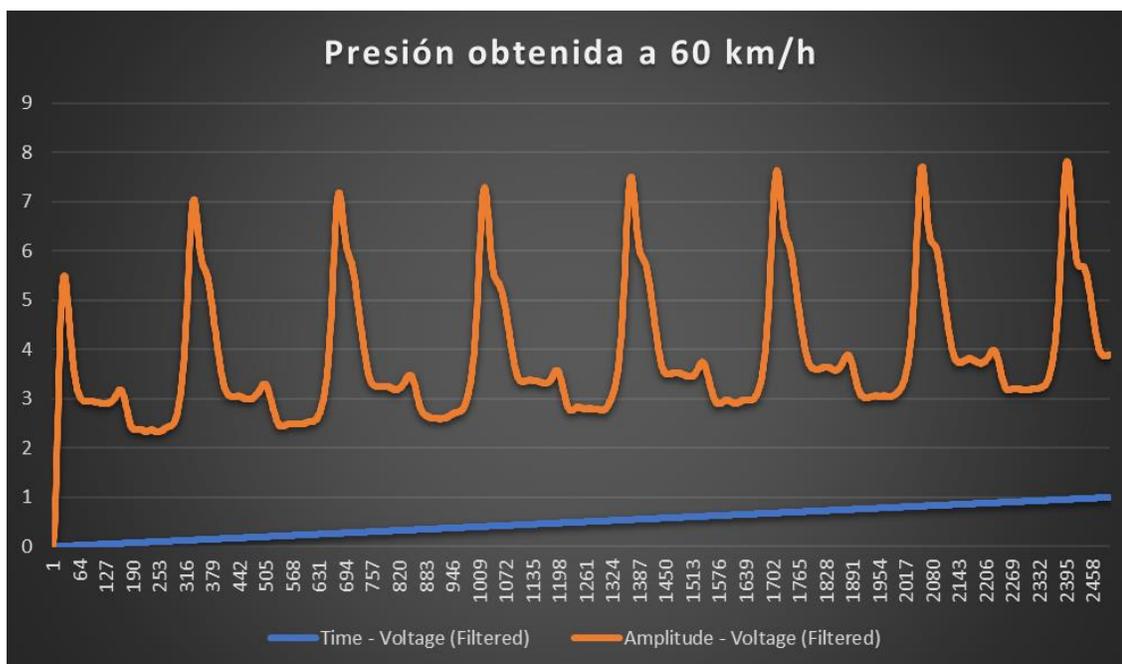
Análisis de Resultados

Con la base de datos adquirida de 2500 valores bajo ciertas condiciones establecidas se realiza un análisis estadístico que permite validar la información obtenida, a través de esto se construyen curvas características que definen el comportamiento del vehículo, en este caso la presión obtenida a 60 km/h se gráfica, como se puede apreciar en la figura 26.

En la figura 26 se observan patrones de funcionamiento equivalentes a lo definido por los ingenieros (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017), como se menciona en el capítulo dos, en los cuales se definen los siguientes resultados:

- A bajas velocidades se da un comportamiento relativo de amplitud pequeña, sin embargo, al aumentar la velocidad se observan picos más altos.
- Existen incrementos de temperatura pequeños que no inciden en el resultado
- Se toma en cuenta la incidencia del conductor con respecto a los datos obtenidos

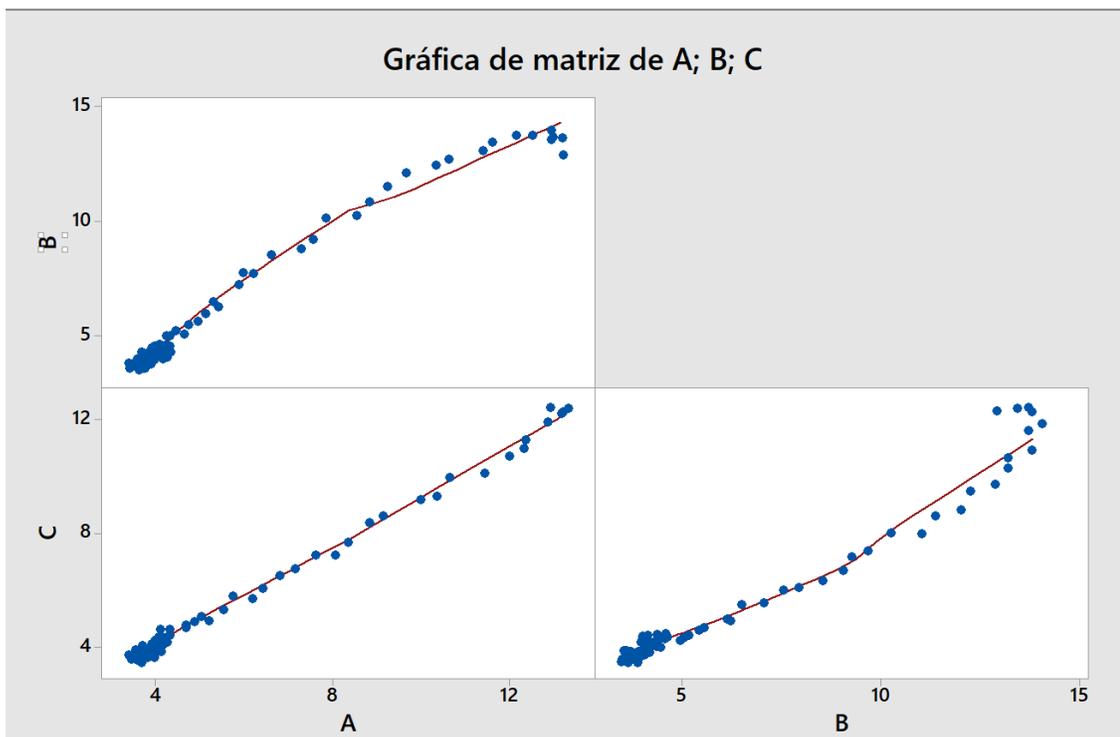
Figura 26 Gráfica de 2500 datos obtenidos a 60km/h



Selección de Datos

Para la selección de datos en el cálculo de potencia y par se analiza los valores obtenidos por medio de LabVIEW de la gráfica presión con filtro como se muestra en la Figura 20, extraídos los datos se procede a obtener únicamente los valores que se encuentran en tiempo de “Expansión” del motor, posteriormente se analiza de 84 a 100 datos en el software Minitab, y se colocan los datos obtenidos en diferentes corridas y se realiza un análisis por medio de gráfico de matriz simple, con ello se observa la dispersión de los datos de la línea de tendencia como se indica en la figura 27 y los datos con menor dispersión se los toma para realizar los cálculos, con el gráfico se asegura un nivel de confianza alto.

Figura 27 Gráfica de matriz para selección de datos



Determinación de Par y Potencia Basado en el Estudio Realizado Por (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017)

Para la determinación de par y potencia se elabora una definición de un cálculo en base a un algoritmo definido por (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017) siguiendo el protocolo de muestreo establecido, una vez obtenidos y analizados todos los datos se procede aplicar por medio de Matlab la ecuación (4) para la obtención de potencia de señal. En este caso para que el cálculo sea cabal de los 2500 valores se analizan de 100 a 200 datos, esto con el fin de que dicho resultado sea preciso. El algoritmo utilizado está basado en un análisis matemático y estadístico de regresión múltiple para vehículos a gasolina con cilindrada a de 1.4 a 2.4 L.

Se procede aplicar el modelo matemático planteado por los autores conociendo que:

- Potencia de señal (X2)

- Velocidad del vehículo (X3)
- Cilindraje en litros (X4)

Obtenidos los valores de potencia de señal se ejecutan los siguientes cálculos para las diferentes pruebas realizadas en el vehículo, esto teniendo en cuenta que existe un intervalo de confianza del 93% y un error máximo del 17% a bajas velocidades del vehículo y 0.005% a altas velocidades.

