



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

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CARGA DE ESFUERZO MOTOR PARA EL ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA POTENCIA, FUERZA DE ARRASTRE Y PAR MOTOR DE LOS BANCOS YESA-3111 DEL LABORATORIO DE MOTORES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ-SEDE QUITO.

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

AUTORES: KEVIN ADRIAN ORDOÑEZ JARRIN

HENRY ADRIAN CABRERA DURAN

TUTOR: VICENTE EDGAR ROJAS REINOSO

Quito - Ecuador

2024

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

Nosotros, Kevin Adrian Ordoñez Jarrin con documento de identificación N° 0705770238 y Henry Adrian Cabrera Durán con documento de identificación N° 1727342295 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.

Quito, 20 de febrero del año 2024.

Atentamente,



---

Kevin Adrian Ordoñez Jarrin  
0705770238



---

Henry Adrian Cabrera Durán  
1727342295

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

Nosotros, Kevin Adrian Ordoñez Jarrin con documento de identificación N° 0705770238 y Henry Adrian Cabrera Duran con documento de identificación N° 1727342295 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: “Implementación de un sistema de carga de esfuerzo motor para el análisis y simulación de la potencia, fuerza de arrastre y par motor de los bancos Yesa-3111 del laboratorio demotores de la carrera de Ingeniería Automotriz-sede Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices 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

Quito, 20 de febrero del año 2024.

Atentamente,



---

Kevin Adrian Ordoñez Jarrin  
0705770238



---

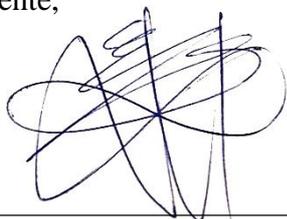
Henry Adrian Cabrera Durán  
1727342295

## 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: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CARGA DE ESFUERZO MOTOR PARA EL ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA POTENCIA, FUERZA DE ARRASTRE Y PAR MOTOR DE LOS BANCOS YESA-3111 DEL LABORATORIO DE MOTORES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ-SEDE QUITO, realizado por Kevin Adrian Ordoñez Jarrin con documento de identificación N° 0705770238 y Henry Adrian Cabrera Durán con documento de identificación N°1727342295 por 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, 20 de febrero del año 2024.

Atentamente,



---

Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso, MSc.

0106065519

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mis padres, Antonio Ordoñez y Noemi Jarrin, que son un ejemplo de dedicación y perseverancia. Estoy eternamente agradecido con ellos por motivarme a seguir adelante frente a las adversidades de la vida. Con su amor incondicional y apoyo he logrado culminar una etapa más en mi vida y todo el sacrificio que han realizado por mí está rindiendo frutos.

A mi hermano Bismark Ordoñez que ha demostrado ser un gran ejemplo para mí, además mi confidente y un amigo más. Con este logro obtenido espero que se sienta orgulloso porque gracias a él soy lo que soy en este momento. Gracias por creer en mí y ser un pilar fundamental en mi vida.

**Kevin Ordoñez**

Dedico el presente proyecto a mis Abuelos, Padres y Familiares por todo su constante respaldo y amor incondicional que siempre estuvieron alentándome para lograr este gran objetivo.

Y también a todas las personas, ingenieros que cuyas contribuciones y ánimos han hecho posible este logro.

**Adrian Cabrera**

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos a todo el personal docente de la carrera de Ingeniería Automotriz por la paciencia brindada, los conocimientos que nos enseñaron y también las recomendaciones referentes al campo automotriz y a la vida.

A mi grupo de amigos Los CONFYS que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente y por siempre estar en momentos de difíciles. Gracias por escucharme y celebrar un logro más en mi vida.

A mi tutor, por brindar sus conocimientos en el desarrollo de la tesis. Gracias a la experiencia aportada y por impulsarme a seguir adelante sin desfallecer en el camino.

A mis padres, a mi hermano y a mi familia, que son y siempre serán un apoyo fundamental en mi vida, gracias por brindarme consejos de cómo ser mejor persona y por motivarme a nunca rendirme en lo que me proponga realizar en la vida.

**Kevin Ordoñez**

Mis sinceros agradecimientos a todos los docentes que forman parte de la carrera de Ingeniería Automotriz por guiarnos en este gran camino hacia la formación como Ingenieros Automotrices.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Vicente Rojas, por su orientación experta, la paciencia brindada y sus valioso consejos y conocimientos que fueron vitales para dar forma a esta investigación.

A mis Padres, Familiares por brindarme un apoyo incondicional y esas palabras alentadoras que fueron un gran impulso para los momentos más desafiantes que se presentaron durante todo este proceso.

A mis compañeros de clase que siempre estuvieron para ayudarnos, por todos los trabajos que se realizó en grupo y las varias risas que nunca faltaron.

**Adrian Cabrera**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
ÍNDICE DE TABLAS .....	14
INDICE ANEXOS .....	14
RESUMEN .....	15
ABSTRACT .....	16
INTRODUCCIÓN .....	17
PROBLEMA .....	18
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos. ....	19
MARCO TEÓRICO .....	20
1.1    MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO .....	20
1.1.1 Curvas Características del Motor. ....	20
1.2    CURVA CARACTERISTICAS PAR MOTOR Y POTENCIA.....	21
1.2.1 Par Motor.....	21
1.2.2 Potencia .....	22
1.3    Curva de Consumo Específico de Combustible.....	23
1.4    Curva de Emisiones Contaminantes.....	24
1.5    Bancos Dinamométricos para Motores. ....	25
1.6    Condiciones para Obtención de Datos en los Bancos Dinamométricos. ....	25
1.7    Bancos Dinamométricos de Chasis.....	26
1.8    Banco Dinamométrico Acoplado al Eje Motor.....	27
1.9    Dinamómetro de Remolque. ....	27
1.10   Dinamómetro Acoplado al Eje de Transmisión. ....	28
1.11   Instrumentación y Mediciones en Bancos Dinamométricos.....	28
1.12   Manómetro de Presión. ....	29
1.13   Sensor de Temperatura.....	29
1.14   Sensor Infrarrojo MLX90614. ....	30
1.14.1 Características Técnicas. ....	30
1.15   Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB 6009 .....	30
1.15.1 Características Técnicas. ....	31
CAPÍTULO I.....	32
CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS .....	32
1.1    Diseño de Bases para el Sistema de Freno .....	32
1.2    Construcción de las Bases para el Sistema de Freno. ....	33

1.3	Soldadura y Acoplamiento de los Elementos Mecánicos. ....	34
1.3.1	Soldadura de la Base de Eje Izquierdo. ....	34
1.3.2	Diseño de Placa para el Soporte de los Componentes del Sistema de Freno. ....	35
1.3.3	Soldadura de Placa y Apoyos a la Maqueta.....	35
1.3.4	Diseño de la Base para la Mangueta.....	36
1.3.5	Base para la Mangueta.....	36
1.3.6	Soldadura de la Placa con la Estructura de la Mangueta .....	37
1.3.7	Taladrado de Orificios del Lado Izquierdo de la Maqueta .....	37
1.3.8	Soldadura de Apoyo para la Maqueta del Lado Derecho. ....	37
1.3.9	Taladrado de Orificios del lado Derecho de la Maqueta .....	38
1.3.10	Vulcanizado para la Absorción de Vibraciones de los Ejes Motrices. ....	38
1.3.11	Instalación de Bases de las Manguetas del Lado Derecho e Izquierdo de la Maqueta. ....	39
1.4	Engrase de la Junta Homocinética Interna. ....	40
1.5	Engrase del Perno Guía de Mordaza. ....	40
1.6	Engrase de la Copa de la Caja de Cambios .....	41
1.7	Acople del Eje de Transmisión Derecho de la Maqueta. ....	41
1.8	Instalación de la Mangueta y el Eje de Transmisión.....	41
1.9	Fijación de la Mangueta. ....	42
1.10	Instalación del Disco de freno, Mordaza y Pastillas de Freno. ....	42
1.11	Fijación del Eje de Transmisión a la Mangueta .....	43
1.12	Instalación de los Componentes del Sistema de Freno, parte Izquierda de la Maqueta. ....	43
1.13	Diseño de la Base para la Bomba de Freno.....	44
1.13.1	Construcción de Base para la Bomba del Sistema de Freno. ....	44
1.13.2	Soldadura de la Base.....	45
1.13.3	Soldadura del Pedal de Freno a la Base.....	45
1.13.4	Soldadura de la Base de la Bomba a la Maqueta.....	46
1.14	Adquisición de Acoples para el Sistema de Freno. ....	46
1.15	Instalación de Manómetro de Presión. ....	47
1.16	Instalación de cañerías de la Bomba hacia las Mordazas.....	47
1.17	Fabricación de Base para Sensor Infrarrojo MLX90614. ....	48
1.18	Diseño de apoyos auxiliares.....	48
1.18.1	Apoyo Auxiliar para la Mangueta Izquierda .....	48
1.18.2	Apoyo Auxiliar para la Mangueta Derecha. ....	49
1.18.3	Corte y Soldadura de las Bases Auxiliares para las Manguetas. ....	49
1.18.4	Ajuste de las Bases Auxiliares de la Maqueta .....	50

