



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

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE CARGA ESFUERZO MOTOR  
PARA LA SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE CURVAS DE TRABAJO DE MOTORES  
DE COMBUSTIÓN INTERNA EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ SEDE QUITO – CAMPUS SUR

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

AUTOR: ALEXANDER RODRIGO CAISAGUANO VASQUEZ

TUTOR: EDGAR VICENTE ROJAS REINOSO

Quito - Ecuador

2025

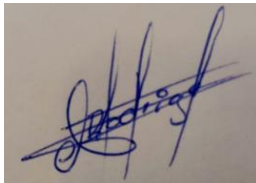
## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Alexander Rodrigo Caisaguano Vásquez con documento de identificación N° 0504124397 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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.

Quito, 05 de septiembre del año 2025

Atentamente,



---

Alexander Rodrigo Caisaguano Vasquez

0504124397

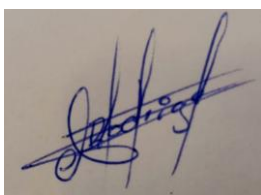
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo Alexander Rodrigo Caisaguano Vásquez con documento de identificación No.0504124397, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño y construcción de un banco de carga esfuerzo motor para la simulación y análisis de curvas de trabajo de motores de combustión interna en el laboratorio de ingeniería automotriz sede Quito – campus sur”, 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, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 05 de septiembre del año 2025

Atentamente,



---

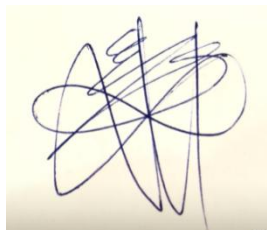
Alexander Rodrigo Caisaguano Vásquez  
0504124397

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Edgar Vicente Rojas Reinoso con documento de identificación N° 0106065519, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE CARGA ESFUERZO MOTOR PARA LA SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE CURVAS DE TRABAJO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO – CAMPUS SUR**, realizado por Alexander Rodrigo Caisaguano Vásquez con documento de identificación N° 0504124397, 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.

Quito, 05 de septiembre del año 2025

Atentamente,



---

Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso, PhD

0106065519

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mis padres Rodrigo Caisaguano y Bertha Vásquez, por ser el pilar de mi formación personal y académica su ejemplo de responsabilidad esfuerzo y perseverancia ha sido una guía constante en mi vida y una fuente de inspiración para alcanzar esta meta.

También a mis hermanos por su apoyo incondicional su paciencia y su presencia silenciosa pero firme durante todo este proceso también a mis familiares y amigos que confiaron en mí que me alentaron con palabras sinceras y estuvieron presentes cuando más lo necesité gracias por ser parte esencial de este logro, que representa no sólo la culminación de una etapa sino también el inicio de nuevos desafíos como profesional en Ingeniería Automotriz.

Alexander Rodrigo Caisaguano Vásquez

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios por darme la vida la fortaleza y la sabiduría necesarias para llegar hasta este momento y por acompañarme en cada paso de este camino incluso en los días más difíciles a mis padres por su amor incondicional sus consejos y su constante apoyo que han sido el pilar sobre el que he construido mis sueños gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

También a mis hermanos quienes con su compañía y palabras de aliento me han motivado a seguir adelante y a no rendirme incluso cuando el camino parecía complicado

También expreso también mi profundo agradecimiento a mi tutor de tesis por su paciencia orientación y valiosos aportes que enriquecieron este trabajo y me ayudaron a crecer tanto académica como personalmente a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno de aprendizaje que no solo me transmitió conocimientos técnicos sino también valores y principios fundamentales para mi vida profesional y personal.

Finalmente quiero dar las gracias a mis familiares y amigos quienes con su apoyo comprensión y afecto me acompañaron en este proceso animándome a no bajar los brazos y celebrando conmigo cada logro alcanzado a todos ustedes gracias por ser parte de este logro que hoy culmina una etapa muy importante en mi vida

Alexander Rodrigo Caisaguano Vásquez

# Contenido

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN .....	5
PROBLEMA .....	7
Objetivo General. ....	9
Objetivos Específicos. ....	9
Marco Teórico.....	10
Motores de Combustión Interna: Principios y Evolución .....	10
Relevancia del Análisis de Curvas de Trabajo .....	10
Bancos de Prueba: Concepto y Funcionalidad .....	12
Diseño de Bancos de Carga para Motores.....	13
Construcción y Montaje de Bancos de Prueba .....	16
Aplicación en Laboratorios de Ingeniería Automotriz .....	17
DISEÑO DE LAS BASES DEL BANCO DE CARGA.....	20
2.1 Subtítulo 1: Adquisición de medidas.....	20
1.1.1 Subtema 1: Material.....	20
1.1.2 Subtema 2: Datos específicos del Generador .....	23
CAPÍTULO 2.....	25
ENSAMBLAJE DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA .....	25
2.1.1 Subtema 1: ensamblaje de la base del generador .....	25
2.1.2 Subtema 2: ensamblaje de la base del banco de carga .....	28
2.1.3 Subtema 3: Ensamblaje de las dos bases estructurales.....	30
2.1.4 Subtema 4: ensamblaje de del generador con el motor .....	33

2.1.5 Subtema 4: Incorporación de una polea en la junta homocinética de la transmisión .....	34
CAPÍTULO 3 .....	35
CONTROL DE CARGA.....	35
3.1.1 Subtema 1: elaboración del control de carga.....	35
3.1.2 Subtema 1: elaboración del control de carga.....	36
CAPÍTULO 4.....	38
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	38
4.1.1 Subtema 1: OBDLINK MX+ .....	38
4.1.2 Subtema 1: recolección de datos .....	39
2.1. Análisis e interpretación de resultados .....	40
CONCLUSIONES .....	44
RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXOS.....	1

## RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad el diseño y la construcción de un banco de carga funcional y versátil destinado a los motores de prueba existentes en el laboratorio de motores de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito - Campus Sur este trabajo responde a la necesidad de contar con un sistema que permita estandarizar las mediciones de parámetros fundamentales como el torque, la potencia y la velocidad angular contribuyendo así al aprovechamiento óptimo de los recursos didácticos y experimentales del laboratorio.

La primera fase del proyecto consiste en un análisis detallado del espacio físico disponible de la disposición de las bancadas de prueba y de los motores que forman parte del laboratorio este diagnóstico permite identificar las principales limitaciones del sistema actual como la falta de compatibilidad entre los motores y los elementos de medición existentes así como las dificultades en la transmisión de movimiento con base en los resultados obtenidos, se establece un rango de funcionamiento para el dinamómetro comprendido entre 1000 y 4500 revoluciones por minuto valor que se consideró adecuado para cubrir las características operativas de los motores bajo ensayo.

A partir de estos requerimientos se diseñó un sistema de transmisión por poleas con una relación de reducción de 10:1 que permite adaptar la velocidad de salida del motor al régimen óptimo de trabajo del dinamómetro con el diseño del sistema consideró el tipo de acoplamiento necesario para cada motor asegurando la correcta alineación de los ejes y el sentido de giro compatible con el freno dinamométrico se tomaron en cuenta las condiciones de tensión de la correa y el dimensionamiento de los diámetros de poleas garantizando una transmisión eficiente y segura sin deslizamientos excesivos ni pérdidas significativas de energía.

Para los motores equipados con juntas homocinéticas internas se desarrollaron ejes intermedios que permiten el acople directo al sistema de transmisión mediante uniones mecánicas sólidas mientras que en los motores sin juntas homocinéticas internas visibles se implementó un sistema auxiliar que toma el movimiento directamente desde el conjunto de distribución, mediante una banda sincronizada adicional este diseño permitió superar las restricciones de acceso al cigüeñal y facilitar el montaje y desmontaje durante las prácticas.

El banco de carga se integró a las bancadas existentes mediante un sistema de soporte construido con perfiles estructurales soldados lo que otorga rigidez al conjunto y permite su fijación mediante pernos pasantes este sistema modular facilita la adaptación del banco de carga a distintos motores y su retiro cuando no se requiera su uso adicionalmente se implementaron protecciones físicas sobre las partes móviles en cumplimiento de las normas de seguridad del laboratorio, para prevenir accidentes durante el funcionamiento.

**Palabras Claves:** Banco de carga, Diseño y construcción, Dinamómetro, Motor de combustión interna, Torque, Potencia

## **ABSTRACT**

The purpose of this project is to design and build a functional and versatile load bench for the existing test engines in the engine laboratory at the Universidad Politécnica Salesiana, Quito Campus - South Campus. This work responds to the need for a system that allows for standardized measurements of fundamental parameters such as torque, power, and angular velocity, thus contributing to the optimal use of the laboratory's educational and experimental resources.

The first phase of the project consisted of a detailed analysis of the available physical space, the layout of the test benches, and the engines in the laboratory. This diagnosis identified the main limitations of the current system, such as the lack of compatibility between the engines and the existing measurement elements, as well as difficulties in transmitting motion. Based on the results obtained, an operating range for the dynamometer was established between 1,000 and 4,500 revolutions per minute, a value considered adequate to cover the operating characteristics of the engines under test. Based on these requirements, a pulley transmission system was designed with a 10:1 reduction ratio, allowing the engine output speed to be adapted to the optimal operating speed of the dynamometer. The system design considered the type of coupling required for each engine, ensuring proper shaft alignment and a direction of rotation compatible with the dynamometer brake. Belt tension conditions and pulley diameter sizing were also taken into account, ensuring efficient and safe transmission without excessive slippage or significant energy losses.

For engines equipped with triple axles, intermediate shafts were developed that allow direct coupling to the transmission system through solid mechanical joints. For engines without visible triple axles, an auxiliary system was implemented that takes power directly from the timing belt assembly through an additional synchronized belt. This design overcomes crankshaft access restrictions and facilitates assembly and disassembly during the practical sessions. The load bench was integrated into the existing benches using a support system constructed of welded structural profiles, which provides rigidity and allows for its attachment using through bolts. This modular system facilitates the adaptation of the load bench to different engines and its removal when not in use. Additionally, physical

guards were implemented on the moving parts, in compliance with laboratory safety standards, to prevent accidents during operation.

Keywords: Load bench, Design and construction, Dynamometer, Internal combustion engine, Torque, Power

## INTRODUCCIÓN

El presente documento, titulado *“Diseño y construcción de un banco de carga y esfuerzo motor para la simulación y análisis de curvas de trabajo de motores de combustión interna en el laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito, Campus Sur”*, está estructurado en cuatro capítulos que describen el proceso para construir un freno dinamométrico de manera ordenada y detalla cada una de las etapas desarrolladas para cumplir con los objetivos propuestos.