√ **Cálculo de potencia:**

$$\begin{aligned} \text{PotenciaBA} = & -20.03 + 0,2120(X2) - 0,714(X3) + 27,75(X4) + 0,01422(X3^2) \\ & + 0,00587(X2 * X3) + 0,0976(X2 * X4) - 0,4510(X3 * X4) \end{aligned}$$

Tabla 11 Resultados de potencia obtenidos

Velocidad del vehículo a 50 Km/h	<i>PotenciaBA = 29.02412</i>
Velocidad del vehículo a 60 Km/h	<i>PotenciaBA = 38.625598</i>
Velocidad del vehículo a 70 Km/h	<i>PotenciaBA = 63.136304</i>
Velocidad del vehículo a 80 Km/h	<i>PotenciaBA = 78.80998</i>
Velocidad del vehículo a 100 Km/h	<i>PotenciaBA = 89.7436</i>

√ **Cálculo de par:**

$$\begin{aligned} \text{Par} = & -45,44 + 01,151(X2) - 0,796(X3) + 60,83(X4) - 0,006785(X2^2) \\ & + 0,01193(X3^2) + 0,1318(X2 * X4) \end{aligned}$$

Tabla 12 Resultados de par obtenidos

Velocidad del vehículo a 50 Km/h	$Par = 94.119963$
Velocidad del vehículo a 60 Km/h	$Par = 101.886808$
Velocidad del vehículo a 70 Km/h	$Par = 114.960074$
Velocidad del vehículo a 80 Km/h	$Par = 125.267072$
Velocidad del vehículo a 100 Km/h	$Par = 146.1594$

Ya obtenidos los valores se proceden a graficar para su respectivo análisis como se muestra en la figura 28 y 29.

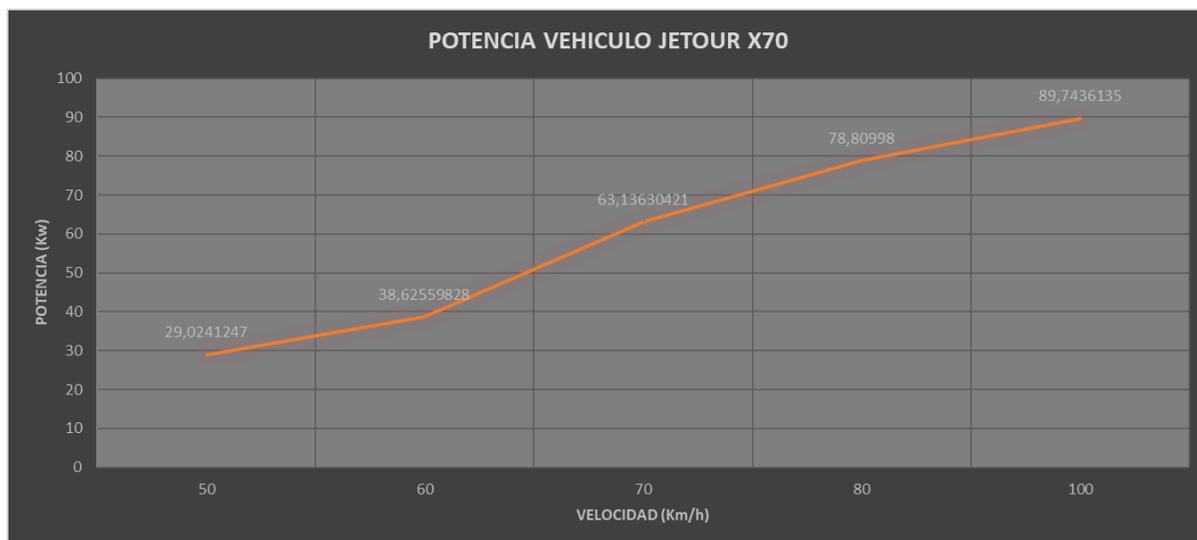
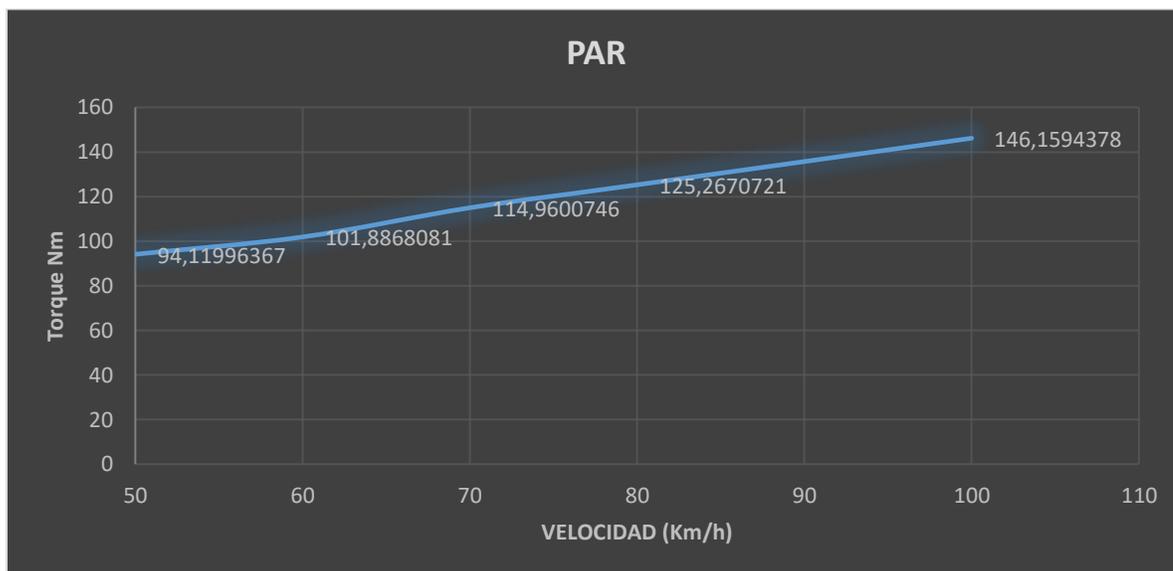
Figura 28 Gráfica de potencia obtenida con cálculos matemáticos

Figura 29 Gráfica de par obtenido con cálculos matemáticos

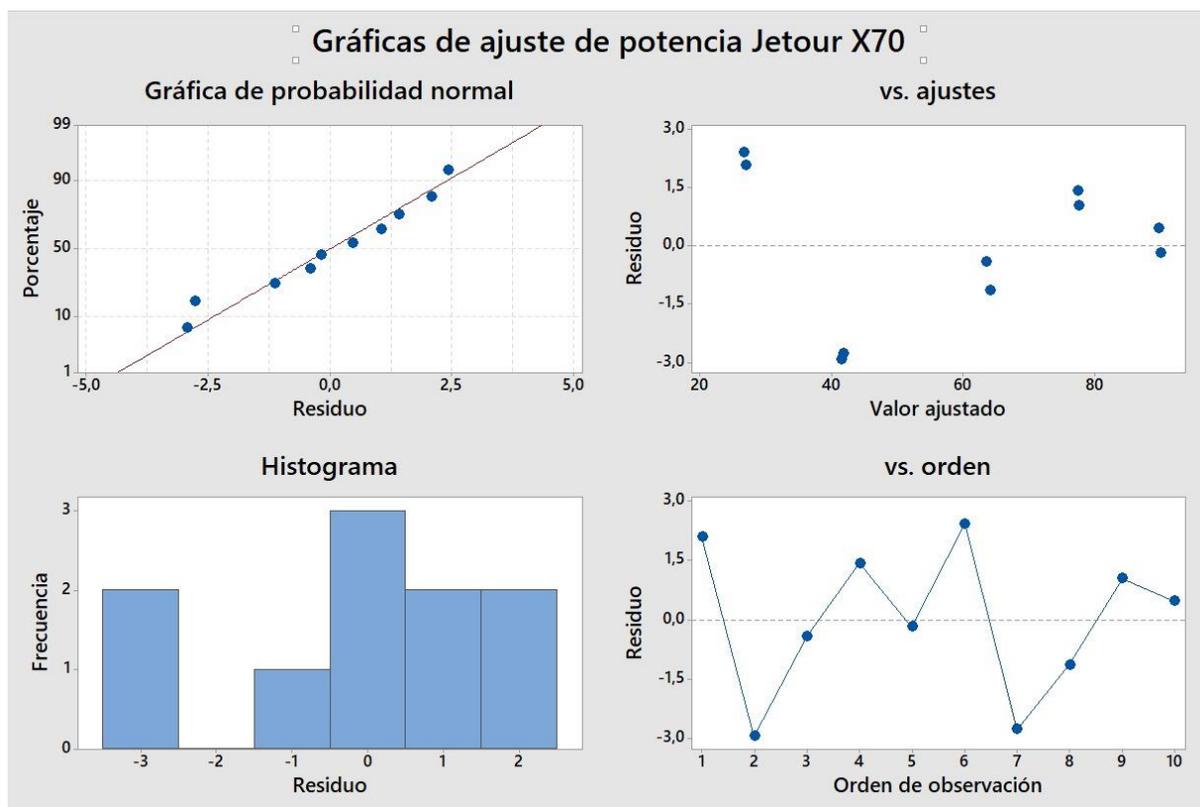


Validación de Ecuación General Por Medio de un Ajuste de Regresión Sobre el Vehículo Jetour X70