CAPÍTULO II.....	51
DISEÑO DE CONTROL ELECTRÓNICO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO .....	51
2.1    Datos técnicos de la Tarjeta USB-6009. ....	51
2.2    Disposición de pines y Descripción de Señales. ....	53
2.2.1 Descripción de Señales. ....	53
2.3    Software LabVIEW.....	54
2.3.1 Características principales: .....	55
2.4    Datos técnicos del sensor infrarrojo MLX 90614 .....	55
2.4.1 Principio Básico de Funcionamiento.....	56
2.4.2 Características Técnicas del Sensor Infrarrojo .....	56
2.4.3 Funcionamiento eléctrico del sensor MLX 90614 .....	57
2.4.4 Aplicaciones del sensor infrarrojo .....	58
2.4.5 Descripción de los pines .....	59
2.5    Especificaciones Técnicas de Manómetro de Presión 900 PSI Inoxidable con Glicerina .....	60
2.5.1 Datos Técnicos .....	60
2.5.2 Dimensiones del Manómetro 3822N 016.....	60
2.6    Especificaciones del motor Hyundai Grandeur HG 2.4 GDI.....	61
2.7    Programación de los Sensores MIX 90614 .....	62
2.7.1 Arduino.....	62
CAPÍTULO III .....	64
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CARGA MOTOR.....	64
3.1    Funcionamiento del Sistema. ....	64
3.2    Configuración de banco de pruebas. ....	64
3.3    Simulación del Pedal de Freno.....	64
3.4    Aplicación de Frenado. ....	64
3.5    Variación de Condiciones. ....	65
3.6    Análisis de Datos.....	66
3.7    Conexiones Eléctricas para la Obtención de Datos.....	66
3.8    Instalación de los Sensores MLX 90614 en los Discos de Freno. ....	67
3.9    Visualización de Datos de Temperatura.....	68
3.10   Realización de las Pruebas del Sistema de Carga de Esfuerzo Motor. ....	68
3.11   Cargas hacia el sistema. ....	69
3.12   Variaciones de presión en el sistema.....	69
3.13   Precauciones al Momento de Usar el Sistema. ....	70
CAPÍTULO IV .....	72

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	72
4.1    Pruebas de Temperatura.....	75
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES .....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de Funcionamiento de un Motor a Gasolina. ....	20
Figura 2. Curvas Características de un Motor de Combustión Interna.....	21
Figura 3. Mecanismo Biela-manivela de un Motor de 4 Tiempos .....	21
Figura 4. Representación de la Curva de Par a Plena Carga en Función del Régimen de Giro.....	22
Figura 5. Representación de la Curva de Potencia a Plena Carga en Función del Régimen de Giro.....	23
Figura 6. Curva de Consumo Específico de Combustible en Función del Régimen de Giro. ....	24
Figura 7. Contaminantes de un Motor de Combustión Interna. ....	25
Figura 8. Diagrama de un Banco Dinamométrico de Chasis. ....	26
Figura 9. Dinamómetro de Motor.....	27
Figura 10. Banco Dinamométrico de Remolque. ....	28
Figura 11. Dinamómetro Acoplado al Eje Motriz de Transmisión de ROTOTEST ENERGY .....	28
Figura 12. Manómetro de Presión. ....	29
Figura 13. Sensor Infrarrojo MLX90614. ....	30
Figura 15. Maqueta GDI YESA-3111.....	32
Figura 16. Diseño de las Bases para el Sistema de Freno. ....	32
Figura 17. Bases para el Sistema de freno.....	33

Figura 18. Soldadura de los Tubos. ....	33
Figura 19. Aplicación de Pintura a las Bases .....	34
Figura 20. Soldadura de la Base para la Mangueta .....	34
Figura 21. Placa de soporte.....	35
Figura 22. Soldadura de Placa y Apoyos.....	35
Figura 23. Diseño de la Base para la Mangueta. ....	36
Figura 24. Estructura para la Mangueta.....	36
Figura 25. Soldadura de la Placa con el Tubo de la Mangueta.....	37
Figura 26. Orificios para Fijar la Base de la Mangueta. ....	37
Figura 27. Apoyo de Maqueta del Lado Izquierdo.....	38
Figura 28. Orificios para Base de la Mangueta del lado Izquierdo. ....	38
Figura 29. Vulcanizado para las Bases de la Mangueta. ....	39
Figura 30. Instalación de bases para las Manguetas.....	39
Figura 31. Engrase de la Junta Homocinética Interna. ....	40
Figura 32. Engrase del Perno Guía de la Mordaza. ....	40
Figura 33. Engrase de la Copa de la Caja de Cambios.....	41
Figura 34. Acople del eje de Transmisión a la Caja de Transmisión. ....	41
Figura 35. Instalación de la Mangueta y el Eje de Transmisión.....	42
Figura 36. Fijación de la Mangueta. ....	42
Figura 37. Instalación del Disco de Freno, Mordaza y Pastillas de Freno. ....	43
Figura 38. Fijación del eje de Transmisión. ....	43
Figura 39. Instalación de Componentes del Sistema de Freno de la parte Izquierda de la Transmisión. ....	44
Figura 40. Diseño de la Base para la Bomba de Freno.....	44
Figura 41. Base para la Bomba de Freno y Pedal.....	45
Figura 42. Soldadura de la base de la Bomba.....	45

Figura 43. Soldadura del Pedal de Freno a la Base. ....	46
Figura 44. Soldadura de la Base de la Bomba a la Maqueta. ....	46
Figura 45. Cañerías y acoples para el Sistema de Freno. ....	47
Figura 46. Conexión del Manómetro de Presión. ....	47
Figura 47. Conexión de las Cañerías hacia las Mordazas ....	48
Figura 48. Base para el Sensor Infrarrojo MLX90614. ....	48
Figura 49. Apoyo Auxiliar para la Mangueta Izquierda. ....	49
Figura 50. Apoyo Auxiliar para la Mangueta Derecha. ....	49
Figura 51. Corte y Soldadura de las Bases Auxiliares ....	50
Figura 52. Ajuste de las Bases Auxiliares. ....	50
Figura 53. Bornes de la Tarjeta DAQ. ....	51
Figura 54. Entradas y Salidas Analógicas y Digitales. ....	52
Figura 55. Pines de la tarjeta NI USB-6009. ....	53
Figura 56. Software – LabVIEW. ....	55
Figura 57. Radiación Infrarroja. ....	56
Figura 58. Radiación IR y Termopila. ....	57
Figura 59. Diagrama de funcionamiento de sensor MLX 90614. ....	58
Figura 60. Pines de sensor MLX 90614. ....	59
Especificaciones Técnicas de Manómetro de Presión 900 PSI Inoxidable con Glicerina. ....	60
Figura 61. Manómetro de Presión 3820N 016. ....	60
Figura 62. Medidas de Manómetro. ....	
Figura 63. Ingreso de las librerías de los Sensores MLX 90614. ....	64
Figura 64. Programación para la Impresión de Datos. ....	64
Figura 65. Presión Hidráulica en el Sistema de Freno. ....	69
Figura 66. Presión Hidráulica a Diferentes Intensidades. ....	69
Figura 67. Circuito Eléctrico de los Sensores MLX 90614 en Protoboard. ....	71

Figura 68. Conexiones Eléctricas de los Sensores MLX 90614. ....	71
Figura 69. Instalación del Sensor MLX 90614 en los Discos de Freno. ....	72
Figura 70. Pantalla OLED para Visualizar Datos de Temperatura. ....	72
Figura 71. Accionamiento del Pedal de Freno. ....	73
Figura 72. Pruebas de funcionamiento del manómetro. ....	74
Figura 73. Mala Ejecución en la Prueba de Frenado. ....	75
Figura 74. Gráfica de Par Motor. ....	76
Figura 75. Gráfica con el Par Motor en Relación con la Segunda Marcha. ....	77
Figura 76. Gráfica con el Par Motor en Relación con la Tercera Marcha. ....	77
Figura 77. Par Motor con Relación de Cambio de Caja de Transmisión. ....	79
Figura 78. Gráfica de Rpm del Motor con Respecto al Par Motor. ....	79
Figura 79. Pruebas de Adquisición de Datos de Temperatura. ....	80
Figura 80. Pruebas de medición de Temperatura. ....	80
Figura 81. Gráfica Carga Motor en relación con las RPM. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la DAQ USB-6009.....	31
Tabla 2. Descripción de Bornes.....	52
Tabla 3. Descripción de Entradas/salidas de los Puertos Analógicos y Digitales.....	53
Tabla 4. Especificaciones técnicas del manómetro 380N 016. ....	60
Tabla 5. Datos técnicos del Motor Hyundai Grandeur HG 2.4 GDI. ....	62
Tabla 6. Pruebas para Obtener el Par Máximo con el Sistema Implementado.....	74

## INDICE ANEXOS

Anexo 1 Plano Principal para Soporte de la Mangueta. ....	88
Anexo 2 Plano de Base para la Bomba de Freno.....	89
Anexo 3 Plano de Base Auxiliar para el Lado Derecho de la Mangueta.....	90
Anexo 4 Plano de Base Secundaria para el lado Izquierdo de la Mangueta.....	91
Anexo 5 Plano de Soporte de Base del Eje Izquierdo.....	92
Anexo 6 Plano de Base con dos soportes para Eje Derecho.....	93
Anexo 7 Plano de manómetro de presión (GENEBRE - 3822N 060 - 900 psi).....	94
Anexo 8 Código de programación. ....	95
Anexo 9 Ficha de Datos del Sensor MLX 90614. ....	97
Anexo 10 Manómetro de presión 3822N 060.....	98
Anexo 11 Acabados Finales.....	99

## **RESUMEN**

La implementación de un sistema de carga de esfuerzo motor en las maquetas YESA-3111, con el fin de proporcionar a los estudiantes de ingeniería automotriz un sistema para analizar las curvas características que están presentes en el motor de la maqueta.

En el capítulo I se presenta todo el proceso de adaptación del sistema carga de esfuerzo motor, este sistema está conformado por diversos componentes que son: semiejes, mangueta, mordazas, pastillas de freno, cañerías, etc., para poder dejar fijos todos estos elementos se soldaron bases de apoyo para sostener todo el sistema de freno que proporcionara una carga al motor.

En el capítulo II se da a conocer los elementos mecánicos, electrónicos y los softwares que serán necesarios para obtener datos reales del funcionamiento del sistema de freno. En primera instancia se adaptará al sistema de cañerías un manómetro de presión para visualizar la presión ejercida en el pedal de freno. También se utilizará el software de LabVIEW junto con una tarjeta NI USB 6009, adicionalmente se programará en el software de Arduino dos sensores infrarrojos MLX 90614.

En el capítulo III se da conocer el funcionamiento del nuevo sistema de carga de esfuerzo motor, ya que al ser un nuevo sistema se dan pautas para hacer funcionar correctamente el sistema, además, se presentan las gráficas características del motor.

En el capítulo IV se realiza una comparativa entre los datos de motor proporcionados por el fabricante y los nuevos datos o gráficas obtenidas a partir del nuevo sistema implementado en la maqueta YESA-3111.