El **Capítulo I** aborda el diseño estructural inicial del banco, tomando como base las dimensiones del generador que actúa como carga y a partir de estas medidas se diseñó una estructura robusta y estable que sea capaz de soportar tanto el peso del generador como las fuerzas dinámicas generadas durante el funcionamiento continuo. Se seleccionaron materiales adecuados en términos de resistencia mecánica, como perfiles de acero y planchas de acero al carbón y se incorporaron refuerzos estratégicamente distribuidos con el fin de evitar concentraciones de esfuerzo que pudieran comprometer la integridad estructural, en este capítulo también documenta el proceso de medición, la elección de materiales, y la incorporación de ruedas industriales que permiten el desplazamiento seguro del banco dentro del laboratorio para garantizar una operación eficiente bajo condiciones reales de trabajo.

El Capítulo II se centra en la fase de ensamblaje, etapa clave en la materialización del diseño conceptual. Aquí se detalla cómo se llevaron a cabo las uniones estructurales entre los componentes, comenzando con el corte de perfiles metálicos a ángulos específicos, seguido por la aplicación de procesos de soldadura adecuados para asegurar resistencia y precisión, aquí también se describe la instalación del generador y del sistema de transmisión, destacando decisiones técnicas orientadas a maximizar la estabilidad, alineación y operatividad del conjunto con los planos y modelos digitales que se tradujeron en una estructura física confiable y funcional.

El Capítulo III se enfoca en el diseño e implementación del sistema encargado de controlar la carga. Esta sección resulta fundamental, ya que permite simular distintos escenarios de trabajo del motor donde se generen condiciones de carga variables. Para este fin, se optó por el uso de un sistema compuesto por resistencias de niquelina y un disyuntor

(breiquer), cuya configuración eléctrica y disposición se explican que este subsistema permite variar la carga aplicada al motor de manera controlada, posibilitando el análisis de su comportamiento bajo diferentes condiciones operativas.

En el Capítulo IV se expone el análisis técnico de los resultados obtenidos durante las etapas de diseño, construcción y prueba del banco de carga, en este capítulo se examinan aspectos como la estabilidad estructural, la resistencia de los materiales empleados y el desempeño dinámico del sistema frente a cargas reales. Para la recolección de datos se utilizó el dispositivo OBDLINK MX+, el cual permitió obtener de manera inalámbrica y en tiempo real variables clave del motor, como el régimen de revoluciones, el torque y la potencia generada. La información fue procesada y representada mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel, lo que facilitó la elaboración de gráficos e interpretaciones cuantitativas.

Este análisis no solo verifica el correcto funcionamiento del banco, sino que también permite identificar posibles mejoras futuras. Además, valida su utilidad como herramienta educativa, al proporcionar un entorno seguro, realista y técnicamente riguroso para el estudio de motores de combustión interna. Así, el banco de carga se consolida como un recurso fundamental para la formación práctica de los estudiantes y como una plataforma base para futuras investigaciones en el campo de la ingeniería automotriz.

## **PROBLEMA**

En el ámbito académico, la comprensión y el análisis de curvas características de los motores como torque, potencia, y velocidad es especialmente importante, ya que permite la formación de profesionales capaces de interpretar resultados técnicos y aplicarlos en situaciones prácticas. Sin embargo, en el laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito – Campus Sur, actualmente se dispone únicamente de motores montados en bancadas individuales, los cuales permiten la realización de pruebas básicas y ensayos preliminares.

Esta condición limita considerablemente el alcance de las prácticas experimentales, ya que no se cuenta con un banco de carga o esfuerzo motor que permita simular las condiciones reales de operación que enfrentan los motores en entornos industriales o vehiculares y la falta de este equipo especializado impide la evaluación detallada del desempeño de los motores bajo diferentes niveles de exigencia mecánica, así como restringe la posibilidad de generar datos confiables para el análisis comparativo entre diversas configuraciones de motores.

La carencia de un sistema estandarizado para aplicar cargas variables compromete no solo la calidad de las mediciones, sino también el proceso formativo de los estudiantes limitando negativamente en el desarrollo de competencias clave como la interpretación de curvas de comportamiento, la identificación de fallos operativos, y la evaluación técnica de motores en escenarios simulados. Como resultado, los estudiantes se ven privados de una experiencia práctica integral, limitando su preparación para enfrentar los retos del entorno profesional automotriz.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de diseñar y construir un banco de carga y esfuerzo motor que permita reproducir condiciones de trabajo reales de forma gradual, segura y precisa, con este equipo se facilitará la obtención de datos experimentales representativos, mejorará la calidad del análisis técnico y fortalecerá la capacidad del laboratorio para realizar investigaciones aplicadas. La implementación de este sistema no solo enriquecerá el proceso educativo, sino que también posicionará al laboratorio como un referente en formación técnica avanzada e innovación en el estudio de motores de combustión interna.

## **Delimitación del problema.**

El presente estudio tiene como finalidad el diseño y construcción de un banco de carga y esfuerzo motor, orientado específicamente a su aplicación dentro del laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito – Campus Sur. Este proyecto se enmarca estrictamente en el ámbito académico, enfocándose en motores de combustión interna utilizados para fines didácticos y experimentales. En este contexto, el banco desarrollado estará destinado exclusivamente a motores disponibles actualmente en el laboratorio y cuya configuración sea compatible con el diseño estructural y funcional del sistema propuesto.

Dentro de este alcance, se excluyen expresamente los motores de aplicación comercial o industrial, así como los sistemas de propulsión alternativos, tales como motores eléctricos, híbridos o de tecnología diferente a la combustión interna convencional. De igual forma, el banco de carga no está diseñado para realizar pruebas bajo condiciones de operación de campo, ni para su integración en procesos de producción, validación industrial o certificación normativa.

Las conclusiones y recomendaciones derivadas de esta investigación están dirigidas al fortalecimiento de las actividades formativas en el entorno universitario. Se busca que este equipo didáctico contribuya a mejorar la comprensión práctica del comportamiento dinámico de los motores, permitiendo la simulación de distintas condiciones de carga y el análisis de variables como torque, potencia y eficiencia. En consecuencia, el objetivo no contempla su aplicación directa en entornos industriales, comerciales o externos a la función académica de la institución.

## **Objetivo General.**

Diseñar y construir un banco de simulación de carga y esfuerzo motor que permita analizar y replicar las curvas de trabajo de un motor de combustión interna con el propósito de mejorar el estudio y la experimentación en los bancos de prueba del laboratorio de motores de la carrera de Ingeniería Automotriz.

## **Objetivos Específicos.**

- Caracterizar los requerimientos técnicos y operativos para el diseño de un banco de carga esfuerzo motor, considerando las condiciones de trabajo de los motores de combustión interna y las necesidades del laboratorio de Ingeniería Automotriz en la Sede Quito – Campus Sur.
- Diseñar un banco de carga esfuerzo motor que incorpore los elementos y sistemas necesarios para la simulación y análisis de curvas de trabajo, asegurando su compatibilidad con los equipos disponibles en el laboratorio.
- Construir el banco de carga esfuerzo motor siguiendo los parámetros establecidos en el diseño, garantizando su operatividad y funcionalidad para la realización de pruebas en motores de combustión interna.
- Evaluar el comportamiento y desempeño del motor de combustión interna bajo diferentes condiciones de carga simuladas utilizando el banco de simulación diseñado con el fin de validar su eficacia en el análisis de curvas de trabajo.

## **Marco Teórico**

### **Motores de Combustión Interna: Principios y Evolución**

El motor de combustión interna conocido como MCI ha representado uno de los fundamentos clave para el progreso tecnológico e industrial desde finales del siglo XIX su principio de operación se basa en aprovechar la energía química almacenada en los combustibles fósiles y transformarla en energía mecánica mediante procesos termodinámicos en los que ocurre una combustión controlada dentro de un cilindro a lo largo de su historia estos motores han incorporado avances significativos enfocados en incrementar su eficiencia disminuir las emisiones contaminantes y mejorar su rendimiento mecánico en sus primeras etapas dichos motores ofrecían rendimientos térmicos por debajo del 10 por ciento pero en la actualidad es posible alcanzar eficiencias superiores al 35 por ciento gracias a innovaciones en el diseño geométrico de sus componentes a la implementación de sistemas de inyección electrónica y al uso de tecnologías de sobrealimentación.

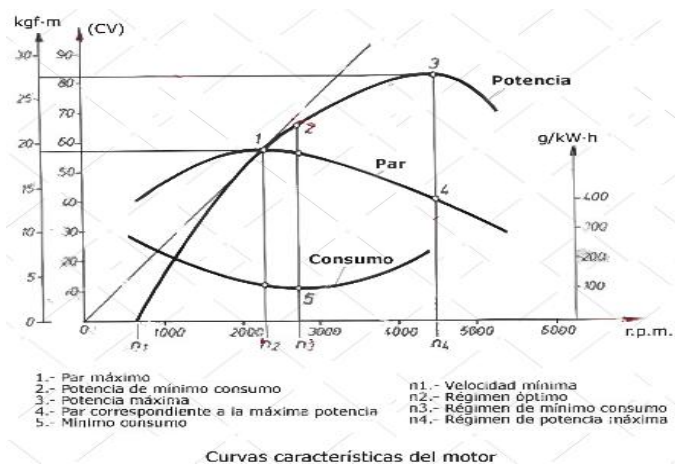
El fortalecimiento de las regulaciones ambientales y la creciente necesidad de hacer un uso más eficiente de los recursos energéticos han estimulado numerosas investigaciones orientadas a minimizar la emisión el estudio detallado y la evaluación del comportamiento de los motores bajo diferentes regímenes de carga y velocidad se han convertido en aspectos cruciales tanto para la industria automotriz como para la investigación académica como lo indica (Indd, 2018)

### **Relevancia del Análisis de Curvas de Trabajo**

Uno de los aspectos clave en el estudio de los MCI es el análisis de las curvas de trabajo que incluyen representaciones gráficas de torque, potencia, consumo específico de combustible y eficiencia térmica en función del régimen de giro estas curvas permiten entender de manera precisa cómo responde el motor frente a distintas exigencias de carga, lo que resulta fundamental tanto para su diseño como para su optimización en aplicaciones reales como lo indica ((Trabucchi et al., 2017)

Las curvas de trabajo de un motor de combustión interna (MCI) muestran cómo varían parámetros como el torque, la potencia y el consumo de combustible como se aprecia en la **Gráfica 1** según las revoluciones del motor son esenciales porque permiten entender el comportamiento real del motor y ayudan a elegir el más adecuado según se necesite más potencia, eficiencia o torque cada motor tiene sus propias curvas, obtenidas mediante pruebas en bancos de ensayo gracias a esta información, es posible optimizar el uso del motor evitar fallos y asegurar un funcionamiento eficiente y seguro como lo indica (Collado Daniel A., 2020)

**Gráfica 1: Curvas de trabajo**



Curvas características del motor

Cuando la chispa eléctrica enciende la mezcla de aire y combustible se produce un incremento tanto en la presión como en la temperatura dentro de los cilindros del motor esta presión ejerce una fuerza de empuje sobre el pistón provocando su desplazamiento gracias a este movimiento, se pone en marcha el mecanismo típico de biela y manivela en los motores de combustión interna alternativos en el cual el desplazamiento lineal en el pistón dentro del cilindro se convierte en un giro del cigüeñal cabe destacar que la magnitud de la fuerza que actúa sobre el pistón está directamente relacionada con la presión media efectiva que se genera durante la fase de expansión como lo indica (Castillo et al., 2017).