Una vez obtenida la base de datos se realiza una regresión múltiple para generar una ecuación que se ajuste al vehículo planteado, con ello se toma en cuenta la ecuación general de potencia obtenida por los autores (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017), y se ejecuta una comparativa para validar si la ecuación general de los autores se puede ajustar a un vehículo con tecnología Downsizing (motor turboalimentado).

En este caso se contempla los diferentes aspectos analizados por los autores, y se realiza una regresión múltiple con las variables ensayadas de manera inmediata, esto por medio de los valores obtenidos con el sensor conectado al vehículo turboalimentado. En consiguiente se obtiene graficas que nos indican el ajuste que se debe desarrollar en el vehículo y la ecuación del ajuste. Véase la figura 30 y 31.

Figura 30 Gráfica de regresión múltiple de ajuste del vehículo Jetour X70



Nota: Como se observa en la figura 30 en la gráfica de probabilidad normal se analiza si los datos numéricos provienen o no de una distribución normal, en este caso los datos cumplen con cierta normalidad, sin embargo, existen datos que ligeramente tienen una desviación, en el caso del histograma se indica la distribución de los residuos para todas las observaciones, para el valor de ajuste y de orden se corrobora que los residuos son aleatorios y no existe patrones establecidos, en el caso de vs. orden se puede notar que las variables influyen en la respuesta, dado el análisis en el software Minitab.

Figura 31 Ecuación de ajuste del vehículo Jetour X70

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-522	1850	-0,28	0,787	
Potencia de señal	0,4753	0,0634	7,50	0,000	1,16
Velocidad	1,2162	0,0453	26,85	0,000	1,16
Cilindrada	305	1233	0,25	0,813	1,15

Ecuación de regresión

$$\text{Potencia}_1 = -522 + 0,4753 \text{ Potencia de señal} + 1,2162 \text{ Velocidad} + 305 \text{ Cilindrada}$$

Una vez obtenida la ecuación de ajuste para el modelo de vehículo estudiado se realiza los cálculos con sus respectivas gráficas, para así comparar los datos conseguidos por la ecuación general de potencia de los autores con la ajustada al modelo matemático para el vehículo turboalimentado. La gráfica obtenida de la ecuación para el vehículo de prueba se muestra en la figura 32 y la gráfica comparativa se indica en la figura 33.

Figura 32 Gráfica de potencia obtenida con ajuste de datos para JetourX70

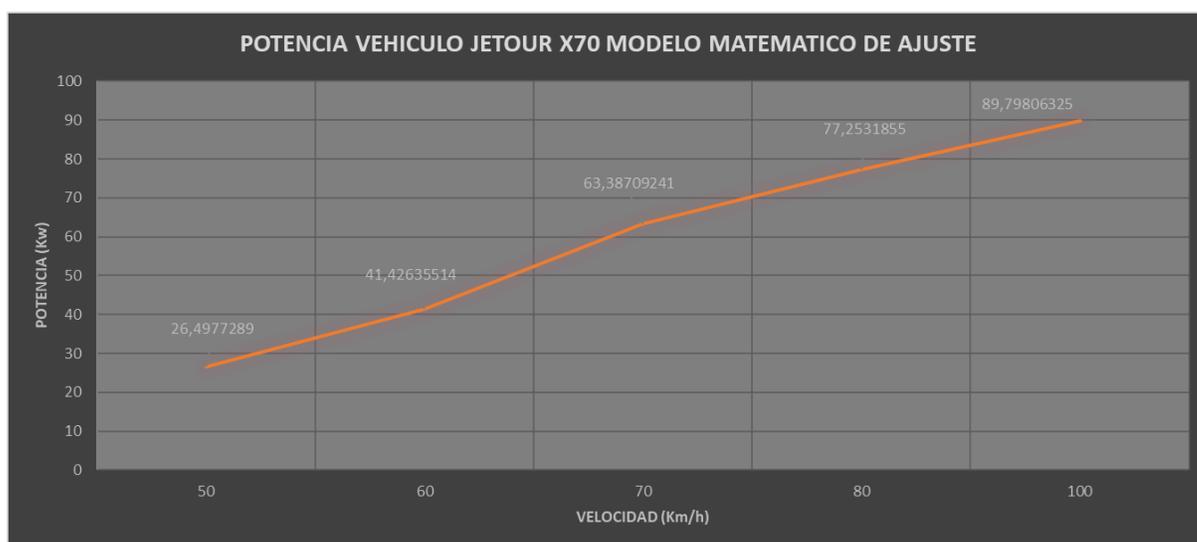
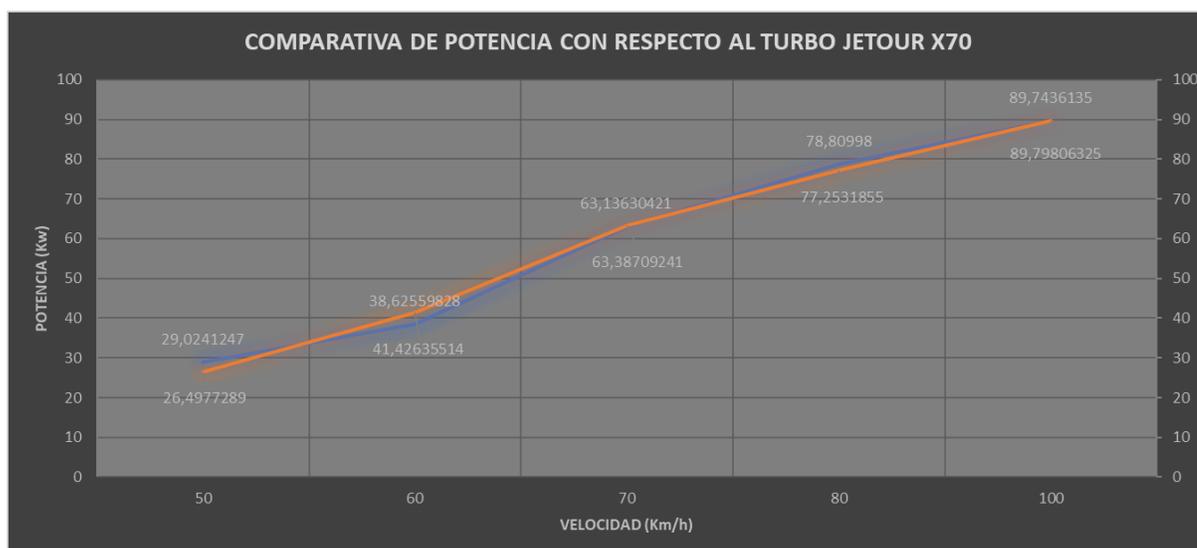


Figura 33 Gráfica comparativa de potencia con ajuste y ecuación general



Como se observa en la figura 33 la ecuación general con respecto a la ecuación ajustada brindan valores similares y a mayor velocidad se indican valores casi exactos en comparativa, por lo tanto se menciona que la ecuación general citada por los autores también puede utilizarse para vehículos con motor 1.5 turboalimentados, esto debido a que la incidencia de la potencia de señal que brinda el sensor es igual a la presión que se encuentra en el cilindro incluso con la sobrealimentación y al ser motor con cilindrada 1.5 la presión del cilindro no se aleja de los valores esperados en la ecuación, por ende se acepta la ecuación planteada y se procede al análisis de las gráficas obtenidas.