**Palabras Claves:** Curvas características, software, temperatura, gráficas

## **ABSTRACT**

The implementation of an engine stress load system in the YESA-3111 models, to provide automotive engineering students with a system to analyze the characteristic curves that are present in the engine of the model.

Chapter I presents the whole process of adapting the motor stress load system, this system is made up of various components such as: half shafts, stub axle, clamps, brake pads, pipes, etc., in order to fix all these elements, support bases were welded to support the entire braking system that will provide a load to the motor.

Chapter II describes the mechanical, electronic and software elements that will be necessary to obtain real data on the operation of the brake system. First of all, a pressure gauge will be adapted to the piping system to visualize the pressure exerted on the brake pedal. The LabVIEW software will also be used together with a NI USB 6009 card, additionally two MLX 90614 infrared sensors will be programmed in the Arduino software to visualize the temperature of the brake discs.

In chapter III, the operation of the new motor stress load system is presented, since it is a new system, guidelines are given to make the system work correctly, in addition, the characteristic graphs of the motor are presented.

In Chapter IV a comparison is made between the engine data provided by the manufacturer and the new data or graphs obtained from the new system implemented in the YESA-3111 model.

**Keywords:** Characteristic curves, software, temperature, graphs

## INTRODUCCIÓN

La implementación de un freno motor al tren motriz de los bancos de simulación de motor GDI-YESA 3111 para el laboratorio de motores de la carrera de Ingeniería Automotriz promete mejorar significativamente la enseñanza y capacitación de los estudiantes en el campo de la automoción brindando una mayor eficiencia y versatilidad laboral para experimentar el funcionamiento de un freno motor en un entorno de laboratorio.

El freno motor desempeña un papel importante en la simulación, proporcionando a los estudiantes una experiencia práctica y detallada en la evaluación en un sistema de frenado en los bancos GDI-YESA 3111. Esta implementación pretende mejorar el contenido de aprendizaje en el laboratorio de motores, también preparar a los futuros Ingenieros del área Automotriz a situaciones del mundo real, desafíos y demandas en la Industria Automotriz actual.

Para hallar el torque en diversas condiciones de operación se analizará la curva del par motor proporcionando eficiencia en diferentes rangos de velocidad. Por otro lado, la curva de potencia ilustra la relación entre la velocidad del motor y la potencia entregada.

La implementación del freno motor permitirá evaluar estas curvas mientras se realiza simulaciones de carga y conducción más realistas, lo que permitirá a los estudiantes e investigadores una observación más de cerca de los diferentes comportamientos del sistema. Además de la capacidad de estimar el consumo de combustible y las emisiones en un entorno controlado que ayudara a determinar estrategias para mejorar la eficiencia energética.

## **PROBLEMA**

Los bancos de simulación Yesa-3111 del laboratorio de Motores de la carrera de Ingeniería Automotriz- Sede Quito, son unidades utilizadas por los estudiantes para realizar prácticas de simulación del motor, en estas prácticas se realizan diferentes tipos de diagnósticos de posibles fallas, estas pueden ser: en el sistema de inyección, sistema eléctrico, desmontaje y montaje de partes del motor, sistema de entrada de aire y escape y solución de problemas en general. Sin embargo, estos equipos no tienen un sistema de carga motor para analizar la potencia, fuerza de arrastre y par de motor, esto dificulta y limita la capacidad de análisis de los estudiantes.

La ausencia de un sistema de carga de esfuerzo motor impide que los bancos de simulación Yesa-3111 puedan someterse a condiciones reales de funcionamiento al no tener que vencer una fuerza de resistencia para generar potencia. Esto puede provocar que al obtener los parámetros de funcionamiento y al analizarlos, estos resultados podrían no ser precisos en comparación con otros bancos de pruebas que tengan incorporado un sistema de carga esfuerzo motor.

Cabe mencionar, al no tener un sistema de carga esfuerzo motor dificulta el paso de nuevas investigaciones de parte de los estudiantes y la docencia de la carrera de ingeniería automotriz. Por lo tanto, en esta tesis se plantea un sistema de carga de esfuerzo motor para los bancos Yesa-3111. El nuevo sistema implementado va a simular condiciones reales de funcionamiento con la obtención de datos precisos y proporcionando a la docencia un nuevo campo de investigación en la carrera de ingeniería automotriz.

### **Objetivo General.**

Implementar e instrumentar un sistema de simulación de carga al tren motriz para el estudio de par motor, potencia y fuerza de arrastre en el banco motor YESA-3111 del laboratorio de motores de la carrera de ingeniería automotriz sede Quito.

### **Objetivos Específicos.**

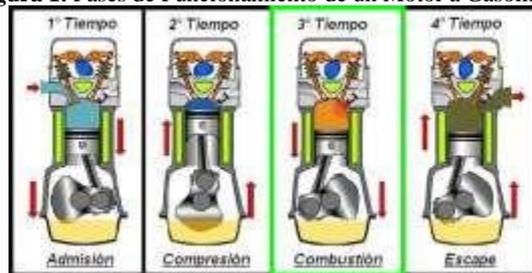
- Adecuar e instalar el sistema de semi ejes y los componentes del sistema freno acorde al modelo del vehículo del motor del banco YESA-3111
- Diseñar un sistema de control electrónico para la carga de esfuerzo del motor que permita generar parámetros de funcionamiento en carretera, incluyendo un sistema de adquisición de datos para registrar (tarjeta NI USB -6009).
- Calibrar y comprobar el funcionamiento del sistema de freno en los bancos de simulación GDI acorde a las características indicadas por el fabricante y condiciones ambientales.
- Validar los parámetros de funcionamiento del sistema de freno para otorgar la carga al motor.

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO

Los motores de combustión interna son máquinas que realizan un proceso de combustión de un carburante (gasolina) que se produce dentro de una cámara por el encendido de la chispa eléctrica de la bujía, la energía producida por la combustión se transforma en energía mecánica o de movimiento. Este proceso es un principio que se ha denominado ciclo OTTO o lo que se conoce como motor de 4 tiempos, como resultado tenemos que por cada dos vueltas completas del cigüeñal se tiene 4 tiempos como se indica en la Figura 1 (admisión, compresión, combustión-expansión y escape). (Díaz, González, & González, 2018)

**Figura 1.** Fases de Funcionamiento de un Motor a Gasolina.

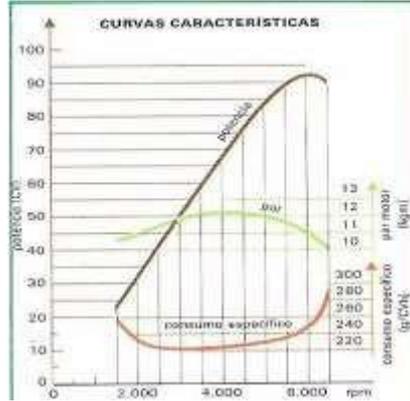


Fuente: (Medina, 2015)

#### 1.1.1 Curvas Características del Motor.

Las curvas características del motor de combustión interna de 4 tiempos son gráficas en las cuales se puede observar el comportamiento del motor de acuerdo con la velocidad de giro del cigüeñal que van a depender del límite máximo y mínimo de las revoluciones del motor, esta acción se ve reflejada en la potencia, el par motor, el consumo específico de combustible y las emisiones de gases contaminantes (Zambrano & Núñez, 2013), estas curvas se pueden obtener en la actualidad de forma más rápida por medio de bancos de pruebas que simulan las condiciones reales de funcionamiento como se puede observar en la Figura 2.

**Figura 2.** Curvas Características de un Motor de Combustión Interna.



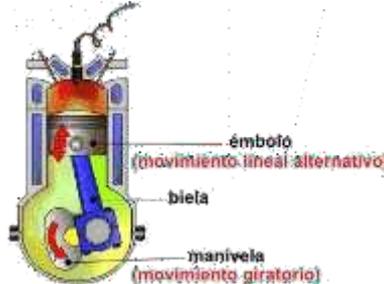
**Fuente:** (Ivan, 2014)

## 1.2 CURVA CARACTERISTICAS PAR MOTOR Y POTENCIA

### 1.2.1 Par Motor.

De acuerdo con (Arias & Ladino, 2018) menciona que: el par motor es una fuerza de torsión que se produce a partir de la presión que se genera en la mezcla de aire-combustible en el interior del motor, la presión ejercida ocasiona que se desplace el pistón y así se acciona el mecanismo de biela-manivela como se puede ver en la Figura 3, este mecanismo convierte la traslación lineal de los pistones en rotación así se genera la fuerza necesaria para mover o provocar la fuerza de giro necesario para mover el cigüeñal y de esta manera se accionan los elementos mecánicos del motor.

**Figura 3.** Mecanismo Biela-manivela de un Motor de 4 Tiempos.



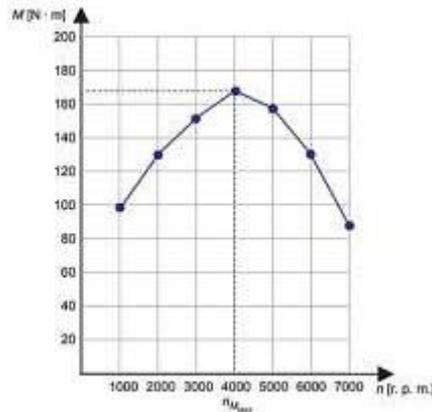
**Fuente:** (MecanESO, 2018)

#### 1.2.1.1 Curva Característica del Par Motor.

La curva del par motor ver Figura 4 esta influenciada por el régimen de giro del motor o también se le conoce como la carga de motor que es el nivel de exigencia al que se somete

al motor de acuerdo con sus prestaciones, esta carga de motor se relaciona con la posición del pedal de acelerador, en caso de no ser accionado el motor no tendrá carga, al ser accionado hasta la mitad se va a tener el motor a media carga y al accionar completamente el pedal se obtendrá el motor a plena carga. (Calleja, 2018, p. 40)