El término potencia hace referencia a la frecuencia con la que el motor puede entregar su par a lo largo del tiempo que indica la rapidez con la que se puede aprovechar ese par motor la potencia que un motor es capaz de generar está influenciada por factores como la

relación de compresión y el volumen de cilindrada, ya que valores más altos en estos aspectos implican explosiones más intensas y, en consecuencia, una mayor fuerza transmitida al pistón además está estrechamente ligada al número de revoluciones por minuto (RPM) al que opera el motor como lo indica (Castillo et al., 2017).

Desde la perspectiva académica las curvas de trabajo no solo constituyen herramientas técnicas que representan una base pedagógica para la formación de ingenieros automotrices al analizar cómo varía el torque a distintas revoluciones, o cómo afecta la carga a la eficiencia térmica, permite a los estudiantes comprender fenómenos como la combustión incompleta, las pérdidas por fricción o la influencia de la temperatura de funcionamiento en el rendimiento general del motor como lo indica (Kamath et al., 2017).

### **Bancos de Prueba: Concepto y Funcionalidad**

Un banco de pruebas es un dispositivo de carácter industrial que funciona como una plataforma destinada a evaluar prototipos, máquinas o sistemas de cierta complejidad este tipo de equipo ofrece múltiples ventajas tanto para los fabricantes como para quienes se encargan de ajustar motores y también para los propios usuarios y los motores recién fabricados se someten a exhaustivas mediciones y a rigurosos ensayos de resistencia y carga, procesos que se realizan de manera repetida hasta lograr que el motor funcione con el rendimiento óptimo previsto en las especificaciones de diseño establecidas por el fabricante como lo indica (Millán J., 2018).

Analizar el comportamiento de un motor y examinar el rendimiento de cada uno de sus componentes resulta fundamental para optimizar su desempeño para lograrlo es indispensable contar con un banco de pruebas diseñado específicamente para evaluar y mejorar la funcionalidad de las distintas partes que integran el motor esto permite establecer programas de mantenimiento que aseguren su mayor eficiencia y prolonguen su vida útil como lo indica (Gabriel Ballesteros-López et al., 2022)

Un banco de pruebas proporciona información valiosa acerca de la capacidad real del motor bajo diversas condiciones de trabajo facilitando una comprensión más profunda de su funcionamiento integral dicho banco constituye un sistema compuesto por diversos elementos capaces de reproducir el comportamiento del motor en entornos controlados,

valiéndose de equipos de medición y dispositivos de control que permiten simular y registrar sus parámetros operativos de forma precisa como lo indica (Gabriel Ballesteros-López et al., 2022)

Para llevar a cabo ensayos sobre motores de combustión interna, se requiere un dispositivo capaz de simular las condiciones reales de trabajo sin necesidad de montar el motor en un vehículo, este dispositivo es conocido como banco de prueba o banco dinamométrico. Su función principal consiste en imponer una resistencia mecánica variable al motor midiendo parámetros como torque, velocidad angular, potencia y consumo de combustible en distintas condiciones de operación como lo indica (Luis Chavez et al., s/f)

Los bancos de prueba están integrados por elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, entre los cuales destacan el freno dinamométrico, los sensores de medición, el sistema de adquisición de datos y la estructura de soporte el freno dinamométrico puede ser de varios tipos: hidráulico, electro magnético o eléctrico, dependiendo de la precisión deseada y la potencia que se pretenda absorber

Además, estos equipos permiten ensayar motores de distintos tamaños y configuraciones lo cual es crucial para el desarrollo de nuevos prototipos, la verificación de estándares de emisiones y la formación académica en laboratorios universitarios. En este último caso, su uso posibilita que los estudiantes realicen prácticas reales, replicando situaciones que enfrentarán en la industria como lo indica (Robayo, 2021).

### **Diseño de Bancos de Carga para Motores**

El diseño de un banco de carga para motores implica una serie de desafíos técnicos en primer lugar, debe determinarse la potencia máxima que podrá absorber el banco lo cual define las dimensiones del freno dinamométrico, las características de los ejes de transmisión y los requisitos del sistema de refrigeración además se debe garantizar que la estructura mecánica del banco soporte vibraciones, cargas dinámicas y temperaturas elevadas, manteniendo estabilidad y seguridad durante las pruebas como lo indica (Loteró, 2008a)

En el diseño de cualquier proyecto el primer paso es entender bien qué necesidad se busca resolver este paso es fundamental, porque nace de detectar problemas en el mercado o en los procesos de producción que pueden estar afectando la calidad o el rendimiento de

un producto o servicio para poder abordar esa necesidad de manera adecuada, es necesario estudiar y medir esas carencias utilizando información concreta como datos estadísticos encuestas observaciones o análisis técnicos que ayuden a comprender la magnitud del problema como lo indica (Henao & Nel, 2012)

También es clave asegurarse de que la solución que se proponga realmente satisfaga lo que el usuario o el consumidor espera esto significa tener en cuenta no solo cuestiones técnicas o de funcionamiento, sino también aspectos como el costo, la seguridad, el impacto ambiental o la facilidad para aplicar esa solución en la práctica solo así se puede lograr que el diseño sea efectivo y útil, sentando bases firmes para las siguientes etapas del proyecto como lo indica (Henao & Nel, 2012)

Otro aspecto fundamental en el diseño de un banco de carga es asegurar la precisión y fiabilidad de los sistemas de medición ya que de ellos depende la calidad de los datos obtenidos y por ende la validez de los análisis y conclusiones que se puedan extraer.

Para garantizar mediciones exactas, es crucial optar por sensores de torque, velocidad y temperatura que poseen alta sensibilidad y un margen de error mínimo, de manera que sean capaces de captar variaciones sutiles en el comportamiento del motor bajo diferentes condiciones de carga.

Estos sensores deben seleccionarse no solo por sus especificaciones técnicas, sino también por su compatibilidad con el entorno operativo del banco de carga, considerando factores como las vibraciones las temperaturas elevadas o la exposición a agentes externos que puedan influir en su desempeño su calibración periódica resulta indispensable para mantener la exactitud de las mediciones a lo largo del tiempo.

Paralelamente el sistema de adquisición de datos debe estar respaldado por software especializado diseñado para procesar grandes volúmenes de información en tiempo real esta herramienta digital no solo debe permitir la visualización inmediata de los parámetros medidos, sino también generar gráficos tablas y reportes que faciliten el análisis posterior y ayuden a detectar patrones o comportamientos anómalos en el motor la capacidad del software para integrar distintas señales y correlacionar variables es clave para realizar un estudio profundo y preciso del rendimiento del motor.

Con un sistema de adquisición de datos robusto y bien diseñado constituye un elemento esencial para asegurar la fiabilidad de los ensayos realizados en el banco de carga esto no solo contribuye al éxito del proyecto desde el punto de vista técnico, sino que también fortalece el aprendizaje y la investigación en el ámbito de la ingeniería automotriz, aportando herramientas sólidas para el estudio y análisis de motores de combustión interna como lo indica (Triana Diego, 2010)

Desde la perspectiva de la seguridad, uno de los aspectos más prioritarios en el diseño y operación de un banco de carga es la incorporación de sistemas que garanticen la protección de las personas y de los equipos durante el desarrollo de las pruebas para ello, se integran dispositivos de parada de emergencia que permiten detener el funcionamiento del banco de manera inmediata ante cualquier situación anómala o riesgo inminente este tipo de sistema resulta vital para prevenir daños mayores y ofrecer una respuesta rápida en caso de fallos inesperados.

Se incluyen protecciones físicas alrededor de las zonas de componentes en movimiento, conexiones eléctricas y elementos que pudieran representar un peligro con el objetivo de evitar el contacto accidental y reducir el riesgo de lesiones estas barreras de seguridad, fabricadas con materiales resistentes están diseñadas para soportar impactos y ofrecer una separación efectiva entre los usuarios y las partes potencialmente peligrosas del sistema.

Se establecen protocolos operativos claros y detallados que deben seguirse durante las pruebas abarcando desde las verificaciones previas al encendido hasta las instrucciones sobre cómo actuar en situaciones de emergencia esto incluye la capacitación del personal y en el caso de entornos académicos, una formación específica para los estudiantes quienes en muchos casos se encuentran en etapa de aprendizaje y pueden no tener la experiencia suficiente para reconocer y gestionar ciertos riesgos por sí mismos.

Garantizar la seguridad en este tipo de equipos no solo es una obligación técnica y ética sino que también contribuye a generar un ambiente de trabajo confiable y propicio para el aprendizaje en instalaciones educativas como los laboratorios universitarios este aspecto adquiere aún mayor relevancia, ya que protege tanto la integridad física de los estudiantes como la de los docentes y técnicos involucrados en las prácticas en última instancia invertir

en sistemas de seguridad robustos y en una correcta cultura preventiva es fundamental para asegurar el éxito y la sostenibilidad de cualquier proyecto de banco de carga dentro del ámbito académico o industrial como lo indica (Moreno Diego, 2014)

### **Construcción y Montaje de Bancos de Prueba**

La construcción de un banco de carga es una tarea que exige procesos de manufactura realizados con altos estándares de precisión debido a que cualquier desajuste desalineación en los ejes de transmisión o errores en el ensamblaje pueden derivar en consecuencias graves estas imperfecciones podrían generar vibraciones excesivas durante el funcionamiento provocar un desgaste acelerado de los componentes o incluso conducir a fallas mecánicas de gran magnitud que comprometan tanto la integridad del equipo como la seguridad de quienes lo operan.

Es fundamental trabajar con tolerancias estrictas y llevar a cabo verificaciones constantes en cada etapa del proceso de fabricación desde el corte y la soldadura de las piezas, hasta el montaje final de los elementos mecánicos además se requiere utilizar maquinaria y herramientas de precisión que aseguren la correcta alineación y fijación de todas las partes que integran la estructura del banco de carga.

En lo que respecta a los materiales, se recurre generalmente a acero estructural de alta resistencia para la construcción de la base y de los marcos principales ya que este material ofrece una excelente capacidad para soportar tanto cargas estáticas como dinámicas garantizando así la estabilidad y durabilidad de la estructura por otro lado para los componentes que están en contacto directo con el motor o con el sistema de frenado, se seleccionan aleaciones metálicas especialmente formuladas como lo indica (Cantillo Alberto, 2023)

Antes de salir al mercado todos los motores que se fabrican pasan por una serie de pruebas rigurosas que incluyen mediciones detalladas y ensayos exigentes de carga y durabilidad este proceso se repite tantas veces como sea necesario, realizando ajustes y afinaciones hasta que el motor logra los niveles de rendimiento que se esperan según las especificaciones de diseño.