Cálculo y Análisis de Potencia a Bajas Revoluciones a Velocidades Constantes

Para la prueba de carretera y dado que el vehículo en estudio es turboalimentado se contempla la posibilidad de realizar el cálculo de potencia a bajas revoluciones, en propósito de que la incidencia del turbo en la potencia final del vehículo sea mínima, y con ello poder realizar un mejor análisis sobre la incidencia del turbo sobre la potencia final del vehículo, con relación a

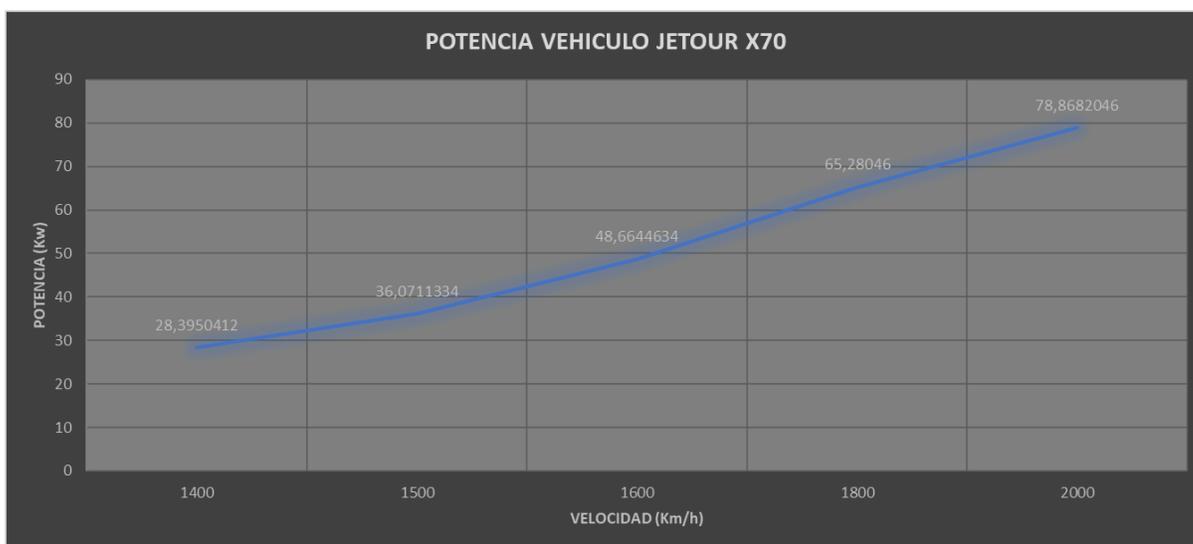
esto se realizaron cinco corridas experimentales con dos repeticiones a diferentes revoluciones como se indica en la tabla 13.

Tabla 13 *Revoluciones del vehículo a diferentes velocidades*

RPM DEL VEHÍCULO	1400	1500	1600	1800	2000
POTENCIA DE LA SEÑAL	28,3950412	36,0711334	48,6644634	65,28046	78,8682046
VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (km/h)	50	60	70	80	100

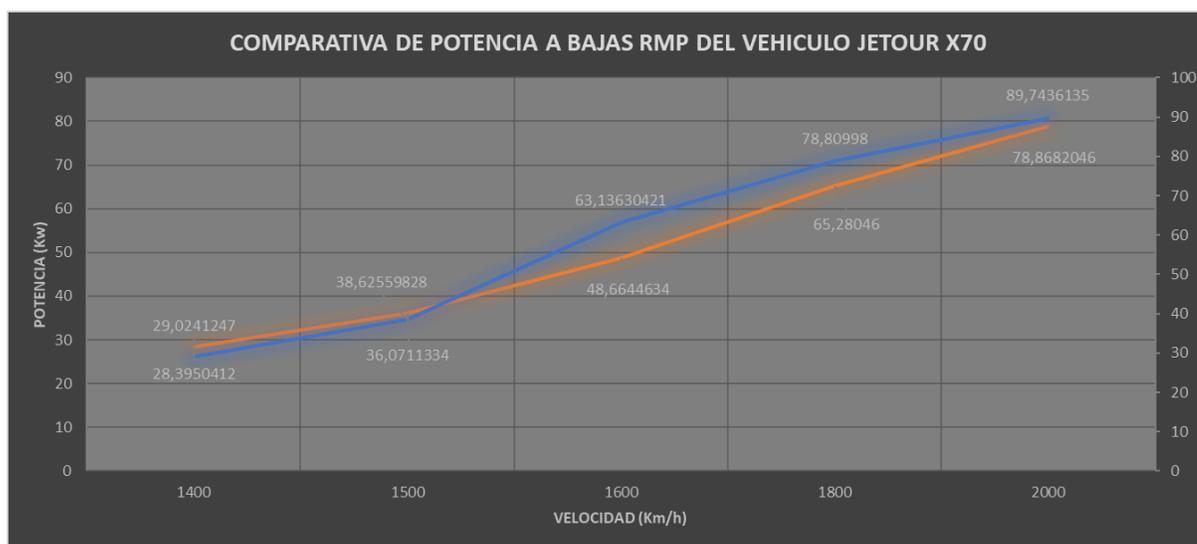
Obtenidos los valores se calcula con la ecuación general la potencia del vehículo y se gráfica para poder plantear un análisis. Véase la figura 34.

Figura 34 *Gráfica de potencia a bajas revoluciones.*



Alcanzada la gráfica de potencia en bajas revoluciones, para un mejor análisis se superpone la gráfica de potencia obtenida como se indica en la figura 35.

Figura 35 Gráfica comparativa de potencia a bajas revoluciones vs la potencia real obtenida



Como se observa en la figura 35 a bajas revoluciones existe una incidencia mínima del turbo sobre la potencia, sin embargo, al subir la velocidad manteniendo bajas las revoluciones se nota que existe gran repercusión del turbo sobre la potencia, con ello se comprueba que la mayor incidencia del turbo se da a 1600 rpm y la menor incidencia se da por debajo de 1500 rpm, además, se constata que a partir de las 1800 rpm empieza a funcionar el turbo dado que vuelve a reducir la incidencia que tiene sobre la potencia del vehículo.

Interpretación de Gráficas

Ya obtenida la base de datos y las gráficas por el modelo matemático, se procede a realizar un análisis e interpretación.

Interpretación de Gráfica de Potencia

Como se observa en la figura 28 se nota un incremento significativo de potencia cuando el vehículo alcanza los 70km/h, dados los análisis realizados se consigue mencionar que en este punto el motor empieza a tener una sobrealimentación y con ello existe una mejora significativa de

potencia, además, el vehículo alcanzo una potencia de 89.74 KW siendo la esperada por el fabricante de 111.52 KW, con esto se comprueba que existe una pérdida de 19.51%, analizado el resultado se menciona que la perdida de potencia tiene varios factores como: el tiempo de uso del vehículo, gasolina utilizada en la experimentación y la altitud de la ciudad de Cuenca.

Interpretación de Gráfica de Par

Como se aprecia en la figura 29 el par calculado alcanza 146.15 Nm y se logra notar un ligero incremento a partir de los 70 Km/h, sin embargo, no siendo tan significativo como se observa en la potencia. En este caso el torque esperado por el fabricante es de 210 Nm, por lo tanto, se obtiene estadísticamente que el real calculado incide en 30.40% al esperado por el fabricante, esta incidencia se puede justificar por el combustible utilizado durante las pruebas y el peso del vehículo con los pasajeros.

7 CONCLUSIONES

A través del estado del arte se analizaron diversos conceptos, los cuales, por medio de su entendimiento permitieron a los autores encontrar métodos para parámetros y funcionamiento de motores turbo alimentados mediante la estimación de la presión media efectiva, además conocer la influencia de un vehículo con turbo alimentación en resultados teóricos de par y potencia que posteriormente se analizaron mediante parámetros reales.