**Figura 4.** Representación de la Curva de Par a Plena Carga en Función del Régimen de Giro.



**Fuente:** (Calleja, 2018)

## 1.2.2 Potencia.

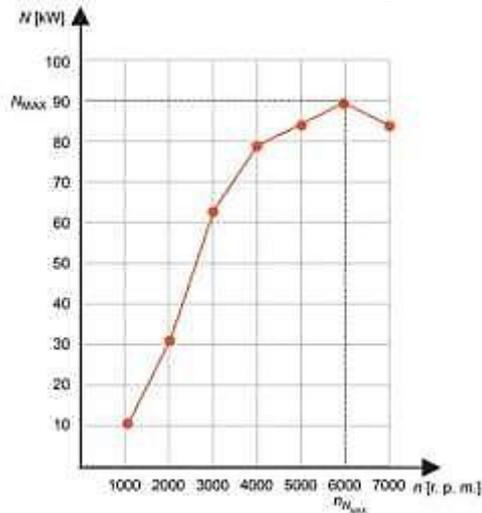
La potencia se la puede determinar como el aumento de la energía que el motor puede proporcionar en un determinado tiempo en relación con la rotación del cigüeñal, también se relaciona con el par, ya que la potencia se puede indicar como el par motor que puede ser utilizado en un momento dado por el tiempo en un alcance máximo o mínimo de velocidad. La potencia del motor dependerá de la relación de compresión y su cilindrada, si los valores son elevados, en el proceso de expansión aplicará mayor fuerza en el pistón, por lo que el par motor y la potencia se verán afectadas y permitirán un mayor rendimiento del motor. (Castillo, Rojas, & Martínez, 2017)

### 1.2.1.1 Curva Característica de la Potencia.

En la Figura 5 se observa que la potencia crece en relación con la carga que se ejerce sobre el motor, es decir, a medida que las revoluciones del motor aumentan la potencia se

incrementa hasta llegar a cierto punto, cuando se llega al pico más alto, la potencia decrece porque el llenado de los cilindros es deficiente y las potencias generadas superarán la producida. (Guamán & Merchán, 2023)

**Figura 5.** Representación de la Curva de Potencia a Plena Carga en Función del Régimen de Giro.



Fuente: (Calleja, 2018)

### 1.3 Curva de Consumo Específico de Combustible.

La curva de combustible se la puede considerar como la relación que existe entre la distancia de recorrido y la cantidad consumida de combustible por el vehículo. Este puede expresarse como la cantidad de volumen de combustible que se consume en el interior del motor para trasladarse a una determinada distancia, o la distancia que se ha trasladado el auto por el volumen de combustible consumido (Nunige, 2018).

En la actualidad el diagrama de consumo específico de combustible como se indica en la Figura 6, ha permitido establecer condiciones de desempeño del motor y la capacidad del motor para convertir la energía producida por el combustible en energía mecánica necesaria, además con esta curva se pueden establecer parámetros para reducir el consumo de combustible, estos parámetros son: mantenimientos preventivos, una conducción eficaz, diseño de motor y las nuevas tecnologías para ahorrar combustible. (González et al., 2010)

**Figura 6.** Curva de Consumo Específico de Combustible en Función del Régimen de Giro.



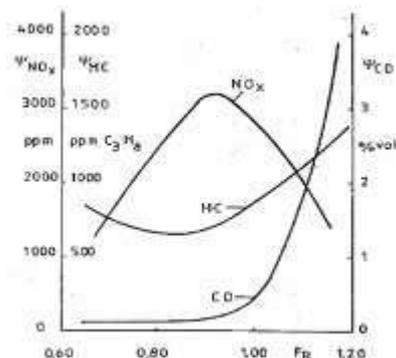
Fuente: (Zambrano & Núñez, 2013)

#### 1.4 Curva de Emisiones Contaminantes.

Se interpreta por emisión a la liberación continua o discontinua a la atmósfera de cualquier material, sustancia o forma de energía que resulte en la contaminación de la atmósfera ya sea de forma directa o indirectamente. (Querido & Salazar, 2023) Los gases contaminantes que se genera por el proceso de combustión en el motor son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos (HC), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), etc. (Figura 7), estos gases contaminantes varían dependiendo del tipo de combustible, el octanaje del combustible, diseño del motor, poder calorífico de la gasolina, etc. (Díaz C., 2023)

Las emisiones de CO y de HC se producen por falta de combustión de la mezcla aire-combustible, los NO<sub>x</sub> se producen por las altas temperaturas en la combustión, con la curva de gases contaminantes se puede identificar los puntos óptimos de la combustión, calibrar los motores para reducir emisiones y así se pueden establecer nuevas tecnologías para reducir la contaminación medioambiental.

**Figura 7.** Contaminantes de un Motor de Combustión Interna.



Fuente: (Shoyas, 2009)

### 1.5 Bancos Dinamométricos para Motores.

Los bancos dinamométricos son equipos en los cuales se pueden realizar diversas pruebas controlados en motores de combustión interna, el dinamómetro puede generar una carga en el motor o resistencia al movimiento, con esta carga producida se consigue obtener condiciones reales de funcionamiento como: potencia, par, torque, consumo de combustible, etc. (Muñoz, 2021)

Mediante un ordenador se aplican ensayos durante un determinado tiempo, el ensayo va a depender del régimen de giro, es decir, se va a aplicar carga al motor gradualmente desde su punto inicial de carga que sería el estado de reposo del motor hasta llegar a su completa carga, este proceso también puede ser inverso y así durante ese intervalo de tiempo se pueden obtener las gráficas o curvas de par motor, potencia y consumo de combustible. (Castillo L., 1999)

### 1.6 Condiciones para Obtención de Datos en los Bancos Dinamométricos.

Las condiciones para tener en cuenta deben tener en cuenta para una correcta obtención de datos para su posterior análisis:

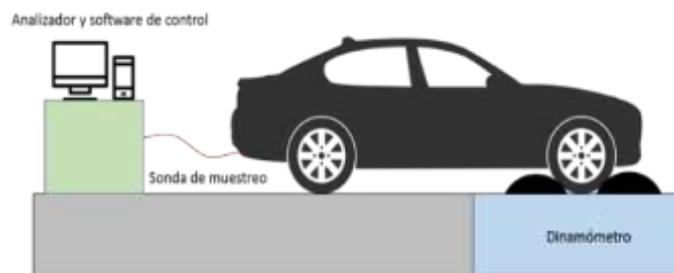
- Contar con un sistema de simulación avanzado para obtener los datos precisos y confiables de las condiciones de funcionamiento del motor.

- Calibrar el banco dinamométrico y también el sistema de obtención de datos antes de proceder con las pruebas.
- Para que el freno no se sobre caliente el tiempo debe ser limitado para evitar posibles daños en el sistema de freno del motor.
- Debe considerarse un tiempo extenso (5 a 15 segundos) para considerar despreciable el par de inercia de los elementos mecánicos considerados con el par de resistencia del freno.

### 1.7 Bancos Dinamométricos de Chasis.

El principio de funcionamiento se base en colocar las ruedas motrices del auto sobre los rodillos que están unidos al dinamómetro. Se debe de encender el vehículo y al acelerar los neumáticos giran sobre los rodillos y esto produce una fuerza de tracción que es disipada por el dinamométrico de freno. Estos rodillos tienen sensores de torque que permiten conocer la fuerza de oposición al giro, permitiendo conocer parámetros mencionados, mediante el ordenador del banco se controla el freno dinamométrico, variar la carga y la resistencia según se requiera, y registrar variables para generar curvas características del motor y tren de potencia. (Arriola, Avalos, & Miranda, 2018) En la Figura 8 se puede observar un diagrama de la forma de colocar el automóvil en el banco dinamométrico de chasis.

**Figura 8.** Diagrama de un Banco Dinamométrico de Chasis.



Fuente: (Muñiz, 2023)

### **1.8 Banco Dinamométrico Acoplado al Eje Motor.**

Los dinamómetros de motor se ensamblan directamente al eje de salida del eje motor. Su funcionamiento consiste en la obtención de la potencia y torque para evitar pérdidas de potencia. Para adquirir estas curvas de potencia y torque en el banco hay que retirar el motor de los vehículos permitiendo así realizar pruebas en condiciones controladas, este dispositivo está formado por bases o apoyos donde se coloca el motor y pueden absorber las vibraciones generadas por el funcionamiento del motor en el banco. (Yovera, 2020)

Los dinamómetros de motor como se observa en la Figura 9 se utilizan para investigaciones de motores en la etapa inicial de diseño y desarrollo, estos en una sala aislada se pueden obtener parámetros de funcionamiento más confiables, precisos y los ensayos se repiten según la obtención de datos. (Ávila, 2016)



**Fuente:** (Arriola D. A., 2018)

### **1.9 Dinamómetro de Remolque.**

El dinamómetro de remolque como se observa en la Figura 10 es un dispositivo de control que evalúa el rendimiento del vehículo mientras este hace un recorrido establecido, permite medir el par, potencia que se generan a partir del movimiento del vehículo. (Jiménez, 2019)

**Figura 10.** Banco Dinamométrico de Remolque.



**Fuente:** (Taylor, 2019)

### **1.10 Dinamómetro Acoplado al Eje de Transmisión.**

En dinamómetro acoplado al eje motriz como se observa en la Figura 11, reduce las pérdidas de potencia que se llegarán a producir debido al movimiento o elevadas temperaturas de los neumáticos por la fricción con los rodillos. (Jiménez, 2019)

**Figura 11.** Dinamómetro Acoplado al Eje Motriz de Transmisión de ROTOTEST ENERGY.



**Fuente:** (Rototest, 2023)

### **1.11 Instrumentación y Mediciones en Bancos Dinamométricos.**

Los bancos dinamométricos para obtener las curvas características de los autos tienen incorporado en su sistema la instrumentación necesaria para la evaluación del rendimiento de los motores. Los bancos deben tener sensores de temperatura y sensores de presión; los sensores de temperatura infrarrojos permiten medir elementos mecánicos sin tener contacto físico, permitiendo obtener parámetros más precisos en ambientes de alta temperatura.

Los manómetros de presión en su mayoría son utilizados para medir la fuerza de empuje que ejercen los gases y líquidos al pasar por un sistema cerrado de cañerías o tuberías, los manómetros son esenciales para la obtención de la presión en los sistemas hidráulicos y sistemas neumáticos al aplicar una carga al motor y en los sistemas mecánicos, de igual manera permiten establecer rangos para tener en cuenta para realizar mantenimientos preventivos en los sistemas del motor.