Estas pruebas no son exclusivas de los motores nuevos también se aplican a motores que ya han estado en servicio para verificar que sus valores de funcionamiento sigan dentro de los rangos establecidos para un motor en buen estado de esta manera se puede comprobar si variables como la potencia, el par motor el consumo de combustible o las emisiones se mantienen en niveles adecuados garantizando así un rendimiento óptimo y seguro.

En motores recién fabricados como en aquellos usados, las pruebas en bancos resultan esenciales para asegurar que el motor cumpla con los estándares de calidad y fiabilidad ayudando a detectar posibles fallos o desgastes y permitiendo planificar acciones de mantenimiento que prolonguen su vida útil y mejoren su desempeño en condiciones reales como lo indica (Loterio, 2008)

La integración eléctrica y electrónica resulta esencial los sistemas modernos de bancos de prueba incorporan módulos de control programable (PLC) y software que permite automatizar ensayos establecer ciclos de carga y registrar datos para su análisis estadístico esta tecnología facilita la operación segura y optimiza los tiempos de prueba como lo indica (Díaz Gabriel, 2011)

### **Aplicación en Laboratorios de Ingeniería Automotriz**

La implementación de un banco de carga esfuerzo motor en el Laboratorio de Ingeniería Automotriz de la sede Quito – Campus Sur ofrece múltiples beneficios en primer lugar constituye una herramienta pedagógica de gran valor ya que permite a los estudiantes experimentar directamente con motores reales aplicar conceptos teóricos y desarrollar competencias prácticas en diagnóstico y análisis de motores de combustión interna además, representa un recurso estratégico para proyectos de investigación aplicada, tales como el estudio de combustibles alternativos análisis de emisiones contaminantes o desarrollo de sistemas de control electrónico también facilita la vinculación con empresas del sector automotriz que requieran realizar ensayos especializados o procesos de homologación de motores la disponibilidad de un banco de carga contribuye finalmente, a fortalecer el prestigio institucional, posicionando al laboratorio como un centro de referencia para la formación de profesionales altamente capacitados en la industria automotriz, tanto a nivel nacional como regional como lo indica (Ordoñez Kevin & Cabrera Henry, 2024).

En la Universidad Politécnica Salesiana se llevó a cabo una mejora importante en el banco de motores YES01 3111 añadiendo una interfaz Bluetooth ELM 327 y una tableta Android con el programa Torque gracias a esta integración, ahora es posible ver en tiempo real cómo está funcionando el motor ya que se reciben datos directamente desde la computadora de control (ECM) esto resulta muy útil porque permite observar distintos parámetros, identificar posibles fallas antes de que se conviertan en un problema mayor y guardar toda esa información para analizarla después con más calma. Esta herramienta no solo hace que el trabajo técnico sea más preciso, sino que también representa un gran aporte para los estudiantes y profesionales, ya que facilita el aprendizaje y ayuda a mantener los motores en buen estado y con un mejor rendimiento como lo indica (Clavijo Klever & Mosquera Michael, 2024)

### **Innovaciones y Tendencias Tecnológicas**

El desarrollo tecnológico ha llevado a la evolución de bancos de prueba cada vez más sofisticados hoy en día existen bancos capaces de simular condiciones ambientales específicas como altitud, temperatura ambiente o humedad lo cual resulta esencial para el estudio de motores destinados a diferentes regiones geográficas asimismo, el auge de la electromovilidad ha impulsado el diseño de bancos híbridos capaces de ensayar tanto motores de combustión como motores eléctricos, lo que amplía significativamente el campo de investigación y desarrollo en el ámbito automotriz otro avance notable ha sido la incorporación de sistemas de monitoreo remoto y análisis en la nube, permitiendo a los investigadores acceder a los datos de ensayo en tiempo real desde cualquier ubicación, lo cual mejora la eficiencia de los procesos de investigación y el trabajo colaborativo como lo indica (Guzmán Christian, 2017)

Este proyecto busca dar un paso adelante en la innovación de un banco de carga con la finalidad de optimizar tanto la recolección como el almacenamiento de datos relacionados con el desempeño de los motores para ello, lo primero será estudiar a fondo cómo funciona actualmente el banco y qué instrumentos intervienen en las mediciones identificando posibles áreas de mejora o actualización tecnológica.

A partir de ese análisis se seleccionarán cuidadosamente los materiales y componentes que permitan crear una interfaz eficiente entre el banco de carga y el

computador asegurando una comunicación estable y precisa además se planea desarrollar un software específico que se encargue de recoger los datos obtenidos en las pruebas y guardarlos de manera ordenada, creando un historial que facilite su consulta y análisis posterior.

Se pretende no solo modernizar el banco de carga sino también adaptarlo mejor a las necesidades prácticas de la industria y de la formación académica aportando una herramienta más completa y funcional para el estudio y diagnóstico de motores de combustión interna como lo indica (Sánchez Giovanni, 2007)

Para fortalecer el crecimiento de la industria aeronáutica en el país sobre todo en lo que implica el mantenimiento y la reparación de motores es fundamental avanzar en el diseño y la construcción de un banco de pruebas especializado al contar con esta herramienta sería clave para que las empresas de transporte aéreo puedan realizar trabajos de mantenimiento mayor con mayor confianza y seguridad y además efectuar pruebas rigurosas después de llevar a cabo procesos en los motores.

Este tipo de banco permitiría revisar en detalle distintos parámetros del funcionamiento de los motores garantizando que se mantengan dentro de los estándares exigidos tanto por los fabricantes como por las normativas aeronáuticas así se podrían detectar fallos a tiempo y evitar riesgos antes de que los motores vuelvan a estar operativos además disponer de este equipo contribuiría a reducir costos y tiempos en las tareas de mantenimiento pues facilita diagnósticos más precisos y fundamentados en datos reales.

Más allá de los beneficios técnicos la construcción de un banco de pruebas de estas características sería un paso importante para lograr que el país cuente con mayor autonomía tecnológica en el sector aeronáutico también abriría puertas para la capacitación de personal especializado y para impulsar la innovación, reduciendo la necesidad de depender de instalaciones en el extranjero y consolidando el desarrollo local en esta área estratégica como lo indica (José et al., 2008)

# **CAPÍTULO 1**

## **DISEÑO DE LAS BASES DEL BANCO DE CARGA**

### **2.1 Subtítulo 1: Adquisición de medidas**

En relación con las dimensiones de altura y anchura del generador, se decidió diseñar una base estructural de gran robustez, cuya finalidad principal es evitar posibles fatigas y deformaciones en el material durante las condiciones de trabajo para tal propósito se seleccionaron materiales de alta resistencia mecánica, capaces de soportar las sollicitaciones dinámicas y estáticas derivadas del funcionamiento continuo del banco de carga. Esta elección no solo responde a criterios de seguridad y durabilidad, sino que también busca garantizar la estabilidad del conjunto ante las vibraciones y esfuerzos transmitidos por los motores de combustión interna durante las pruebas. Asimismo, se consideró el uso de refuerzos y placas adicionales en puntos críticos de la estructura, con el objetivo de distribuir de forma homogénea las cargas y minimizar concentraciones de tensiones que pudieran comprometer la integridad del Sistema de esta manera se asegura un desempeño confiable y prolongado del banco de carga, optimizando su capacidad para simular condiciones reales de operación de los motores en estudio.

#### **1.1.1 Subtema 1: Material**

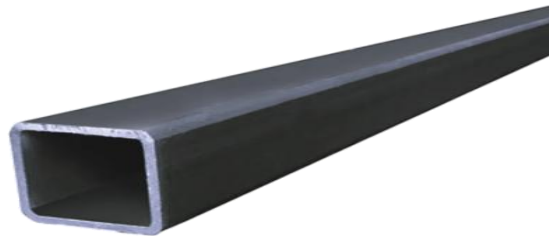
Para la construcción de la estructura se optó por emplear tubos cuadrados de dimensiones 40 mm por 40 mm y un espesor de 2 mm, debido a las múltiples ventajas que este material ofrece en aplicaciones de tipo estructural en primer lugar este perfil destaca por su elevada resistencia mecánica, lo cual lo hace adecuado para soportar esfuerzos tanto estáticos como dinámicos que se generan durante el funcionamiento del banco de carga para motores de combustión interna la geometría cuadrada facilita notablemente las tareas de ensamblaje y soldadura, permitiendo realizar uniones precisas y firmes entre distintos tramos, lo que contribuye a la estabilidad y rigidez del conjunto.

Además, su diseño cuadrado favorece una distribución uniforme de las cargas, reduciendo la aparición de puntos de concentración de tensiones que podrían generar fallos prematuros en la estructura otra de las ventajas apreciables es su buen acabado superficial, que no solo mejora la estética de la estructura final, sino que también simplifica los procesos

de pintado o recubrimiento anticorrosivo, aspecto fundamental para prolongar la vida útil del banco de prueba en entornos industriales.

Por otro lado, este tipo de tubos es relativamente sencillo de manipular, cortar y mecanizar, lo que facilita las labores de fabricación y ajuste durante la etapa de construcción. Esta versatilidad convierte a los tubos cuadrados en una excelente opción para proyectos que requieren precisión y robustez, tal como se aprecia en la **Gráfica 2**, donde se muestra su disposición en la estructura diseñada, en la elección del material obedece a la búsqueda de un equilibrio entre resistencia, facilidad de trabajo y eficiencia en costos, asegurando un producto final confiable y duradero.

**Gráfica 2:** Tubo cuadrado



Tubo de alta resistencia estructural

Asimismo, se empleó en la construcción del banco de carga placa de acero al carbón de 2 mm de espesor, como se aprecia en la **Gráfica 3**, material que goza de amplia aceptación en aplicaciones industriales gracias a sus excelentes propiedades mecánicas su uso está motivado principalmente por su elevada resistencia, tanto a la tracción como a las cargas de compresión y flexión, lo cual garantiza la estabilidad y seguridad de las estructuras sometidas a esfuerzos continuos.

Este tipo de acero, además de su robustez, presenta una buena capacidad para ser trabajado mediante procesos como corte, doblado y soldadura, lo que facilita su adaptación a las necesidades específicas del diseño evitando que la superficie puede recibir tratamientos

anticorrosivos o recubrimientos protectores, prolongando así su durabilidad incluso en ambientes donde puedan presentarse agentes agresivos como la humedad o cambios bruscos de temperatura.

La elección de placa de acero al carbón responde no solo a la necesidad de asegurar la integridad estructural del banco de carga, sino también a razones económicas, ya que se trata de un material relativamente accesible en el mercado, ofreciendo una excelente relación entre costo y desempeño.