Se establecen protocolos de muestreo como se indica en el capítulo dos que facilitan obtener bases de datos de par y potencia tanto en pruebas dinámicas de ruta como en banco dinamométrico.

En el análisis estadístico se obtuvieron curvas de tendencia de rendimiento y comportamiento del motor en diferentes pruebas en la ciudad de Cuenca, en las cuales se observan ciertas características de las curvas obtenidas.

Además, Mediante la presente investigación fue posible determinar la potencia real de un Jetour X70 con tecnología downsizing mediante el uso de bujía con sensor de presión adaptado en las cuales se obtienen valores de potencia máxima de 89.74 KW y par máximo de 146.15 Nm, esto en condiciones reales de funcionamiento, por medio de un algoritmo matemático de ajuste de regresión múltiple creado por los autores citados (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017).

En este contexto los valores obtenidos reflejan dos resultados de análisis; la realidad del medio por las condiciones geográficas en la ciudad y el efecto del turbo, esto sobre los valores reales obtenidos. A través del análisis se puede corroborar diferentes efectos en los cálculos, como son: la gasolina utilizada, la condición geográfica y el turbo compresor. Sabiendo que se utilizó gasolina Eco país de (85 octanos), se demuestra experimentalmente que existe una pérdida

porcentual de potencia de 19.512% y una pérdida de 30.40% de par, en comparación a lo mencionado por el fabricante, en este punto se indica que existen diferentes estudios sobre el efecto de la gasolina con respecto a la potencia (Rivera & Chica, 2015). Además, se realizó un estudio en el cual se calculó par y potencia a bajas revoluciones, esto con el fin de comprender de mejor manera el efecto del turbo compresor sobre el resultado final de potencia y par, obteniendo valores a altas revoluciones muy similares, pero obteniendo un valor de potencia total de 78.86 KW, llevando esto a un análisis estadístico se comprueba que la incidencia del turbo con respecto a la potencia es de 9.75%, comprobando que el mayor afecto se encuentra alrededor de las 1600 Rpm.

En el análisis de las curvas de tendencia a bajas revoluciones se observa que las gráficas de potencia y par tienen un comportamiento lineal y en un momento dado existe un incremento significativo, con ello podemos mencionar que al 1800 rpm el turbo cumple con los requisitos de trabajo para su funcionamiento.

Se comprueba que la ecuación general citada por los autores (Castillo, Rojas, & Marínez, 2017) se puede utilizar en un vehículo a gasolina con motor 1.5 sobrealimentado, esto debido a que la ecuación general no sobrepasa los valores esperados de presión, por lo cual la ecuación demuestra el par y potencia reales con un margen de confianza de 92%.

8 RECOMENDACIONES

Se recomienda que al utilizar este método alternativo para el cálculo de par y potencia el vehículo experimentado se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento, además que se siga el protocolo de muestreo indicado, esto con el fin de que los datos sean lo más exactos posibles.

Se recomienda que la presente investigación sea aplicada en investigaciones futuras como, por ejemplo, análisis de par y potencia con diferentes gasolinas en vehículos turboalimentados.

Es recomendable que se utilice gasolina super en las pruebas experimentales para conocer mejor y de manera más clara el efecto que tiene la gasolina con respecto a la situación geográfica con vehículos con tecnología downsizing.

Para realizar las pruebas con el sensor piezoeléctrico es importante conocer que su rango de medición no debe ser mayor a los 140 bares y debe tener un tiempo de respuesta de 2ms, esto con el fin de que el monitoreo a bajas presiones en el cilindro sea lo más exacto.

Se recomienda que siempre se realice una caracterización del sensor debido a que en algunos casos los sensores varían su voltaje de señal, por lo cual puede afectar de manera significativa los resultados en caso de ocupar caracterizaciones anteriores.

9 BIBLIOGRAFÍA

- AEADE. (2022). BOLETÍN DE PRENSA, VENTA DE VEHÍCULOS - RESUMEN. Obtenido de <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/09/BOLETIN-DE-VENTAS-PARA-PRENSA-SEPTIEMBRE-2022.pdf>
- Agilar, D., & Coyago, L. (2021). El Impacto De Las Marcas Automotrices Chinas, Su Venta Y Participación De Mercado En El Segmento De Automóviles Del Azuay En Los Años 2015-2020. *Trabajo De Titulación*. Cuenca, Ecuador: Universidad Del Azuay.
- Alcala. (28 de Abril de 2020). Obtenido de <https://www.desguacesalcala.com/blog/las-partes-que-componen-un-motor-diesel/>
- Assis, A., Almeida, F., Almeida, A., & Gesteira, L. (2016). Downsizing de motores asociado ao uso de turbocompressor. *II Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricación*, 345-360.
- ONU. (25 de septiembre de 2015). *objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- AUTOAVANCE. (12 de Julio de 2019). Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/prueba-de-inyectores-diesel/>
- AUTOMOTOR.WIKI. (s.f.). Obtenido de AUTOMOTOR.WIKI: <https://autofit-spain.es/mejores-comprobadores-inyectores/>
- Bosh. (s.f.). *Bosh*. Obtenido de https://senatielectronica.files.wordpress.com/2018/03/catalogo_toberas_2015.pdf
- Cáceres, C. (s.f.). *Academia.edu*. Obtenido de Academia.edu: https://www.academia.edu/14374466/PRUEBAS_DE_INYECTORES

- Castillo, J., Rojas, V., & Martinez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*, 30-39.
- Cedillo, A. (Julio de 2017). ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS TAXIS DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA START-STOP. *PROYECTO DE TITULACIÓN*. Cuenca, Ecuador: Universidad Del Azuay.
- Coba, G. (2022). *Arencelas de vehiculos de la union europea*. Quito: Primicias.
- Den. (08 de junio de 2021). *AUTODOC*. Obtenido de <https://club.autodoc.es/magazin/motor-diesel-caracteristicas-problemas-mejores-modelos>
- Derco Center*. (s.f.). Obtenido de Derco Cener: <https://www.dercocenter.cl/noticias/como-funciona-un-motor-diesel>
- Ecured*. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Motor_di%C3%A9sel
- Ferreira, F., & Almeida, A. (2012). Induction motor downsizing as a low-cost strategy to save energy. *Journal of Cleaner Production* , 117-131.
- Ferreira, F., & Almeida, A. (2022). Large-Scale Downsizing of Induction Motors Requiring Stator Rewinding as a Low-Cost Strategy to Save Energy and Extend Motors Lifetime. *International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems*, 12-20.

FRAM. (s.f.). Obtenido de <https://www.fram-europe.com/es/productos/filtros-de-diesel.html#:~:text=La%20funci%C3%B3n%20del%20filtro%20de,almacenamiento%2C%20las%20reparaciones%2C%20etc>.

Jomafa. (s.f.). Obtenido de jomafa.com/alimentacion-e-inyeccion/5706-bomba-para-comprobar-inyectores-diesel.html

Laboratorio de Inyeccion tecnologia y servicios Diesel. (s.f.). Obtenido de https://tecservdiesel.com/blog/dt_portfolios/venta-de-inyectores-diesel/

Lecuona, A., Noriega, J., & Legrand, M. (2015). Temperatura de los gases de escape en motores turboalimentados. *IX Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica*, 6-12.

López, A. (junio de 2015). SOBREALIMENTACIÓN DE UN MOTOR ALTERNATIVO DE IGNICIÓN FORZADA DE BAJA CILINDRADA. DOWNSIZING. *Trabajo Final De Grado*. Leganés: Universidad Carlos III De Madrid.

motoresymas. (16 de abril de 2012). Obtenido de <https://motoresymas.com/cont-tecnico/funcionamiento-del-filtro-de-combustible-diesel/>

MUNDOCARROS.INFO. (s.f.). Obtenido de [MUNDOCARROS.INFO: https://mundocarros.info/tipos-de-pistones-para-motores-diesel/](https://mundocarros.info/tipos-de-pistones-para-motores-diesel/)

Power Diesel. (s.f.). Obtenido de <https://www.powerdiesel.com.ar/tienda/producto/injector-hyundai-santa-fe-tucson-sportage-2-0-crdi-2-2-crdi/>

Reynasa. (15 de abril de 2019). *REYNASA*. Obtenido de <https://www.reynasa.es/partes-y-funcionamiento-de-los-inyectores-diesel/#:~:text=El%20combustible%20penetra%20hacia%20la,portatobera%20con>

%20un%20manguito%20roscado.&text=Ese%20cierre%20estanco%20de%20la,orificio%20de%20salida%20del%20inyector.