### **1.12 Manómetro de Presión.**

El manómetro de presión como se observa en la Figura 12 se encarga de medir la presión de un sistema que puede transportar por su circuito un fluido en estado líquido o en forma de gas en el interior de un recipiente con ciclo cerrado. (Carriel & Villcís, 2015) A esta presión se la conoce también como presión manométrica y su principio de funcionamiento se basa en el momento que un fluido circule por el manómetro se va a accionar una aguja que se desplazará de acuerdo con la presión que ejerce el fluido, determinando así la presión que se encuentra en el sistema.

**Figura 12.** Manómetro de Presión.



**Fuente:** (Benito, 2023)

### **1.13 Sensor de Temperatura.**

Los sensores de temperatura son elementos eléctricos que se encargan de detectar cambios de calor, estos sensores están conectados a una unidad de control (ECU: Engine Control Unit) que envían señales eléctricas para garantizar que la temperatura se encuentre en los límites de seguridad. En la industria de la automoción el sensor de refrigerante es

evaluado por la ECU que detecta los valores de tensión, en bajas temperaturas los valores de tensión serán bajos y cuando los valores de temperatura de refrigerante estén altos los valores de tensión disminuirán. (HELLA, 2018)

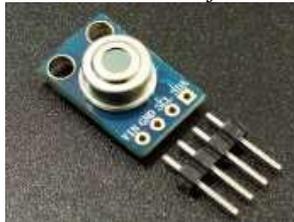
#### **1.14 Sensor Infrarrojo MLX90614.**

El sensor infrarrojo MLEX90614 como se puede observar en la Figura 13, permite medir la temperatura de objetos sin tener contacto físico, el sensor tiene dos etapas, amplificación y digitalización de 17 bits (ADC) que provienen de una membrana interna del sensor, la membrana está diseñada para ser sensible a la emisión de radiación infrarroja de objetos a una determinada distancia. (Naylamp, 2023)

##### **1.14.1 Características Técnicas.**

- Medición de la temperatura de objetos sin tener contacto
- Puede medir la temperatura de objetos entre los  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los  $380\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tiene una precisión de  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  alrededor de la temperatura ambiente
- Su campo de visión se encuentra entre los  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la temperatura promedio captada se encuentra dentro de ese campo de enfoque. (Protosupplies, 2023)

**Figura 13.** Sensor Infrarrojo MLX90614.



**Fuente:** (Protosupplies, 2023)

#### **1.15 Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB 6009.**

Es una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) fabricada por National Instruments como se observa en la Figura 14, esta tarjeta se utiliza para adquirir y medir señales analógicas y digitales en aplicaciones de control y monitoreo.

Esta tarjeta se conecta a través de un puerto USB a una computadora y se puede utilizar con el software de programación de National Instruments, como LabVIEW, para adquirir y procesar los datos medidos. Esta tarjeta se usa en aplicaciones de control y monitoreo en campos como la automatización industrial, instrumentación y control de procesos. Puede utilizarse para medir, controlar variables como la temperatura, presión, voltaje, corriente, etc.

**Figura 14.** Tarjeta Ni USB 6009.



Fuente: (National, 2020)

### 1.15.1 Características Técnicas.

Las especificaciones técnicas se las puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas de la DAQ USB-6009.

<b>Especificaciones</b>	
<b>Voltaje Alimentación</b>	4.10-5.25 VDC, mediante un USB
<b>Pines de entrada analógicos de un solo terminal</b>	8
<b>Pines de salida analógicos diferenciales</b>	4
<b>Pines de salida analógicos</b>	2
<b>Pines de entrada/salida digital</b>	12
<b>Temperatura ambiente de operación</b>	0 °C a 55 °C
<b>Porcentaje de humedad relativa</b>	5-95%
<b>Peso</b>	54 g (1.9 oz)

<b>Dimensiones</b>	63.5 mm × 85.1 mm × 23.2 mm (2.50 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
<b>Velocidad del bus USB</b>	12 Mb/s

Fuente: (National, 2020)

## CAPÍTULO I

### CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

A las maquetas GDI YESA-3111 indicada en la Figura 15 del laboratorio de ingeniería automotriz se implementó un freno motor para el análisis del rendimiento del motor al aplicar una carga de oposición para medir la potencia, par, consumo de combustible, etc., que el motor puede generar según el régimen de giro.

**Figura 15.** Maqueta GDI YESA-3111.

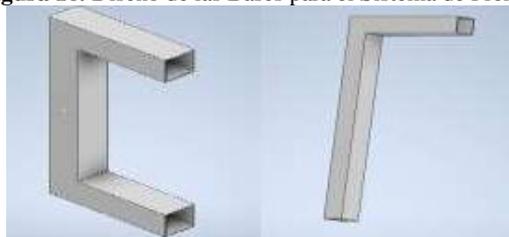


**Fuente:** Autores

#### 1.1 Diseño de Bases para el Sistema de Freno

Con el software de diseño asistido por ordenador (CAD) Inventor se modelaron las bases del sistema de frenos, las cuales pertenecen al lado izquierdo y derecho de la maqueta como se puede observar en la Figura 16.

**Figura 16.** Diseño de las Bases para el Sistema de Freno.



**Fuente:** Autores

## 1.2 Construcción de las Bases para el Sistema de Freno.

Las maquetas utilizadas no tienen bases adicionales para acoplar todo el sistema de freno. Por esta razón, se cortaron tubos de perfil cuadrado para mejorar la estructura y permitir el montaje adecuado del sistema de freno como se observa en la Figura 17, se realizó cortes en diagonal de  $45^\circ$  para posteriormente doblarlos para dar forma a la base que se necesita.

**Figura 17.** Bases para el sistema de freno.



Fuente: Autores

Se doblan los tubos a  $90^\circ$  y con precisión se sueldan para dar forma a las bases, ver Figura 18.

**Figura 18.** Soldadura de los tubos.



Fuente: Autores

La aplicación de pintura a todas las bases es un proceso que consiste en cubrir con pintura todas las superficies de las bases. Esto se realiza con el objetivo de mejorar su aspecto estético, protegerlas de los elementos externos como se observa en la Figura 19.

**Figura 19.** Aplicación de Pintura a las Bases.



**Fuente:** Autores

### **1.3 Soldadura y Acoplamiento de los Elementos Mecánicos.**

#### **1.3.1 Soldadura de la Base de Eje Izquierdo.**

Los elementos mecánicos del sistema de freno deben tener una estructura que soporte las fuerzas que ejerce el sistema de transmisión, para ello se soldó una base externa en el eje derecho de la maqueta, ver Figura 20.

**Figura 20.** Soldadura de la Base para la Mangueta.

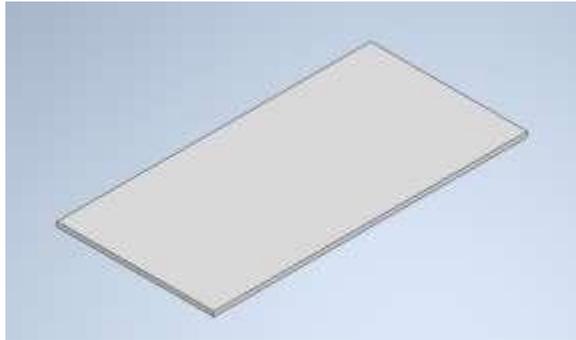


**Fuente:** Autores

### 1.3.2 Diseño de Placa para el Soporte de los Componentes del Sistema de Freno.

Los componentes del sistema de freno son varios y también pesadas, por tal motivo se diseñó una placa de 40x20 y de 6 mm de espesor para que soporte el peso y sirva de base para los componentes, como se observa la placa en la Figura 21.

**Figura 21.** Placa de soporte.



**Fuente:** Autores

### 1.3.3 Soldadura de Placa y Apoyos a la Maqueta.

Los componentes del sistema de freno son varios y pesados, por ello, se cortó una placa de 400 x 150 mm y de espesor de 6 mm para los apoyos fijos soldados a la maqueta, ver Figura 22.

**Figura 22.** Soldadura de Placa y Apoyos.

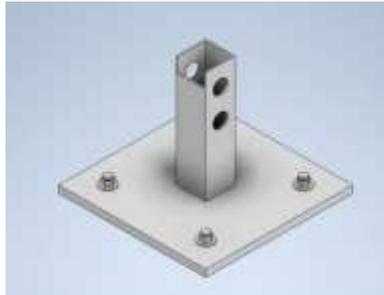


**Fuente:** Autores

### 1.3.4 Diseño de la Base para la Mangueta.

La mangueta es un elemento necesario en el sistema de frenos, por tal motivo, esta necesita una base para que soporte a la misma, por ello, se diseñó primero la estructura como se observa en la Figura 23.

**Figura 23.** Diseño de la Base para la Mangueta.



**Fuente:** Autores

### 1.3.5 Base para la Mangueta.

Una vez acoplada la base para el eje derecho, se necesitan dos estructuras como se indica en la Figura 24, para sostener las manguetas de ambos ejes, en las cuales se conectó el eje de transmisión, las mordazas, pastillas y discos de frenos, por ello el primer paso fue cortar un tubo y con el taladro se realizó dos orificios.

**Figura 24.** Estructura para la Mangueta.



**Fuente:** Autores

### **1.3.6 Soldadura de la Placa con la Estructura de la Mangueta.**

Se soldó una placa de 140x140 mm, 6 mm de espesor al tubo que sostiene a la mangueta y se realizó 4 orificios en la placa para instalar en la maqueta como se observa en la Figura 25.

**Figura 25.** Soldadura de la Placa con el Tubo de la Mangueta.



**Fuente:** Autores

### **1.3.7 Taladrado de Orificios del Lado Izquierdo de la Maqueta.**

La base de la mangueta debe estar fija en la maqueta, para ello se realizó 4 orificios en la maqueta como se observa en la Figura 26, en este espacio se colocó la estructura y se ajustó con pernos.

**Figura 26.** Orificios para Fijar la Base de la Mangueta.



**Fuente:** Autores

### **1.3.8 Soldadura de Apoyo para la Maqueta del Lado Derecho.**

El motor genera vibraciones en toda maqueta y por esa razón en el lado izquierdo se soldó un apoyo como se observa en la Figura 27, para absorber estas vibraciones y tener un punto de fijación para la mangueta, además se fijó el apoyo a la maqueta con dos pernos.