**Gráfica 3:** Plancha de acero



Plancha de alta resistencia estructural

Asimismo, se incorporaron ruedas industriales con capacidad de carga de 200 kg cada una, como se aprecia en la **Gráfica 4** seleccionadas con el propósito de soportar de manera segura el peso total del banco de carga y, al mismo tiempo, facilitar su desplazamiento dentro del laboratorio esta elección obedece a la necesidad de dotar al equipo de movilidad y versatilidad, permitiendo reubicarlo según las exigencias de las prácticas académicas o de los ensayos específicos que se deseen realizar.

Las ruedas industriales elegidas están fabricadas con materiales de alta resistencia, capaces de soportar esfuerzos mecánicos considerables sin deformarse ni presentar desgaste prematuro, además, cuentan con sistemas de rodamiento que reducen significativamente la fricción durante el movimiento, lo que contribuye a que el traslado del banco de carga se realice de manera suave y con menor esfuerzo físico por parte del operador.

Otro aspecto relevante es que dichas ruedas incluyen mecanismos de freno que aseguran la inmovilidad del banco una vez posicionado en el lugar deseado, garantizando la

estabilidad durante las pruebas de los motores de combustión interna esta característica es fundamental para evitar desplazamientos involuntarios que pudieran comprometer la seguridad de las personas y del equipo.

En conjunto, la implementación de estas ruedas industriales no solo responde a criterios de resistencia y durabilidad, sino que también aporta un valor práctico al diseño del banco de carga, al permitir su fácil movilización y adaptación a distintos espacios dentro del laboratorio, optimizando así el aprovechamiento del área disponible y facilitando el desarrollo de diversas actividades experimentales.

**Gráfica 4:** Ruedas industriales



Rueda con capacidad de 200kg

### **1.1.2 Subtema 2: Datos específicos del Generador**

El generador eléctrico es un dispositivo que convierte energía mecánica en eléctrica mediante el principio de inducción electromagnética en los bancos de carga para motores de combustión interna, su función principal es absorber la potencia mecánica generada por el motor durante las pruebas, transformándola en energía eléctrica que puede disiparse o aprovecharse según el diseño del sistema. Para su selección, se consideran factores como potencia nominal, tipo de corriente y robustez estructural, garantizando un funcionamiento estable y seguro bajo condiciones de carga variables como se aprecia en la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Generador eléctrico

3.7 KW	3000 RPM ( $\text{min}^{-1}$ )
4.0 KW	3600 RPM ( $\text{min}^{-1}$ )

Especificaciones de encendido del generador eléctrico

## CAPÍTULO 2

### ENSAMBLAJE DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

El ensamblaje de los elementos que conforman una estructura representa una etapa fundamental en cualquier proyecto de diseño y construcción, ya que de su correcta ejecución depende en gran medida la estabilidad, resistencia y funcionalidad del conjunto este proceso implica no solo la unión física de piezas, sino también la verificación precisa de dimensiones, alineaciones y tolerancias, con el propósito de garantizar que cada componente cumpla su función dentro del sistema global en el presente trabajo se aborda de manera detallada el procedimiento seguido para el ensamblaje de los distintos elementos estructurales, destacando las técnicas empleadas, los materiales utilizados y los criterios adoptados para asegurar la calidad y la seguridad de la construcción.

#### **2.1.1 Subtema 1: ensamblaje de la base del generador**

En primer lugar, se procedió a efectuar cortes en los extremos de los tubos cuadrados, aplicando un ángulo de 45 grados, con el propósito de ensamblarlos y conformar una estructura rectangular como se aprecia en la **Gráfica 5** esta disposición geométrica no solo facilita uniones precisas y firmes, sino que además aporta ventajas significativas en términos de resistencia mecánica sobre la elección de este diseño contribuye a mejorar la capacidad de soporte de la estructura frente a las cargas a las que será sometida, al mismo tiempo que ayuda a disipar de manera más eficiente las vibraciones que puedan generarse durante el funcionamiento del sistema, una vez conformado el marco estructural, se procedió a colocar sobre esta base una plancha de acero como se aprecia en la **Gráfica 6** la cual cumple la función de reforzar la rigidez del conjunto y proporcionar una superficie sólida y uniforme para el montaje de los distintos componentes en esta plancha no solo incrementa la resistencia global de la estructura, sino que también contribuye a una mejor distribución de las cargas, garantizando estabilidad y seguridad en las operaciones que se realicen sobre el banco de carga.

**Gráfica 5:** Base del generador



Estructura rectangular

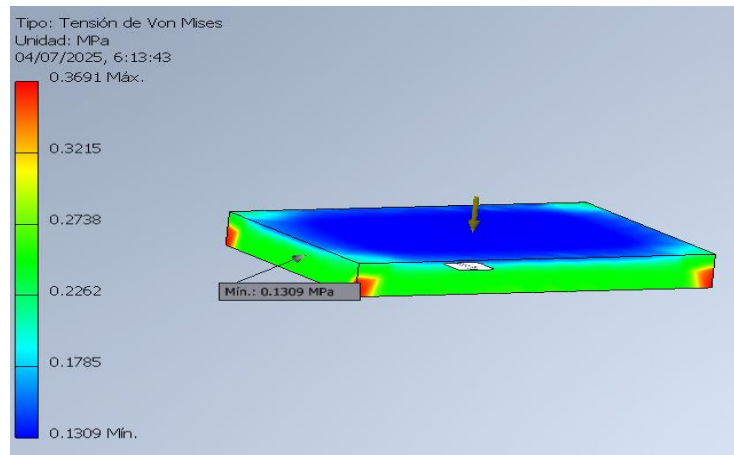
**Gráfica 6:** Base del generador



Implementación de una plancha de acero

Con el propósito de comprobar la resistencia de la estructura diseñada, se decidió llevar a cabo una simulación utilizando el software Inventor a través de este ensayo virtual, fue posible analizar el comportamiento del material bajo diferentes condiciones de carga y esfuerzo. En particular, se obtuvieron datos sobre el esfuerzo equivalente de von Mises como se muestra en el **Gráfico 7**, el cual es un indicador clave para determinar si un componente podrá soportar las tensiones aplicadas sin riesgo de falla.

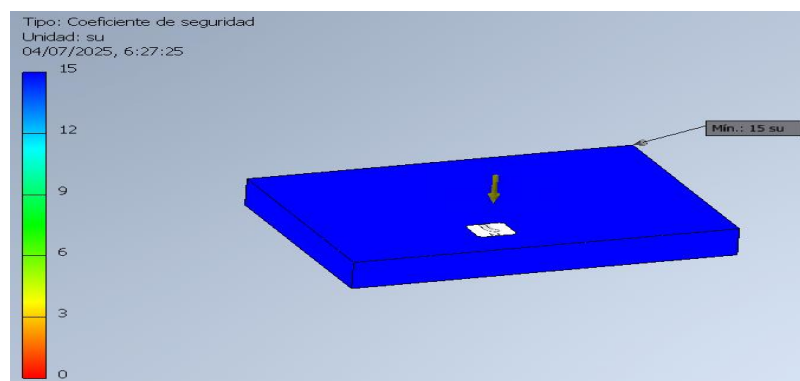
### Gráfica 7: Ensayo de esfuerzos



Fuerza aplicada en el eje y

Además, el análisis permitió calcular el factor de seguridad, proporcionando un margen que indica cuán lejos está la estructura de alcanzar su límite de ruptura como se muestra en el **Gráfico 8**. Esta información resultó fundamental para validar el diseño, asegurando que el banco de carga pueda operar de manera segura y confiable en el laboratorio, incluso bajo exigencias mecánicas elevadas gracias a esta evaluación, se pudo realizar ajustes en el modelo para optimizar su resistencia y garantizar su adecuado desempeño en condiciones reales de trabajo.

### Gráfica 8: Ensayo de esfuerzos



Coeficiente de seguridad de 15

### 2.1.2 Subtema 2: ensamblaje de la base del banco de carga

Posteriormente, se procedió a la fabricación de una segunda estructura de dimensiones mayores, siguiendo el mismo procedimiento de corte a 45 grados en los extremos de los tubos cuadrados para permitir un ensamblaje preciso y robusto como se muestra en la **Gráfica 9** esta estructura de mayor tamaño fue concebida para brindar un soporte adicional y asegurar una mayor estabilidad al conjunto, especialmente considerando las exigencias mecánicas y dinámicas a las que estaría sometido el banco de carga durante su funcionamiento.

**Gráfica 9:** Base del banco de carga



Estructura rectangular

Sobre esta nueva estructura, se instaló igualmente una plancha de acero, cuyo propósito principal es reforzar la rigidez del marco y proporcionar una superficie sólida y uniforme para el montaje de los distintos elementos del sistema la incorporación de esta plancha permite distribuir de manera más homogénea las cargas, disminuyendo los puntos de concentración de esfuerzo y aumentando la vida útil de la estructura.

Además, se implementaron ruedas industriales en la base de la estructura como se aprecia en la **Gráfica 10**, seleccionadas por su capacidad para soportar elevados pesos y facilitar el desplazamiento del banco de carga dentro del área de trabajo las ruedas no solo permiten trasladar el equipo de forma sencilla y segura, sino que también aportan flexibilidad operativa, posibilitando cambios de ubicación sin necesidad de desmontar la instalación.

**Gráfica 10:** Base del banco de carga



Implementación de la plancha de acero y de ruedas industriales

Para ello, y con el propósito de garantizar la estabilidad de la base del banco de carga, se solicitó la colaboración de un compañero como se aprecia en la **Gráfica 11**, quien nos asistió en la verificación práctica de la rigidez y el equilibrio de la estructura durante esta etapa se realizaron pruebas consistentes en aplicar cargas y movimientos sobre la superficie para identificar posibles desplazamientos, vibraciones excesivas o cualquier tipo de inestabilidad que pudiera comprometer la seguridad o el funcionamiento del equipo.

**Gráfica 11:** Base del banco de carga



Comprobación de la estabilidad y desplazamiento del banco de carga

Esta revisión resultó fundamental ya que permitió confirmar que la base del banco de carga cumplía con los requerimientos mecánicos previstos en el diseño, asegurando una adecuada distribución de las fuerzas y evitando deformaciones o inclinaciones que pudieran afectar su rendimiento gracias a esta comprobación se logró establecer que la estructura

posee la solidez necesaria para soportar tanto el peso de los componentes instalados como las cargas dinámicas generadas durante su operación.

### 2.1.3 Subtema 3: Ensamblaje de las dos bases estructurales

Posteriormente, se procedió al ensamblaje de la base del generador con la base del banco de carga, utilizando el proceso de soldadura como método de unión este procedimiento se llevó a cabo cuidando la alineación y nivelación de ambas estructuras como se aprecia en la **Gráfica 12**, con el fin de asegurar que el montaje final mantuviera la estabilidad y precisión dimensional requeridas para el correcto funcionamiento del sistema.