Rodes. (s.f.). Obtenido de <https://www.ro-des.com/mecanica/averias-inyectores-coches-gasolina-o-diesel/>

Sanchez, C. (16 de septiembre de 2014). Obtenido de <https://seguros.elcorteingles.es/blog/motor/automovil/importancia-de-cambiar-el-filtro-del-aire-del-coche/#:~:text=Por%20cada%20litro%20de%20gasolina,grave%20en%20no%20mucho%20tiempo.>

Torres, D. (Junio de 2016). *ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO ALTERNATIVO PARA MOVILIDAD EN EL CANTON DE CUENCA. MAESTRÍA EN SISTEMAS VEHICULARES.* Cuenca, Ecuador: Universidad Del Azuay.

Tunap. (s.f.). Obtenido de https://www.tunap.es/es/tunap/bereiche_produkte/automotive/sortiment/kraftstoff/Fuelsystem.php

Villegas, J., Gao, B., Svancara, K., Warren, T., & Parra, J. (2011). Real-time Simulation and Control of an Electric Supercharger for Engine Downsizing. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 1-6.

Ficha X70 Jetour. (DICIEMBRE de 2022). Obtenido de https://www.rutamotor.com/wp-content/uploads/2020/12/FICHA_X70_JETOUR-DIGITAL-DICIEMBRE-2020.pdf

10 ANEXOS

Datos técnicos sensor piezoeléctrico

0 261 545 053

1/2

High-pressure sensors

Measurement up to 14 MPa

- Ratiometric signal evaluation (relative to supply voltage)
- Self-monitoring offset and sensitivity.
- Excellent media resistance as the medium only comes into contact with stainless steel.
- Resistant to brake fluids, mineral oils, fuel, water and air.
- Protection against reverse polarity, overvoltage and short circuit of the output to supply voltage or ground.

**Application**

Pressure sensors of this type are used in motor vehicles to measure the pressure in a braking system or in the fuel rail of direct-injection gasoline engines or common-rail system diesel engines.

Design and operation

Use is made of polysilicon metal thin-film strain gauge elements. These are connected to form a Wheatstone bridge. This permits good signal utilisation and temperature compensation. The measurement signal is amplified in an evaluation IC and corrected with regard to offset and sensitivity. Further temperature compensation is then implemented, so that the calibrated measurement cell and ASIC unit exhibits only a low degree of dependence on temperature. The evaluation IC also incorporates a diagnosis function for detection of the following possible faults: - Break in bonding wire to measurement cell. - Break in any signal wire at any point. - Break in supply and ground wire at any point. Only for 0 265 005 303 The following additional diagnosis function distinguishes this sensor from conventional sensors: The comparison of two signal paths in the sensor permits detection of - Offset error - Amplification error.

Storage conditions

Temperature range: -30...+60 °C
 Rel. humidity: 0...80 % rF
 Maximum storage time: 5 years
 The specified storage conditions do not cause any change in function.
 The sensors are no longer to be used once the maximum storage time has expired.

Robert Bosch GmbH
 Automotive Aftermarket
 Postfach 410960
 76225 Karlsruhe
 Germany

www.bosch-sensoren.de

Explanation of characteristic quantities

U_k Output voltage
 U_s Supply voltage
 bar Pressure
 U_i Input voltage
 p Pressure [MPa]
 C_1 0.1
 C_2 0.8 - p / $P_0 P_N$ Rated pressure [MPa]
 For 0 265 005 303:
 C_1 0.75
 C_2 0.12 - p / P_N



BOSCH
 Invented for life

0 261 545 053

2/2

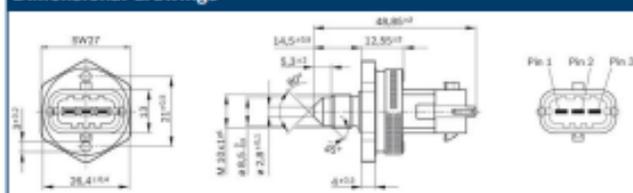


Part number

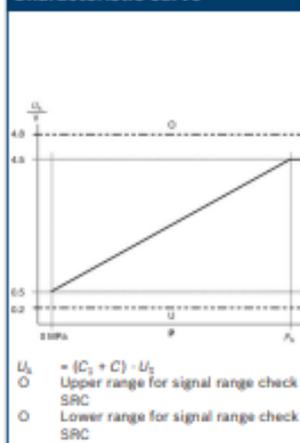
0 261 545 053

Technical data		
Pressure range 140 (14)	P_N	bar (MPa)
Pressure-sensor type		KV4.2
Thread		M 10 x 1
Connector		Compact 1.1
Application/medium		Unleaded fuel
Max. feed voltage 16	U_L	V
Supply voltage $5 \pm 0,25$	U_V	V
Supply current 12...15	I_V	mA
Load capacitance to ground 13		nF
Temperature range 40 ...+ 130		°C
Max. overpressure 1800	P_{max}	bar
Rupture pressure >1500	P_{burst}	bar
Response time 2	$\tau_{50/90}$	ms

Dimensional drawings



Characteristic curve



Measurement circuit



Ficha Técnica Jetour X70

X70**JETOUR**

MOTOR	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
MOTOR:	1.5 TURBO a INTERCOOLER			
POTENCIA:	150 hp			
TORQUE:	210 Nm			
TRANSMISIÓN:	SMT	SMT	SAT	SAT
EMISIÓN ESTÁNDAR:	EURO V			

SEGURIDAD	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
AIRBAG FRONTALES:	●	●	●	●
AIRBAG LATERALES:	—	●	—	—
FRENOS FRONTO POST:	DISCO	DISCO	DISCO	DISCO
ANCLAJE ISOFIX (ASENTO NIÑOS):	●	●	●	●
HAC. ASISTENTE EN PENDIENTE:	●	●	●	●
ABS: SISTEMA DE FRENO ANTIBLOQUEO	●	●	●	●
EBD (DISTRIBUCIÓN ELECTRICA DE FRENO)	●	●	●	●
ESA: SISTEMA DE ESTABILIZADO ELECTRONICO	●	●	●	●
TCS / ESTABILIZADOR DE ESTABILIDAD ELECTRONICO	●	●	●	●

INTERIOR	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
LLAVE INTELIGENTE:	—	●	●	●
VOLANTE CUERO:	—	●	●	●
VOLANTE MULTIFUNCIÓN:	●	●	●	●
PANTALLA CENTRAL 10":	—	●	●	●
PANEL DIGITAL DE INSTRUMENTOS 12.3" —	—	●	●	●
SISTEMA MULTIMEDIA: DVD	DVD	DVD	DVD	DVD
NUMERO PARLANTES:	6	6	6	6
RETROVISOR ELECTRICO:	●	●	●	●
SUNROOF PANORAMICO:	—	●	●	●
ESPALDADEROS ELECTRICOS DIRECCIONALES:	—	—	—	●
PUERTAS DELANTERAS CON PUERTAS DE APERTURA ELECTRICA:	—	—	—	●
NUMERO DE ASIENTOS:	7	7	7	7
CAPACIDAD MALETERO:	1280 L			

ADAS	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
SISTEMA AVANZADO DE ASISTENCIA AL MANEJO (ADAS)				
SISTEMA DE AVERTENCIA DE CAMBIO DE CARRIL:	—	●	●	●
MONITOREO DE PUNTO CIEGO:	—	●	●	●
CÁMARA PANORÁMICA 360:	—	●	●	●
FUNCIÓN DE ESTACIONAMIENTO 3D:	—	●	●	●
FUNCIÓN DE REGISTRO DE CONDUCCIÓN:	—	●	●	●
RADAR POSTERIOR:	—	●	●	●
RADAR FRONTAL:	—	—	—	●