**Figura 27.** Apoyo de Maqueta del Lado Izquierdo.

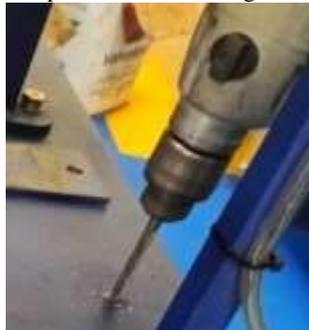


**Fuente:** Autores

### **1.3.9 Taladrado de Orificios del lado Derecho de la Maqueta.**

En el laboratorio de ingeniería automotriz se tiene una puerta de salida con un ancho de 1720 mm, por ello, en la maqueta solo se podía instalar una base externa por que la medida de maqueta es de 1440 mm y si se soldaba otra base externa al lado izquierdo la maqueta ya no podría ser retirada a un espacio más amplio. La maqueta al tener un espacio limitado se decidió colocar una base interna para sujetar la mangueta izquierda y se procedió a realizar 4 orificios como se observa en la Figura 28.

**Figura 28.** Orificios para Base de la Mangueta del lado Izquierdo.



**Fuente:** Autores

### **1.3.10 Vulcanizado para la Absorción de Vibraciones de los Ejes Motrices.**

Debido a las fuerzas del motor, los elementos mecánicos se someten a vibraciones y el motor al estar en una maqueta se generan una cantidad considerable de oscilaciones, a diferencia del automóvil que se tiene mayor cantidad de puntos de apoyo para reducir estas,

por ello, para evitar esas oscilaciones y evitar daños en el eje motriz se cortó 4 piezas de caucho como se observa en la Figura 29, que se colocarán en las bases para las dos maquetas GDI YESA-3111.

**Figura 29.** Vulcanizado para las Bases de la Mangueta.



**Fuente:** Autores

### **1.3.11 Instalación de Bases de las Manguetas del Lado Derecho e Izquierdo de la Maqueta.**

Con los cauchos vulcanizados se realizó 4 orificios en ellos para sujetarlos mediante pernos junto con la base para la mangueta, como se observa en la Figura 30 se ajustó los pernos y por la parte inferior de la maqueta se colocaron arandelas, tuercas de sujeción, de esta manera cuando se generen vibraciones los cauchos absorberán todas estas y con los pernos adecuadamente ajustados se evitarán posibles daños en el eje motriz.

**Figura 30.** Instalación de bases para las Manguetas.



**Fuente:** Autores

#### **1.4 Engrase de la Junta Homocinética Interna.**

Algunos de los elementos mecánicos del motor están sujetos a rozamiento entre sus partes, es el caso de la junta homocinética interna y la copa o campana de la caja de cambios, estos dos componentes friccionan entre ellos, por lo cual para evitar daños por desgaste se coloca grasa como se observa en la Figura 31, la grasa actúa como una película para separar estas superficies, de esta forma se reduce también la fricción y permite un movimiento más suave.

**Figura 31.** Engrase de la Junta Homocinética Interna.



**Fuente:** Autores.

#### **1.5 Engrase del Perno Guía de Mordaza.**

Engrasar el perno guía como se observa en la Figura 32, ayuda a reducir la fricción y desgaste de las partes móviles de la mordaza. Permite un movimiento blando y sin complicaciones de la mordaza al ser accionado el freno, esto da como resultado un rendimiento óptimo del sistema de freno. Además, el engrase de los pernos guías previene la corrosión y la generación de óxido.

**Figura 32.** Engrase del Perno Guía de la Mordaza.



**Fuente:** Autores

### **1.6 Engrase de la Copa de la Caja de Cambios.**

Como se explicó anteriormente es necesario colocar grasa para evitar desgaste por fricción entre la junta homocinética interna y la copa de la caja de cambios, además la grasa actúa como un sello entre estos componentes evitando así el ingreso de suciedad, protege de la humedad del ambiente y también interviene amortiguando pequeños golpeteos o impactos entre estos componentes, en la Figura 33 se puede notar la aplicación de la grasa en la campana de la caja de cambios.

**Figura 33.** Engrase de la Copa de la Caja de Cambios.



Fuente: Autores

### **1.7 Unión del Eje de Transmisión Derecho de la Maqueta.**

Con la grasa colocada en los componentes del sistema de freno, se instaló el eje motriz en la copa de la caja de transmisión como se observa en la Figura 34.

**Figura 34.** Acople del eje de Transmisión a la Caja de Transmisión.



Fuente: Autores

### **1.8 Instalación de la Mangueta y el Eje de Transmisión.**

Se colocó la mangueta en la base que se construyó y se pasó el eje de transmisión por la mangueta como se observa en la Figura 35.

**Figura 35.** Instalación de la Mangueta y el Eje de Transmisión.



**Fuente:** Autores

### **1.9 Fijación de la Mangueta.**

La mangueta del sistema de frenos debe estar bien fija a su propia base, por ello, se la aseguro con pernos de un diámetro de 12 mm y 60 mm de largo, además de usar arandelas de presión para mayor seguridad como se observa en la Figura 36.

**Figura 36.** Fijación de la Mangueta.



**Fuente:** Autores.

### **1.10 Instalación del Disco de freno, Mordaza y Pastillas de Freno.**

Una vez fija la mangueta, se colocó el disco de freno y se aseguró con arandelas y tuercas de presión, además, se instaló la mordaza junto a las pastillas de freno, estos componentes deben estar bien ajustados para evitar problemas de vibración debido a las fuerzas cíclicas que puede generar el motor en funcionamiento, como se observa en la Figura 37.

**Figura 37.** Instalación del Disco de Freno, Mordaza y Pastillas de Freno.



**Fuente:** Autores

### **1.11 Fijación del Eje de Transmisión a la Mangueta.**

La punta del eje de transmisión tiene una sección de roscado que se usa para fijarlo a la mangueta mediante una tuerca, como se observa en la Figura 38 se está ajustando la tuerca con una palanca de fuerza y un dado número 30. Las tuercas de los ejes de transmisión en su mayoría tienen una parte plana que se usa para fijar al eje, con un martillo y un cincel se procedió a golpear y de esta manera se hace una traba para que la tuerca no se afloje por ninguna fuerza provocada por el motor.

**Figura 38.** Fijación del eje de Transmisión.



**Fuente:** Autores

### **1.12 Instalación de los Componentes del Sistema de Freno, parte Izquierda de la Maqueta.**

Al igual que la instalación de los componentes del sistema de freno en la parte derecha de la transmisión se colocaron estos en la parte izquierda de la maqueta, teniendo

en cuenta el engrase y el correcto apriete de sus componentes para asegurar un buen funcionamiento del sistema de freno como se observa en la Figura 39.

**Figura 39.** Instalación de Componentes del Sistema de Freno de la parte Izquierda de la Transmisión.

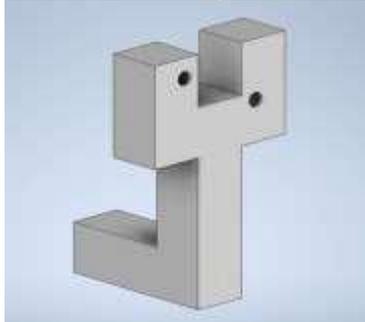


**Fuente:** Autores

### **1.13 Diseño de la Base para la Bomba de Freno**

En el programa de Inventor se diseñó la base que asegura las restricciones geométricas entre la bomba y la base del sistema de frenos como se observa en la Figura 40.

**Figura 40.** Diseño de la Base para la Bomba de Freno.



**Fuente:** Autores

#### **1.13.1 Construcción de Base para la Bomba del Sistema de Freno.**

Con tubo de perfil cuadrado de dimensiones de 50 mm x 50mm x 2 mm, se procedió a trazar líneas de corte en relación con las dimensiones de la bomba, posteriormente con la radial se cortó para dar forma a la base como se observa en la Figura 41, esta base sirve de ancla para la bomba y el pedal de freno.

**Figura 41.** Base para la Bomba de Freno y Pedal.



**Fuente:** Autores.

### **1.13.2 Soldadura de la Base.**

Se procedió a soldar la base de la bomba como se observa en la Figura 42, y se realizó dos orificios con el taladro que servirán para fijar la bomba mediante pernos, tuercas y arandelas de presión.

**Figura 42.** Soldadura de la base de la Bomba.



**Fuente:** Autores

### **1.13.3 Soldadura del Pedal de Freno a la Base.**

El pedal de freno debe estar fijo o anclado a un apoyo para ser accionado como se indica en la Figura 43, por ello se soldó el pedal a la base antes mencionada.

**Figura 43.** Soldadura del Pedal de Freno a la Base.



Fuente: Autores

#### **1.13.4 Soldadura de la Base de la Bomba a la Maqueta.**

Con la base ya armada, se procede a soldarla a la maqueta, ubicándola en la parte inferior del tablero de instrumentos de la maqueta y permitiendo una conexión factible de las cañerías de la bomba hacia las mordazas como se observa en la Figura 44.

**Figura 44.** Soldadura de la Base de la Bomba a la Maqueta.



Fuente: Autores

#### **1.14 Adecuación de Acoples para el Sistema de Freno.**

Debido a la falta de disponibilidad de repuestos en el Ecuador no se adquirió las cañerías y acoples originales de la maqueta, por ello, se procedió a la adaptación de un nuevo sistema de conductos para la circulación del líquido de freno. Las cañerías tienen un diámetro externo de 5 mm y un diámetro interno de 3 mm, estas medidas son

similares al sistema de freno de un vehículo. Se adquirieron acoples, estos se adaptan a la perfección con la bomba, cañerías y mordazas como se observa en la Figura 45.

**Figura 45.** Cañerías y acoples para el Sistema de Freno.



**Fuente:** Autores

### **1.15 Instalación de Manómetro de Presión.**

Para poder visualizar la presión de salida del pedal de freno, se instaló un manómetro de presión mediante un acople en forma de T, se usó una de las salidas del acople en donde se colocó la cañería que se direcciona hacia el manómetro como se observa en la Figura 46, de esta forma se observa la presión de salida del fluido cuando se acciona el pedal freno.