**Gráfica 12:** Estructura del banco de carga



Ensamblaje de la base del generador y la base del banco de carga

La unión se realizó dejando una altura total de 400 mm entre las bases, dimensión previamente definida en los planos de diseño para permitir el adecuado espacio destinado al paso de cables, tuberías y demás componentes necesarios para la operación y mantenimiento del equipo, además, esta altura contribuye a facilitar las labores de inspección y limpieza, así como a optimizar la ventilación alrededor de los elementos mecánicos y eléctricos instalados.

Durante el proceso de soldadura, se emplearon cordones continuos y de calidad controlada, verificando la correcta penetración y la ausencia de defectos como porosidades o fisuras, con el objetivo de garantizar la integridad estructural de la unión gracias a estas medidas, se logró conformar una base sólida y resistente, capaz de soportar las cargas

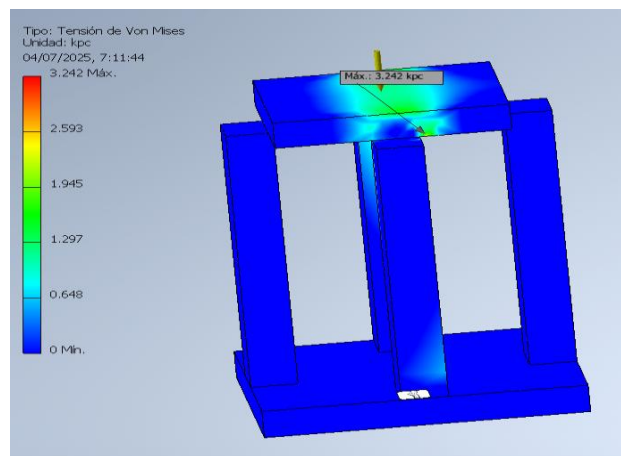
dinámicas y estáticas que se presentarán durante el funcionamiento del banco de carga y del generador.

Además, se llevó a cabo un análisis detallado en el software Inventor sobre la estructura ya ensamblada, con el objetivo de garantizar tanto su estabilidad como su seguridad durante el funcionamiento como la muestra en la **Gráfica 13** este estudio permitió evaluar cómo se distribuyen las tensiones en cada parte del diseño, identificando posibles zonas críticas donde pudieran concentrarse esfuerzos excesivos.

A través de la simulación, se obtuvieron datos precisos que sirvieron para confirmar si la estructura puede soportar las cargas y vibraciones esperadas durante las pruebas con el banco de carga, además el análisis arrojó información sobre el factor de seguridad, proporcionando un margen de confianza respecto a la resistencia de los materiales empleados.

Este procedimiento fue fundamental para validar el diseño antes de su construcción física, asegurando que el banco de carga no solo cumpla con los requisitos mecánicos, sino que también ofrezca un funcionamiento seguro y confiable en el entorno del laboratorio de Ingeniería Automotriz.

**Gráfica 13:** Ensayo de esfuerzos



Estructura simulada bajo condiciones de carga

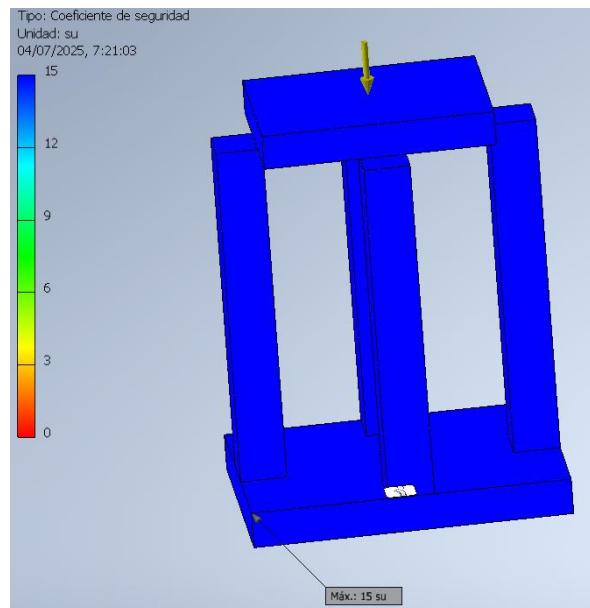
Asimismo, se llevó a cabo un análisis específico para determinar el coeficiente de seguridad de la estructura diseñada como se muestra en la **Gráfica 14** este estudio tuvo como

propósito verificar que todos los componentes del banco de carga pudieran soportar sin inconvenientes las solicitaciones mecánicas previstas durante su funcionamiento.

El cálculo del coeficiente de seguridad permitió establecer un margen de confianza entre las tensiones máximas que los materiales pueden resistir y las tensiones reales a las que estarán sometidos bajo condiciones normales y extremas de operación. Este valor es clave para garantizar no solo la integridad estructural del banco de carga, sino también la seguridad de quienes lo operan.

Los resultados obtenidos en el análisis indicaron si era necesario realizar modificaciones en el diseño, como refuerzos en ciertas zonas críticas o ajustes en los espesores de los materiales gracias a esta evaluación se logró asegurar que el banco de carga cumpla con los estándares de fiabilidad y durabilidad exigidos para su uso en el laboratorio de Ingeniería Automotriz.

**Gráfica 14:** Ensayo de esfuerzos



Estructura simulada sobre el coeficiente de seguridad

#### 2.1.4 Subtema 4: ensamblaje de del generador con el motor

Posteriormente, se procedió a fijar el generador a la base previamente ensamblada, utilizando para ello cuatro pernos de sujeción de medida 5/8 pulgadas como se aprecia en la **Gráfica 15** la elección de estos elementos de fijación respondió tanto a criterios de resistencia mecánica como de seguridad, garantizando que el generador permaneciera firmemente anclado, incluso ante las vibraciones y esfuerzos dinámicos que pudieran generarse durante su funcionamiento.

**Gráfica 15:** Estructura del banco de carga



Ensamblaje del banco de carga y el motor de combustión interna

Esta operación no solo permitió asegurar el generador en su posición definitiva, sino que también resultó fundamental para verificar con precisión la altura exacta a la que debía instalarse la polea ya que de ella depende la correcta alineación entre el eje del generador y el sistema de transmisión, lo cual es indispensable para evitar desalineaciones, desgastes prematuros o pérdidas de eficiencia en la transmisión de potencia.

Además, durante esta etapa se revisaron cuidadosamente los niveles y las distancias, empleando instrumentos de medición adecuados para garantizar que tanto el generador como los componentes asociados quedaran correctamente posicionados, asegurando así el buen funcionamiento y la durabilidad del conjunto mecánico.

### 2.1.5 Subtema 4: Incorporación de una polea en la junta homocinética de la transmisión

Posteriormente, se procedió a la incorporación de una polea, la cual fue instalada utilizando un eje sólido que conecta directamente con la junta homocinética de la transmisión como se muestra en la **Gráfica 16** esta configuración se diseñó con el propósito de establecer una conexión mecánica eficiente mediante una banda dentada hacia el generador, componente que ha sido detallado en los subtemas anteriores.

**Gráfica 16:** Incorporación de polea



Polea instalada en la junta homocinética de la transmisión

La elección de una banda dentada responde a la necesidad de asegurar una transmisión de potencia precisa y sin deslizamientos, optimizando así el rendimiento del sistema y reduciendo pérdidas energéticas, además, el uso de un eje sólido garantiza la robustez y estabilidad de la unión, permitiendo soportar las cargas dinámicas y torsionales que se generan durante el funcionamiento.

Durante el proceso de montaje, se realizaron verificaciones minuciosas para asegurar que la polea quedara perfectamente alineada con el generador y demás elementos del tren de transmisión esto resultó esencial para evitar desajustes vibraciones excesivas o desgastes prematuros en los componentes, además se cuidó que las dimensiones y tolerancias fueran acordes a las especificaciones técnicas, asegurando un funcionamiento confiable y prolongado del conjunto mecánico.

## CAPÍTULO 3

### CONTROL DE CARGA

El control de carga representa un aspecto crucial en los ensayos de bancos de prueba para motores de combustión interna, ya que permite regular la resistencia que se aplica al motor y, con ello, simular distintas condiciones de funcionamiento en el presente trabajo este control se llevó a cabo mediante el uso de breaquers de 50 amperios, los cuales fueron conectados a resistencias tipo níquelina. Este sistema permitió ajustar de forma precisa la carga ejercida sobre el motor, garantizando tanto la seguridad del ensayo como la obtención de datos fiables para el análisis de su desempeño bajo diferentes niveles de esfuerzo.

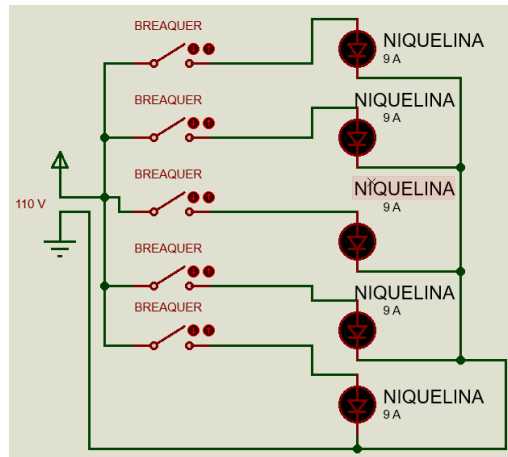
#### **3.1.1 Subtema 1: elaboración del control de carga**

Para este propósito, se emplearon cinco breaquers de 50 amperios, los cuales se conectaron a cinco resistencias de níquelina sumergidas en agua esta disposición se seleccionó considerando tanto criterios de seguridad como de eficiencia en la disipación de calor, ya que el agua actúa como medio refrigerante, evitando el sobrecalentamiento de las resistencias durante el funcionamiento prolongado del sistema.

La conexión eléctrica de estos elementos se realizó en paralelo lo cual permite un control más preciso y progresivo de la carga aplicada al generador como se muestra en la **Gráfica 17** gracias a esta configuración, es posible encender los breaquers de manera escalonada, logrando que el amperaje vaya incrementándose de forma gradual este aumento progresivo de la corriente provoca una mayor exigencia sobre el generador, simulando diferentes niveles de esfuerzo y permitiendo analizar su comportamiento bajo distintas condiciones de carga.

Además, la utilización de varios circuitos paralelos proporciona flexibilidad en los ensayos, ya que permite adaptar la carga a los requerimientos específicos de cada prueba, asegurando así tanto la integridad del generador como la obtención de datos fiables para el análisis de desempeño este sistema de control de carga constituye una herramienta esencial para evaluar la respuesta del motor y del generador frente a variaciones en la demanda de potencia, contribuyendo de manera significativa a los objetivos de este proyecto.

### Grafica 17: Control de carga



Conexión en paralelo de niquelinas con su respectivo breaquero

### 3.1.2 Subtema 1: elaboración del control de carga

Para ello, se optó por construir un cajetín de madera como se muestra en la **Gráfica 18**, destinado a proteger tanto los cables eléctricos como los breiqueres instalados en el sistema esta solución fue elegida no solo por su funcionalidad sino también por aspectos prácticos y estéticos ya que la madera es un material relativamente fácil de trabajar permite cortes y adaptaciones precisas y ofrece un acabado visualmente agradable que contribuye a la presentación profesional del banco de carga.