SUSPENSIÓN	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
FRONTAL:	MACPHERSON INDEPENDIENTE			
POSTERIOR:	ENLACES MÚLTIPLES (MULTIBRAZO)			
NEUMÁTICOS:	R19 20	R19 20	R19 20	R19 20



EXTERIOR	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
ANTENA ALETA DE TIBURÓN:	—	●	●	●
CÁMARA DE REVERSA:	●	●	●	●
SENSORES DE PARQUEO:	—	●	●	●
ESTRUCTURA DEL CUERPO:	SUV (5 PUERTAS / 3 FILAS DE ASIENTOS)			
CÁMERA CON SENSOR DE APERTURA ELECTRICA:	—	—	—	●

EXTRAS	I-MT	II-MT	II-AT	III-AT
FUNCIÓN AUTOHOLD:	●	●	●	●
CONTROL CRUCERO:	—	—	●	●
MONITOR DE PRESIÓN EN LLANTAS:	—	—	●	●
SISTEMA ANTIFURTO ELECTRONICO DE MOTOR (EMMO):	—	●	●	●



Norma INEN 960

Norma Técnica Ecuatoriana	VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NETA DEL MOTOR	INEN 960 1983-04
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método general de ensayo para motores de vehículos automotores, para evaluación de su rendimiento, con el propósito de la elaboración posterior de curvas de potencia y consumo específico de combustible a carga completa, como funciones de la velocidad de la máquina.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a máquinas de combustión interna usadas en vehículos automotores (excluyendo motocicletas y tractores) que trafican usualmente las calles y/o carreteras, que estén incluidos dentro de las categorías siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - motores de combustión interna a pistón de movimiento alternativo (encendido por bujías o por inyección de combustible), excluyendo los de pistón libre; - motores de émbolo rotativo. <p>Estos motores podrán estar provistos de un dispositivo de sobrecarga mecánica o de turbo alimentadores.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Potencia neta. La potencia obtenida en el eje motor o en su equivalente, a la velocidad especificada por el fabricante, estando el motor equipado con los dispositivos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento en su aplicación particular.</p> <p>3.2 Dispositivos auxiliares. Los equipos y dispositivos enunciados en la Tabla 1.</p> <p>3.3 Equipo standard de producción. Cualquier equipo que es provisto normalmente por el fabricante, para aplicación particular del motor.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 Exactitud de las mediciones</p> <p>4.1.1 Momento. El diámetro debe ser tal, que el primer cuadrante de la escala no se use. Debe tener una exactitud dentro de $\pm 0,05\%$ del valor máximo de la escala.</p> <p>4.1.2 Velocidad. La velocidad del motor debe ser leída de preferencia con un cuenta - revoluciones y con un cronómetro sincronizado automáticamente. La exactitud de los valores medidos debe ser de $\pm 0,05\%$.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

TABLA 1. Dispositivos Auxiliares

	DISPOSITIVOS	NOTAS
1	Sistema de admisión Múltiple de admisión Filtro de aire Silenciador de admisión Sistema de control de emisiones Sistema de limitación de velocidad	
2	Sistema de calefacción del múltiple de admisión	Colocado en la posición más favorable posible
3	Sistema de escape: Purificador Múltiple de escape Toberas Silenciador Tubo de escape Freno de escape	Si es posible armar el sistema de escape para el ensayo, se debe reemplazar por otro equivalente en restricciones con la aprobación del fabricante Si existe un freno de escape, la válvula puede ser retirada o colocada en posición de abierta totalmente
4	Bomba de combustible	La presión de alimentación del combustible puede ser ajustada, en caso de necesidad, para producir circunstancias especiales de aplicación del motor.
5	Carburador	
6	Equipo de inspección (diesel) Primer filtro Segundo filtro Bomba Cañería de alta presión Inyector Válvula de admisión de aire Regulador	La válvula de admisión de aire es el control neumático de la bomba de inyección
7	Equipo de enfriamiento del líquido refrigerante Tapa del motor Radiador	El radiador, el ventilador, la bomba de agua y el termostato, deben colocarse en el banco de pruebas en las mismas posiciones relativas que ocupan en el vehículo. La circulación de agua debe ser activada solamente por la bomba. El enfriamiento puede ser producido por el radiador o por circuito externo, siempre que la pérdida de la presión en este circuito permanezca sustranciamente la misma que la del motor

(Continua)

Continuación de la tabla 1

7	<p>Ventilador Tapa del ventilador</p> <p>Tapa del ventilador Bomba de agua Termostato</p>	<p>Si hay un ventilador desconectado, la potencia neta debe determinarse primeramente con el ventilador desconectado y luego conectado</p> <p>Cuando el ventilador no se puede instalar en el cambo de pruebas, la potencia absorbida por el ventilador debe determinarse por las mismas velocidades utilizadas para las mediciones del motor. Esta potencia debe restarse de la potencia corregida, para obtener la potencia neta.</p>
8	<p>Equipo de enfriamiento de aire Tapa del ventilador Ventilador</p> <p>Ventilador auxiliar del banco de pruebas Dispositivo de regulación de temperatura</p>	<p>(Las notas del numero 7 aplicables al ventilador, se aplican también para enfriamiento por aire)</p> <p>Si fuese necesario</p>
9	Equipo electrico	La potencia del generador debe limitarse a la necesaria para el funcionamiento de accesorios que son indispensables para el motor. No debe cargarse la bateria durante el ensayo.
10	<p>Equipo de sobrealimentación. Compresor movido por motor, o por gases de escape</p> <p>Intercambiador del calor</p> <p>Bomba o ventilador de refrigeracion Regulación del flujo de refrigerante Ventilador auxiliar del banco de pruebas</p>	<p>La temperatura de aire en el múltiple de admisión debe ser la especificada por el fabricante, en el caso de haberla.</p> <p>Si fuese necesario</p>
11	Dispositivo anti- contaminantes	

(Continua)

4.1.3 *Consumo de combustible.* Exactitud de $\pm 1\%$

4.1.4 *Temperatura del aire de admisión.* Exactitud de $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.1.5 *Presión barométrica.* $\pm 70\text{ Pa}$ (0,70 mbar).

4.1.6 *Presión en el ducto de escape.* $\pm 25\text{ Pa}$ (0,25 mbar).

4.2 Ensayos

4.2.1 Dispositivos auxiliares

4.2.1.1 Durante el ensayo, los dispositivos auxiliares especificados en la Tabla 1 deben instalarse en lo posible en la misma posición que en la aplicación en el motor. Deberán retirarse los equipos auxiliares del vehículo que no son necesarios para el funcionamiento del motor, como por ejemplo:

- Compresor de aire para frenos,
- Compresor de suspensión
- Sistema de aire acondicionado

En los casos en que se deban retirar accesorios, la potencia absorbida por los mismos, deberá determinarse y añadirse a la potencia medida del motor.

4.2.2 Dispositivos auxiliares para arranque de motores a diesel

4.2.2.1 Tratándose de motores a diesel, deben considerarse los dos casos siguientes:

- a) *Arranque eléctrico.* El generador está instalado y suministra, cuando sea necesario, la energía para los auxiliares indispensables para el funcionamiento del motor.
- b) *Arranque no eléctrico.* Si existe cualquier otro dispositivo auxiliar eléctricamente movido, indispensable para el funcionamiento del motor, se instalará el generador para suministrar la energía de estos accesorios. De lo contrario, deberán retirarse. En cualquier caso, el sistema para producir y acumular la energía necesaria para el arranque, debe estar instalado y funcionar cuando no se aplica al motor.

4.3 Condiciones de ajuste

4.3.1 Las condiciones de ajuste durante el ensayo, para la determinación de la potencia neta, se indican en la Tabla 2.

TABLA 2. Condiciones de ajuste

1	Ajuste al carburador	De acuerdo a las especificaciones del fabricante, utilizados sin ninguna alteración posterior para la aplicación particular
2	Ajuste al sistema de inyección a la bomba	
3	Inyección o regulador de la inyección	
4	Ajuste del regulador	

(Continua)

4.4 Condiciones de ensayo

4.4.1 El ensayo de potencia neta consistirá en marcha a plena admisión para motores de bujías, y a plena carga de la bomba de inyección para motores a diesel. El motor estará equipado según la Tabla 1.