**Figura 46.** Conexión del Manómetro de Presión.



**Fuente:** Autores

### **1.16 Instalación de cañerías de la Bomba hacia las Mordazas.**

Con otro acople en forma de T se conectaron dos cañerías, una de ellas para la mordaza izquierda y otra para la derecha como se observa en la Figura 47.

**Figura 47.** Conexión de las Cañerías hacia las Mordazas.



**Fuente:** Autores

### **1.17 Fabricación de Base para Sensor Infrarrojo MLX90614.**

El sensor infrarrojo mlx90614 debe estar a una distancia de 20 mm a 50 mm del objeto a medir, por ello se dio forma a una estructura sobrante de material usado de las anteriores bases, se le dio la forma necesaria y se realizó un orificio como se observa en la Figura 48 para acoplarla con el perno de sujeción de la mangueta y la mordaza.

**Figura 48.** Base para el Sensor Infrarrojo MLX90614.



**Fuente:** Autores

### **1.18 Diseño de apoyos auxiliares.**

Debido a las vibraciones antes mencionadas y por generar una mayor confiabilidad en el uso de las maquetas, se diseñó apoyos extras para el sistema de freno para el lado izquierdo y derecho de las maquetas.

### 1.18.1 Apoyo Auxiliar para la Mangueta Izquierda.

El frenado de un vehículo por lo general suele ser suave, pero en ocasiones es brusco debido a obstáculos que no se pueden visualizar, por ello en la maqueta se reforzó con apoyos extras para reducir en gran medida los frenados bruscos, como se observa en la Figura 49.

**Figura 49.** Apoyo Auxiliar para la Mangueta Izquierda.

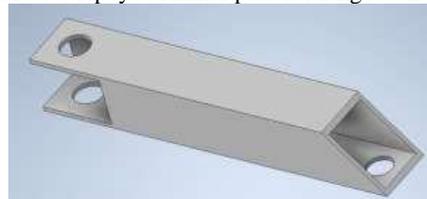


Fuente: Autores

### 1.18.2 Apoyo Auxiliar para la Mangueta Derecha.

Al igual que en el lado izquierdo, se diseñó un apoyo extra para soportar las vibraciones y las frenadas pudieran ser suaves o bruscas, ver Figura 50.

**Figura 50.** Apoyo Auxiliar para la Mangueta Derecha.



Fuente: Autores

### 1.18.3 Corte y Soldadura de las Bases Auxiliares para las Manguetas.

Con la radial se cortó el tubo se sección cuadrada para poder fabricar las bases auxiliares, estas bases se cortaron de acuerdo con el diseño realizado en Inventor, después de esto una de las bases se le soldó una placa de 60x90 mm como se observa en la Figura 51, a esa placa se realizó un orificio para posteriormente asegurarla con un perno.

**Figura 51.** Corte y Soldadura de las Bases Auxiliares.



**Fuente:** Autores

#### **1.18.4 Ajuste de las Bases Auxiliares de la Maqueta.**

Una vez soldadas las bases se procedió a pintarlas, después de que estas estuvieran totalmente secas se procedió a instalarlas en la maqueta con pernos de sujeción como se observa en la Figura 52 y estas contrarrestan las vibraciones excesivas.

**Figura 52.** Ajuste de las Bases Auxiliares.



**Fuente:** Autores

## CAPÍTULO II

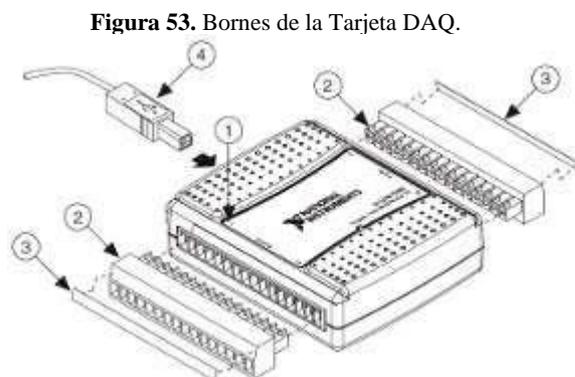
### DISEÑO DE CONTROL ELECTRÓNICO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO.

El proyecto consiste en implementar un sistema de control electrónico para someter al banco de pruebas GDI Yesa-3111 a una carga de esfuerzo motor que permitirá genera parámetros de funcionamiento en condiciones reales. Para conseguir esto, se utilizó una tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 que permitirá ajustar y controlar la carga de esfuerzo motor. Por ello, se integrará un sensor de temperatura y un manómetro de presión para obtener datos de los diferentes parámetros de funcionamiento en carretera.

Además, se realizará la calibración y comprobación del funcionamiento del sistema de freno en los bancos de simulación, siguiendo las características indicadas por el fabricante y teniendo en cuenta las condiciones ambientales.

#### 2.1 Datos técnicos de la Tarjeta USB-6009.

La tarjeta NI USB 6009 la referiremos como la tarjeta DAQ, la cual consta de dos grupos de borneras como se logra observar en la Figura 53:



Fuente: (Yáñez, 2018)

A continuación, en la Tabla 2, se presenta una breve descripción de las partes de la DAQ.

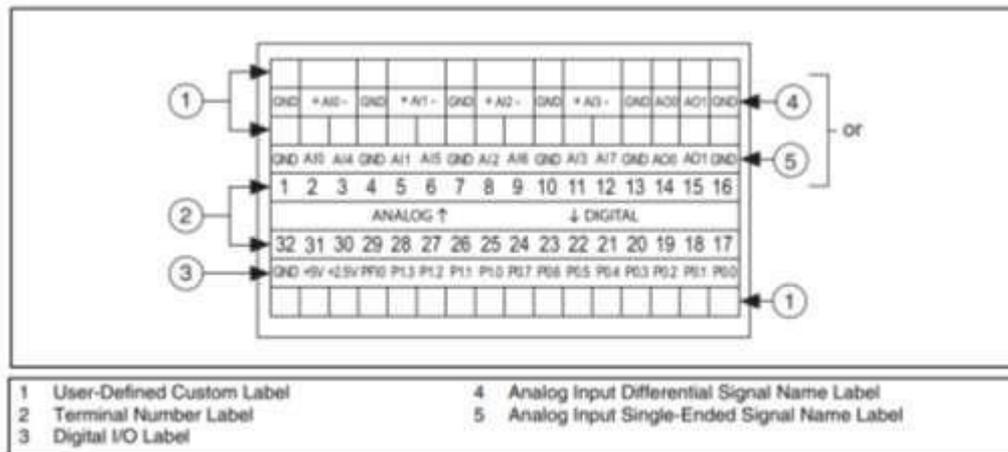
**Tabla 2.** Descripción de Bornes.

Número	Descripción
1	Indicador de bornes en la parte superior
2	Las Borneras
3	Etiqueta de bornes
4	Cable USB

Fuente: (Yáñez, 2018)

Las borneras con la vista desde el frente de la DAQ se observa una bornera de lado izquierdo y otro en el lado derecho, uno corresponde a las entradas y salidas analógicas y el otro a las entradas y salidas digitales, como se indica en la Figura 54:

**Figura 54.** Entradas y Salidas Analógicas y Digitales.

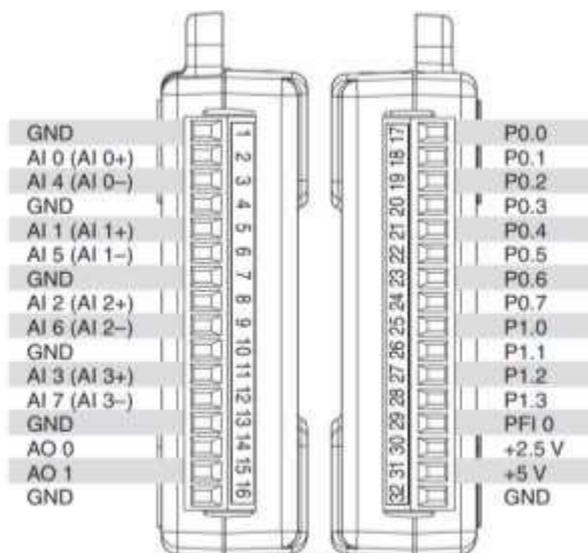


Fuente: (Corporation, 2012)

## 2.2 Disposición de pines y Descripción de Señales.

En la Figura 55 se indican los pines de la tarjeta NI USB-6009, los nombres de las entradas analógicas se describen o se nombran de la siguiente manera: single-ended (mide la tensión con respecto a tierra), AL x, y después están las entradas analógicas diferenciales (AL x+/-), en la Tabla 3 se describen detalladamente todas las señales. (Corporation, 2012)

Figura 55. Pines de la tarjeta NI USB-6009.



Fuente: (Corporation, 2012)

### 2.2.1 Descripción de Señales.

Se debe conocer la información precisa de los pines de la tarjeta de adquisición de datos DAQ, en la Tabla 3 se indica la descripción de las señales.

Tabla 3. Descripción de Entradas/salidas de los Puertos Analógicos y Digitales.

Nombre de la Señal	Referencia	Dirección	Descripción
GND	-----	----	Tierra: Mediciones de entrada analógica medidas, tensiones de salida analógicas, señales digitales, alimentación de +5 VCC y +2,5 VCC en el conector de E/S, y el punto de retorno de la

			corriente de polarización para las mediciones en modo diferencial.
AI <0,7>	Varías	Salida	Canales de entrada analógica de 0 a 7: En un lado extremo cada señal es un canal de tensión de entrada analógica. Para medidas diferenciales AI 0 y AI 4 son entradas positiva y negativa del canal de entrada analógica diferencial 0. Las siguientes señales brindan también una señal diferencial AI<1, 5>, AI<2, 6>, y AI<3, 7>.
AO <0, 1>	GND	Salida	Canales de salida analógica 0 y 1: Proporciona la señal de tensión de salida AO canal 0 o AO canal 1.
P0 <0,7>	GND	Entrada o Salida	Puerto 0 y Canales de I/O digitales 0 a 7: Configura la señal como entrada o salida.
P1 <0,3>	GND	Entrada o Salida	Puerto 1 y Canales I/O digitales 0 a 3: Configura individualmente cada señal como entrada o salida.
PFI 0	GND	Entrada	PFI 0: Pin configurables como disparador digital o como contador.
+2.5 V	GND	Salida	+ 2,5 V Referencia externa: Proporciona una referencia para pruebas de wrap-back.
+5 V	GND	Salida	+5 V Poder de Alimentación: Fuente de alimentación con un voltaje de 5 v de hasta 200 mA.