### Grafica 18: Control de carga



Control de carga en un cajetín de madera

La finalidad principal de este caso es resguardar los componentes eléctricos de posibles daños mecánicos, impactos accidentales o exposición a elementos externos como polvo, humedad o temperaturas elevadas como se muestra en la **Gráfica 19** factores que podrían comprometer la seguridad o el correcto funcionamiento del sistema. Además, su construcción permite mantener un orden adecuado en el tendido de los cables, minimizando el riesgo de cruces indeseados o cortocircuitos y facilitando las labores de mantenimiento o inspección.

Desde el punto de vista estético, el uso de madera aporta una apariencia más limpia y organizada al conjunto, lo cual resulta importante en entornos académicos y de laboratorio, donde la presentación del equipo también refleja la calidad del trabajo realizado. Asimismo, el diseño del cajetín fue pensado para permitir un acceso rápido y sencillo a los breiker y conexiones internas, garantizando la seguridad de las operaciones sin sacrificar funcionalidad ni comodidad de uso de este modo se logró integrar protección, orden y estética en una sola solución constructiva, contribuyendo significativamente al resultado final del proyecto.

#### **Gráfica 19: Control de carga**



Control de carga en un cajetín de madera y sumergida en agua

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis e interpretación de resultados constituye una etapa clave en cualquier proyecto técnico o científico pues permite transformar los datos obtenidos en información útil para validar hipótesis, verificar el cumplimiento de objetivos y extraer conclusiones relevantes. En el presente trabajo se examinan los datos generados a lo largo de las distintas fases del diseño construcción y ensamblaje del banco de carga, prestando especial atención a variables como la estabilidad estructural la resistencia de los materiales empleados y el comportamiento dinámico del sistema bajo condiciones de carga.

A través de este análisis se busca no solo evaluar el desempeño del banco de carga, sino también identificar posibles áreas de mejora, garantizando que el dispositivo cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia requeridos para su aplicación en el ámbito académico y experimental.

#### 4.1.1 Subtema 1: OBDLINK MX+

Para la recolección de datos se utilizó un dispositivo OBDLINK MX+, el cual establece su conexión con el sistema electrónico del motor mediante tecnología Bluetooth este equipo fue seleccionado por su capacidad para ofrecer una comunicación inalámbrica estable y segura, lo que facilita tanto el manejo del instrumento como la movilidad alrededor del banco de carga durante las pruebas.

Gracias a sus prestaciones, el OBDLINK MX+ permitió acceder en tiempo real a diversos parámetros del motor tales como revoluciones por minuto (RPM) carga del motor y potencia del motor (HP) para el análisis del comportamiento dinámico del sistema como se aprecia en la **Gráfica 20** esta capacidad de mostrar datos en vivo resultó esencial para supervisar de manera continua el funcionamiento del motor, detectar posibles anomalías y registrar información precisa necesaria para la interpretación de los resultados.

**Gráfica 20: OBDLINK MX+,**



Comportamiento del motor bajo carga

#### 4.1.2 Subtema 1: recolección de datos

Posteriormente, se procedió a exportar los datos obtenidos durante las pruebas a un archivo en Excel lo cual permitió un manejo más organizado y eficiente de la información registrada gracias a esta herramienta, fue posible elaborar gráficas detalladas que reflejaron las curvas de comportamiento que presentó el motor bajo las distintas condiciones de carga impuestas durante los ensayos como se aprecia en la **Gráfica 21** estas representaciones gráficas facilitaron el análisis visual y comparativo de variables como potencia torque y régimen de giro aportando información valiosa para la interpretación del rendimiento y desempeño del motor evaluado, además el uso de Excel permitió aplicar funciones estadísticas y cálculos adicionales que enriquecieron el estudio y contribuyeron a una mejor comprensión de los resultados obtenidos como se aprecia en la **Tabla 2**.

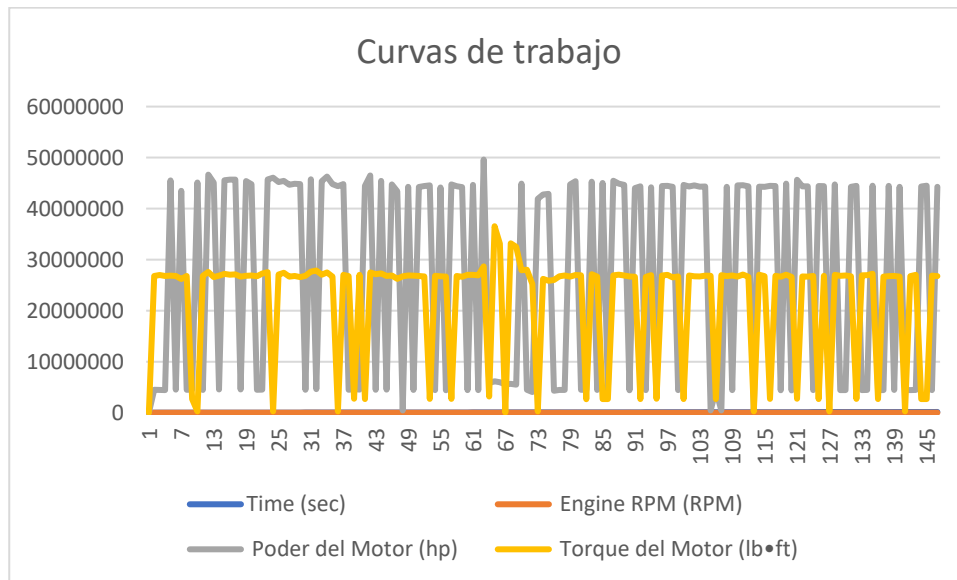
**Tabla 2:** Datos Obtenidos

Time (sec)	Engine RPM (RPM)	Poder del Motor (hp)	Torque del Motor (lb·ft)
0.000	0	0	0
0.961	883.75	4.511.425	26.811.333
1.979	871.5	4.480.813	27.003.716
2.971	871.75	4.446.375	26.788.486
3.962	890.75	45.535.164	26.848.816
5.047	885.75	4.521.629	26.811.298

5.974	871.5	43.503.118	26.217.247
6.979	878.5	4.483.364	26.803.797
7.959	890.5	4.529.282	2.671.342
8.971	882.5	45.127.006	268.569
9.969	876	4.474.436	26.826.761
10.967	888.5	46.665.616	27.585.043

Datos obtenidos bajo condiciones de carga

**Gráfica 21:** Curvas de trabajo



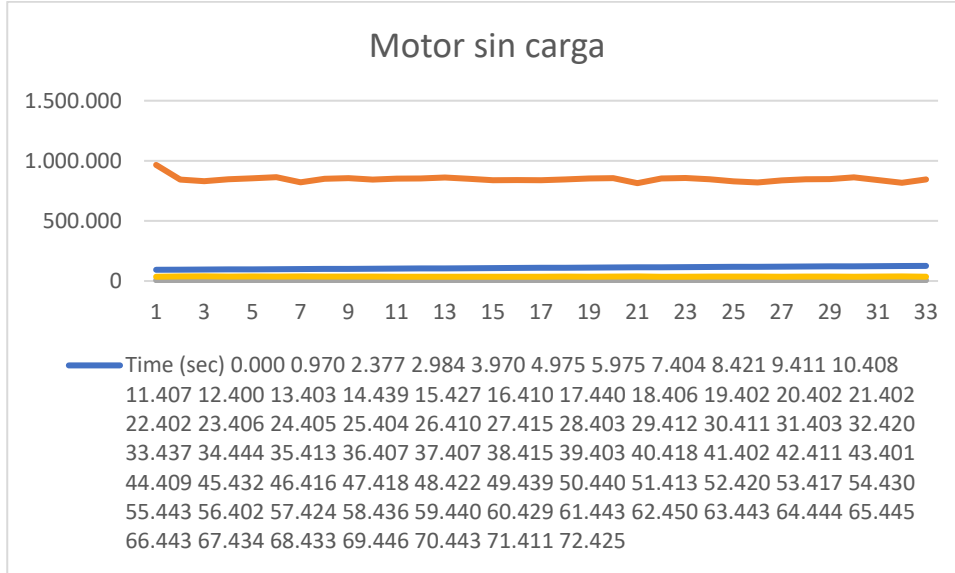
Comportamiento del motor bajo carga

## 2.1. Análisis e interpretación de resultados

El banco de carga tiene como finalidad imponer una resistencia cuidadosamente regulada al motor de combustión interna, lo que permite simular condiciones de funcionamiento específicas y controladas gracias a esta capacidad es posible analizar de forma precisa cómo responde el motor ante diferentes exigencias mecánicas proporcionando datos fundamentales para comprender su comportamiento en situaciones reales de operación tal como se muestra en la **Gráfica 22** cuando el motor opera en vacío o bajo una carga mínima, mantiene un régimen constante de 1500 RPM reflejando valores estables tanto de torque como de potencia, lo cual indica que el sistema está trabajando sin mayores exigencias mecánicas, situación que también se detalla en la **Tabla 3** este escenario representa una

condición de referencia que permite establecer una línea base para comparar el desempeño del motor cuando se le someten a mayores esfuerzos.