4.4.2 Los datos de rendimiento deben obtenerse bajo condiciones estables de funcionamiento, con un adecuado suministro de aire fresco. Los motores deberán arrancarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Las cámaras de combustión de motores a bujías podrán contener depósitos, pero en cantidades limitadas. Las condiciones de ensayo, tales como la temperatura en la tobera de admisión, deberán seleccionarse lo más aproximadamente a las condiciones de referencia, para minimizar la magnitud del factor de corrección.

4.4.3 La temperatura del aire de admisión al motor (aire ambiental) debe medirse dentro de 0,15 m máximo en la entrada al filtro de aire y, si esto no existe, dentro de 0,15 m de la tobera de admisión. El termómetro o la cupla - térmica debe protegerse de radiación del calor y debe localizarse directamente en el torrente de aire. Debe también protegerse de gotas de combustible. Una cantidad suficiente de medidas en sitios distintos, deberá ser un promedio representativo de la temperatura.

4.4.4 No se deben tomar datos, a menos que el momento, velocidad y temperatura, hayan sido mantenidos constantes por lo menos durante un minuto.

4.4.5 La velocidad del motor durante una prueba o lectura, no debe desviarse de la velocidad seleccionada, en más de $\pm 1\%$ o en ± 10 rev/min.

4.4.6 La fuerza de frenado observada, consumo de combustible y temperatura de aire de admisión, deben anotarse simultáneamente y, en cada caso, deben ser los promedios de dos valores estables que no varían más del 2% por la fuerza de frenado y consumo de combustible.

4.4.7 Para la medición del consumo de combustible con un contador automático de tiempo, el tiempo mínimo de medición no debe ser inferior a 30 s; para medición manual, no menor a 60 s.

4.4.8 La temperatura de salida del refrigerante en motores enfriados por líquidos, debe controlarse y mantenerse a $80 \pm 5^\circ\text{C}$, a menos que el fabricante especifique otra cosa. Para motores refrigerados por aire, la temperatura debe mantenerse con tolerancia de 20°C respecto al valor indicado por el fabricante.

4.4.9 La temperatura del combustible en la entrada de la bomba o en el carburador, debe mantenerse dentro de los límites especificados por el fabricante.

4.4.10 La temperatura del aceite lubricante medida en el (carburador) depósito de aceite o en la salida del sistema de enfriamiento de aceite, de existir, debe mantenerse dentro de los límites especificados por el fabricante.

4.4.11 La temperatura del gas de escape debe medirse en un punto del tubo de escape adyacente al final del múltiple de escape. Esta temperatura debe mantenerse entre los límites establecidos por el fabricante.

(Continúa)

4.4.12 Para motores a diesel, el combustible utilizado no debe contener aditivos para la suspensión del humo. En caso de disputa, el ensayo deberá hacerse con combustible clasificado bajo la sigla CEC - RF - 03-T-69.

5. FACTORES DE CORRECCION

5.1 Definición del factor K_s

5.1.1 Es el factor por el cual debe multiplicarse la potencia observada, para determinar la potencia del motor bajo las condiciones atmosféricas de referencia.

5.2 Condiciones atmosféricas de referencia

5.2.1 *Temperatura.* 25°C (298 K).

5.2.2 *Presión total.* 100 KPa (1 000 mbar). Siendo la humedad despreciable. (Ver nota 1).

5.3 Limitaciones en el uso de la fórmula de corrección

5.3.1 La fórmula de corrección es sólo aplicable donde el factor de corrección está entre 0,96 y 1,04. Si se exceden estos límites, debe darse el valor corregido, y las condiciones de ensayo (temperatura y presión) deben establecerse en forma precisa en el reporte de ensayo.

5.4 Determinación de factores de corrección

5.4.1 *Motores de ignición por bujías (carburador o inyección) factor K_s .* Dentro de los límites definidos en 7.3, el factor de corrección se obtiene aplicando la fórmula:

$$K_s = \left(\frac{100}{p} \right) \left(\frac{T}{298} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

T - Temperatura absoluta, en grados kelvin en la entrada de aire.
P - presión atmosférica total, en kilopascales

Esta fórmula es aplicada a la potencia de frenado observada, sin tomar en cuenta la eficiencia mecánica del motor.

5.4.2 Motores a diesel - factor K_d

5.4.2.1 Factor de corrección para motores a diesel de cuatro tiempos de aspiración natural y para motores a diesel de dos tiempos. El factor de corrección, que se aplica sólo a suministro constante de combustible, se calcula por medio de la fórmula:

NOTA 1. Dentro del intervalo 10 a 35°C, los efectos de la humedad en el factor de corrección pueden ser despreciados

(Continúa)

$$k_a = \left(\frac{100}{p}\right)^{0,65} \left(\frac{T}{298}\right)^{0,5} \dots\dots\dots (2)$$

La siguiente fórmula, que es aproximadamente equivalente, también puede utilizarse:

$$k_d = 1 + \frac{A}{100}$$

Donde:

$$A = 0,65 (100-p) + 0,17 (T-298)$$

Si el factor de corrección excede 1,04 o es menor que 0,96, o si el suministro de combustible, medido durante el funcionamiento del motor, es menor que 50 mm³ por litro de volúmenes de barrido, o más que 75 mm³, la corrección puede hacerse aplicando el factor de corrección K_d, por el valor de éste coeficiente; las condiciones de temperatura y presión durante el ensayo y el suministro específico de combustible en mm³ por litro, deben hacerse constar en el reporte.

5.4.2.2 Factor de corrección para motores a diesel cargados a presión

5.4.2.2.1 Motor con sobre - alimentación por turbina de escape. Un factor de corrección que es igual a 1 se aplicará cuando la densidad del aire ambiental no varíe más de ± 5% de la densidad bajo las condiciones de referencia. Cuando la densidad del aire esté fuera de estos límites, no se aplicará corrección alguna, pero se reportarán las condiciones de ensayo.

5.4.2.3 Motores con sobrealimentación mecánica. Para el factor de corrección de motores de sobrecarga mecánica, se aplicará la fórmula para motores de aspiración natural, previa comprobación de que la relación está entre los límites especificados para esos motores.

$$relación = \frac{\text{suministro de combustible}}{\text{Volumen de barrido} \left(\frac{p^2}{p^1}\right) \left(\frac{T1}{T2}\right)}$$

Donde:

- p1 - Presión ambiental.
- p2 - Presión en el múltiple de admisión.
- T1 - Temperatura ambiental en K.
- T2 - Temperatura en la entrada del múltiple de admisión.

6. MEDICION DEL VALOR DEL HUMO

6.1 El valor de la emisión del humo deberá medirse y registrarse en cada lugar de ensayo. El opacímetro usado y su instalación deben estar diseñados de acuerdo con ISO 3173.

(Continua)

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no necesita de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 1585. *Road vehicles. Engine test code. Net power.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974.

ISO 3173. *Road vehicles. Aparatus for measurement of de opacity of eshaust gas from diesel engines operating under steady state conditions.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 960	TÍTULO: VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NETA DEL MOTOR	Código: MC 04.01-301
-----------------------------------	---	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1977-06-24	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Por Acuerdo No. de Publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de 1981-03-16 a 1981-04-30

La Dirección General del INEN, dispuso la elaboración de esta Norma de especial importancia en el campo de la industria Automotriz.

No hubo Subcomité Técnico, por considerarlo así la Dirección General

Subcomité Técnico:	Fecha de aprobación:
Fecha de iniciación:	
Integrantes del Subcomité Técnico:	

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1983-04-21

Oficializada como: Opcional	Por Acuerdo Ministerial No. 73 de 1984-02-07
Registro Oficial No. 697 de 1984-03-07	

Captura de Par y Potencia Otorgadas por el Banco dinamométrico