**Gráfica 22:** Curvas de trabajo



Representación de los valores del motor sin carga

**Tabla 3:** Valores Obtenidos

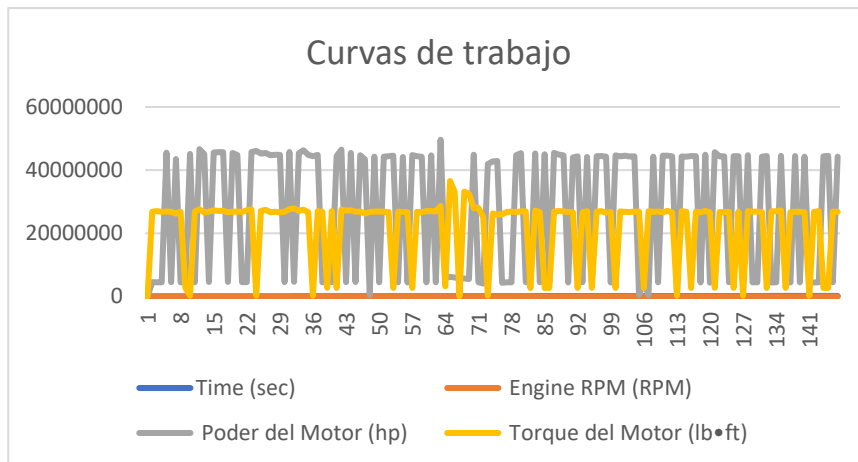
Time (sec)	RPM del motor (RPM)	Poder del Motor (hp)	Torque del Motor (lb•ft)
93.436	966.000	6.488	35.274
94.440	844.000	6.165	38.365
95.430	830.000	6.177	39.089
96.442	847.000	5.943	36.853
97.438	854.000	6.179	38.004
98.441	864.000	6.061	36.845
99.436	821.000	5.922	37.883
100.443	850.000	5.971	36.892
101.439	856.000	5.998	36.805
102.446	844.000	5.950	37.024
103.440	852.000	5.859	36.117
104.434	853.000	5.710	35.157

105.434	861.000	5.845	35.657
106.423	850.000	5.737	35.449
107.438	839.000	5.710	35.744
108.436	840.000	5.656	35.363
109.444	839.000	5.649	35.362
110.445	845.000	5.943	36.937
111.443	853.000	5.744	35.366
112.437	856.000	6.005	36.847
113.428	814.000	5.866	37.850
114.437	853.000	5.683	34.991
115.431	857.000	5.789	35.481

Valores estables sin carga en el motor

No obstante al aumentar la carga mediante el banco de pruebas se introduce una resistencia adicional que obliga al motor a generar un mayor par motor para poder sostener la misma velocidad de giro en este contexto las mediciones registradas evidencian un incremento progresivo tanto en el torque como en la potencia, comportamiento que puede observarse claramente en la **Gráfica 23** y en los valores consignados en la **Tabla 4** este aumento es proporcional al nivel de carga aplicada y está directamente relacionado con la necesidad del motor de contrarrestar las fuerzas resistivas que surgen, incrementando su producción de energía mecánica para mantener su régimen operativo constante.

**Gráfica 23:** Curvas de trabajo



Aumento de torque y potencia bajo condiciones de carga

**Tabla 4:** Datos Obtenidos

Time (sec)	Engine RPM (RPM)	Poder del Motor (hp)	Torque del Motor (lb•ft)
0.000	0	0	0
0.961	883.75	4.511.425	26.811.333
1.979	871.5	4.480.813	27.003.716
2.971	871.75	4.446.375	26.788.486
3.962	890.75	45.535.164	26.848.816
5.047	885.75	4.521.629	26.811.298
5.974	871.5	43.503.118	26.217.247
6.979	878.5	4.483.364	26.803.797
7.959	890.5	4.529.282	2.671.342
8.971	882.5	45.127.006	268.569
9.969	876	4.474.436	26.826.761
10.967	888.5	46.665.616	27.585.043

Datos obtenidos bajo condiciones de carga

Este fenómeno es de gran importancia dentro del análisis dinámico del motor ya que permite cuantificar su capacidad de adaptación frente a cambios en las condiciones de trabajo así como evaluar su eficiencia energética bajo diferentes niveles de carga la información obtenida en estos ensayos resulta esencial para trazar las curvas características de torque y potencia en función de las revoluciones por minuto herramientas técnicas que son clave para el diagnóstico de posibles problemas mecánicos la identificación de áreas de mejora y la optimización del rendimiento en aplicaciones prácticas.

En definitiva el banco de carga se consolida como una pieza fundamental para obtener datos fiables y representativos sobre el comportamiento real del motor constituyendo un recurso de alto valor tanto en el ámbito académico como en la investigación y el desarrollo tecnológico dentro del campo de la ingeniería automotriz, además su uso permite anticipar fallos, mejorar procesos de diseño y contribuir al desarrollo de motores más eficientes y robustos, lo cual se traduce en avances significativos tanto en la industria como en la formación técnica especializada.

## CONCLUSIONES

- Se alcanzó satisfactoriamente el objetivo general propuesto, al diseñar y materializar un banco de simulación de carga y esfuerzo motor que permite estudiar y reproducir las curvas de trabajo de motores de combustión interna asegurando la solidez, resistencia y seguridad necesarias para su uso en el laboratorio de Ingeniería Automotriz este resultado responde directamente al objetivo específico de identificar y atender las condiciones de trabajo propias de los motores y las demandas académicas de la sede Quito – Campus Sur.
- En el diseño del banco se integraron de manera adecuada los componentes y sistemas imprescindibles, como el mecanismo de transmisión, el generador eléctrico y el sistema de control de carga garantizando su compatibilidad con los equipos disponibles en el laboratorio esta integración ha permitido recrear distintas condiciones de funcionamiento del motor, cumpliendo con el segundo objetivo específico y aportando una herramienta útil y versátil para fines didácticos y de investigación.
- Gracias al empleo del dispositivo OBDLINK MX+ junto con su software y el uso de Excel se logró obtener datos precisos y en tiempo real sobre parámetros clave del motor, como las revoluciones por minutos, el torque y la potencia esta información permitió analizar el comportamiento del motor bajo diferentes cargas y elaborar curvas de trabajo que resultaron valiosas para el análisis técnico con ello se cumplió el cuarto objetivo específico demostrando que el banco de carga es una herramienta eficaz para estudiar y evaluar el rendimiento de motores de combustión interna en condiciones controladas.
- La capacidad del banco para generar escenarios de operación reales constituye una herramienta invaluable tanto para el ámbito académico como para la investigación técnica, ya que brinda información esencial para la interpretación de curvas de trabajo, el diagnóstico de posibles anomalías y la mejora del rendimiento de los motores, además esta herramienta fortalece el aprendizaje práctico de los estudiantes, al permitirles experimentar directamente con mediciones reales y analizar el comportamiento de los motores bajo condiciones específicas.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda controlar cuidadosamente el tiempo de operación continua del banco de carga, evitando periodos excesivos que puedan provocar un incremento significativo de la temperatura en sus componentes limitando el tiempo de uso permite prevenir riesgos de sobrecalentamiento proteger la integridad de los elementos eléctricos y mecánicos involucrados, y garantizar un funcionamiento seguro y prolongado del equipo durante las pruebas de motores de combustión interna.
- Sería conveniente añadir más sensores y sistemas de captura de datos que permitan medir variables adicionales del motor, como la temperatura de los gases de escape la presión en el colector de admisión o el consumo de combustible en tiempo real al disponer de esta información ampliaría significativamente el alcance del análisis técnico permitiría generar curvas de trabajo con mayor nivel de detalle y favorecería un diagnóstico más preciso del rendimiento y comportamiento del motor bajo distintas condiciones de operación.
- Sería recomendable considerar la incorporación de sistemas de enfriamiento extra, como ventiladores de flujo forzado o intercambiadores de calor, especialmente en la zona donde se ubican las resistencias de niquelina sumergidas en agua con esta mejora, se lograría mantener temperaturas más controladas durante ensayos prolongados, disminuyendo el riesgo de sobrecalentamiento y protegiendo la vida útil de los elementos eléctricos y mecánicos que conforman el banco de carga.
- Sería recomendable establecer un programa periódico de mantenimiento preventivo para el banco de carga, que incluya la revisión y calibración de todos los sistemas eléctricos y componentes mecánicos involucrados en las pruebas. Esto no solo garantizará que las mediciones sigan siendo precisas y confiables a lo largo del tiempo, sino que también ayudará a prevenir posibles fallos que puedan interrumpir las actividades académicas o experimentales además mantener registros detallados de estas intervenciones facilitará el seguimiento del estado del equipo y permitirá planificar a tiempo cualquier mejora o sustitución necesaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CANTILLO ALBERTO. (2023). Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de desempeño de motores. 2023.
- Castillo, J., Rojas, ;, Vicente, Martínez, ;, & Jorge. (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 Determination of Torque and Power of a Gasoline Internal Combustion Engine by Using Spark with Pressure Sensor Adapted and Application of a Mathematical Model. En *Revista Politécnica-Abril* (Vol. 39, Número 1).
- CLAVIJO KLEVER, & MOSQUERA MICHAEL. (2024). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*.
- Díaz Gabriel. (2011). *Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development*.
- Eduardo, L., Escudero, H., Geovanny, I., De, N. A. D., & De Mecánica, L. F. (s/f). *"CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA INGENIERO AUTOMOTRIZ*.
- Gabriel Ballesteros-López, J. I., Vladimir Miranda-Reyes, O. I., Hernán Punina-Poveda III, D., & Milton Soli, J. (2022). *La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos The importance of a test bench to improve the performance of a 4-stroke engine A importância de uma bancada de testes para melhorar o desempenho de um motor de 4 tempos Ciências Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación. 66, 598–614. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3497>*
- GUZMÁN CHRISTIAN. (2017). *UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA ESTUDIO DE CASO CHRISTIAN CASTRO GUZMÁN*.

- Henao, M., & Nel, P. (2012). *Propuesta metodológica para el diseño de un banco de pruebas para engranajes cilíndricos rectos Methodological proposal for design of a test bench for straights cylindrical gears.*
- Indd, F. M. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals.*
- José, A. A., Cortes, G., Mecánico, I., De, U., Buenaventura, S., & De Ingeniería, F. (2008). *DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA MOTORES PT6T-3 RENÉ ALEJANDRO FERREIRA GARZÓN EDWIN RENÉ JURADO BALLESTEROS JOSÉ ARMANDO AYALA GONZÁLEZ Proyecto de Grado Como Requisito Para Optar el Título de Ingeniero.*
- Kamath, R., Venkobaroo, V., & Subramaniam, C. K. (2017). Simulation and Design of Decentralized PI Observer Based Controller for Nonlinear Interconnected Systems of the Diesel Engine Airpath. *Energy Procedia*, 117, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.103>
- Lotero, N. M. (2008). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE RENAULT TWINGO.*
- Luis Chavez, J., Campo, W. Y., & Elías, G. (s/f). *Construcción de un banco de pruebas para redes 5G basado en SDN y SDR.*
- Millán J. (2018). [toaz.info-banco-de-pruebas-mci-pr\\_7edb1e1838d61412704a58e8edbbc345](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.103). 2018.
- MORENO DIEGO. (2014). u686811. 2014.
- ORDOÑEZ KEVIN, & CABRERA HENRY. (2024). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.*
- Robayo, R. (2021). *Definición y aplicación de metodología de diseño para un banco de pruebas de motor cohete de propulsión líquida con un máximo empuje de 10kN.*
- Sánchez Giovanni. (2007). *SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN BANCO DE PRUEBA DE MOTORES A REACCIÓN PARA LA EMPRESA AERO-INDUSTRIAS LEAVER & CIA S.A. MARCELA CIFUENTES VECINO Tutor:*

*Ingeniero Giovanni Sánchez UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERIA ELECTRÓNICA BOGOTÁ, Mayo de 2007.*

Trabucchi, S., De Servi, C., Casella, F., & Colonna, P. (2017). Design, Modelling, and Control of a Waste Heat Recovery Unit for Heavy-Duty Truck Engines. *Energy Procedia*, 129, 802–809. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.140>

Triana Diego. (2010). *DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN BANCO PARA PRUEBAS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DIEGO ANDRÉS TRIANA LÓPEZ.*

**ANEXOS.**