Fuente: (Corporation, 2012)

### 2.3 Software LabVIEW.

El software por ocupar para la programación de la DAQ es LabVIEW, que significa (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), es un programa que permite desarrollar y diseñar aplicaciones para las ingenierías como: automotriz,

aeroespacial, biomédica y electrónica, etc. Es ampliamente utilizado para generar sistemas de control, medición y pruebas, ver Figura 56.



### 2.3.1 Características principales:

1. Entorno de desarrollo gráfico: Los programas se desarrollan con una conexión de bloques que representan funciones u operaciones específicas definiendo un flujo de datos entre ellos.
2. Diagramas de bloques: Los diagramas de bloques es una forma de representación del código por medio de gráficas que se ejecutara en el instrumento virtual.
3. Adquisición de Datos: Conocida especialmente para adquirir datos de sensores y dispositivos de medición, es decir que procesa datos en tiempo real con una mayor precisión.
4. Compatibilidad con Otros Lenguajes: Este programa puede entender otros lenguajes de programación tales como C, C++, y NET, permitiendo desarrollar una programación convencional.
5. Multiplataformas: es compatible con Windows y las macOS, permitiendo un desarrollo más fácil de aplicaciones multiplataformas. (Cantabria, 2023)

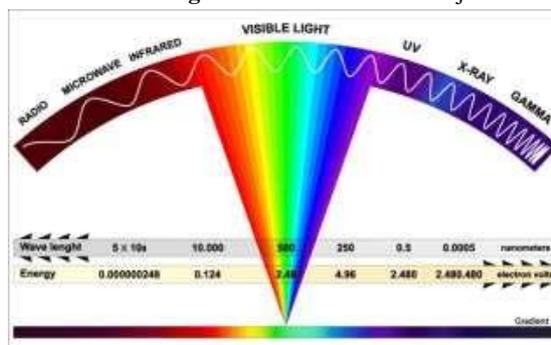
## 2.4 Datos técnicos del sensor infrarrojo MLX 90614

El sensor infrarrojo MLX 90614 sirve para las mediciones de temperatura sin tener contacto con el objeto a medir, al estar a una distancia de separación de 30 mm a 50 mm, permite tener la obtención de datos precisos y buena resolución.

### 2.4.1 Principio Básico de Funcionamiento

El principio básico de funcionamiento del sensor infrarrojo es la medición de la radiación infrarroja que emite un objeto. La radiación infrarroja es considerada una como una forma de energía electromagnética que se encuentra más allá del espectro visible. Todos los objetos emiten esta radiación y la misma va a depender de la temperatura a la que llegue el objeto a medir como se observa en la Figura 57. (Hernández, 2020)

Figura 57. Radiación Infrarroja.



Fuente: (Hernández, 2020)

### 2.4.2 Características Técnicas del Sensor Infrarrojo

- **Integrado:** El sensor MLX 90614 es un termómetro integrado, lo que significa que el chip detector de IR y el acondicionador de señal ASSP están integrados en la misma lata TO-39.
- **Precisión:** Tiene una alta precisión gracias a su amplificador de bajo ruido, ADC de 17 bits y potente DSP.

- **Salidas:** El sensor MLX 90614 tiene dos salidas: una señal de PWM de 10 bits y una salida de SMBus. La señal PWM se puede utilizar para transmitir la temperatura medida continuamente. La salida SMBus se puede utilizar para acceder a los datos del termómetro a través de un bus de gestión del sistema.

### 2.4.3 Funcionamiento eléctrico del sensor MLX 90614

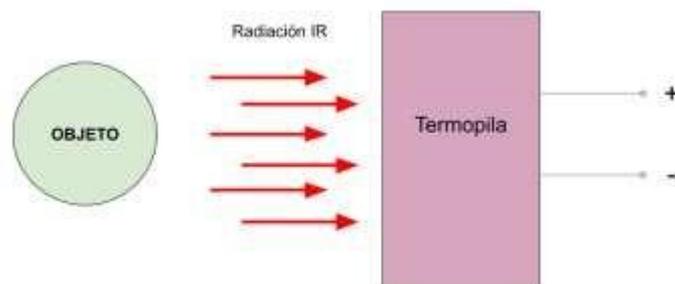
El sensor MLX 90614 tiene dos etapas de funcionamiento, las cuales son:

#### 2.4.3.1 Etapa 1: Medición de la radiación infrarroja

El sensor infrarrojo tiene incorporado una termopila, la termopila es un dispositivo que genera una corriente eléctrica cuando se calienta una unión de dos materiales. La termopila del sensor infrarrojo MLX 90614 tiene o está construida con dos materiales con diferentes coeficientes de temperatura. Cuando el sensor está captando la radiación de temperatura del objeto, una de las dos uniones de la termopila se calienta que genera una corriente eléctrica.

La señal eléctrica que genera la termopila es una señal analógica. Esta señal es luego amplificada por un amplificador de bajo ruido. El amplificador de bajo ruido reduce el ruido de la señal eléctrica, de esta manera se consigue con mayor precisión la medición emitida por el sensor como se indica en la Figura 58.

**Figura 58.** Radiación IR y Termopila.



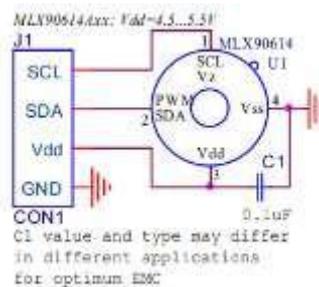
**Fuente:** (Hernández, 2020)

### 2.4.3.2 Etapa 2: Cálculo de la temperatura

En esta etapa, el termómetro utiliza el acondicionador de señal ASSP para calcular la temperatura del objeto a partir de la señal eléctrica amplificada. El acondicionador ASSP utiliza un algoritmo que tiene en cuenta factores como la distancia entre el detector de infrarrojos y el objeto, y la emisividad del objeto.

La emisividad es la capacidad que poseen los objetos para emitir radiación infrarroja, la ley de Stefan-Boltzman establece que cualquier objeto que este caliente emite radiación térmica, y que la cantidad de radiación que es emitida aumenta rápidamente con la temperatura, es decir, la radiación emitida es directamente proporcional a la temperatura del objeto medido. (Hernández, 2020) Esta capacidad varia con respecto al material del que este fabricado el objeto a medir. El acondicionador de la señal ASSP proporciona dos señales, una señal PWM de 10 bits y una salida SMBus. La señal PWM se usa para transmitir la temperatura medida continuamente. La señal SMBus se puede usar para acceder a los datos del termómetro a través de un bus de gestión del sistema como se indica en la Figura 59.

**Figura 59.** Diagrama de funcionamiento de sensor MLX 90614.



Fuente: (Components, 2020)

### 2.4.4 Aplicaciones del sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo MLX 90614 es usado para diversos campos industriales, a continuación, se presentan algunas aplicaciones en que se usa este sensor:

- Desempañador de parabrisas
- Control industrial de temperatura de piezas móviles
- Control de temperatura en impresoras y copiadoras
- Vigilancia de ganado
- Detección de movimiento
- Medición de temperatura corporal, etc.

#### 2.4.5 Descripción de los pines

El sensor MLX 90614 tiene varios pines como se observa en la Figura 60, son utilizados para la conexión y el funcionamiento de este, estos pines son:

1. **VIN:** El pin VIN proporciona el voltaje o la alimentación del sensor. El voltaje de alimentación debe tener un rango de 3,3 V a 5 V. El pin VIN se puede conectar a una fuente de alimentación externa o a un microcontrolador que proporcione alimentación.
2. **GND:** El pin GND es el conector de tierra. El pin de tierra se puede conectar a cualquier punto de tierra del circuito.
3. **SCL:** Este pin se utiliza para la señal de reloj en el bus 12C.
4. **SDA:** Este pin se utiliza para la comunicación de datos en el bus 12C.

**Figura 60.** Pines de sensor MLX 90614.



**Fuente:** (Hernández, 2020)

## 2.5 Especificaciones Técnicas de Manómetro de Presión 900 PSI Inoxidable con Glicerina.

El manómetro que se usó para la maqueta se observa en la Figura 61, cabe mencionar que este tipo de manómetros son resistentes a golpes y cambios de temperatura.

**Figura 61.** Manómetro de presión 3820N 016.



**Fuente:** (GENEBRE, 2020)

### 2.5.1 Datos Técnicos

El manómetro de presión 380N 016 es un instrumento que se puede obtener mediciones con precisión, la fabricación de este instrumento es robusta para soportar golpes y las vibraciones, se obtiene las mediciones en escala de psi y bar. En la Tabla 4 se presentan las especificaciones técnicas.

**Tabla 4.** Especificaciones técnicas del manómetro 380N 016.

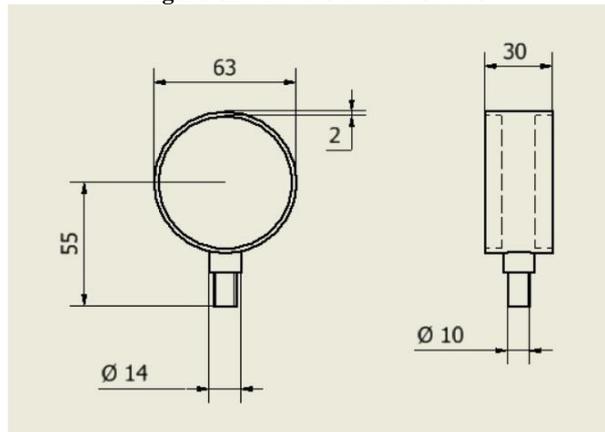
Características	
1. Tiene un tamaño de Ø 63.	2. Visor en Policarbonato
3. Conexión radial, rosca macho NPT 1/4.	4. Tapón de goma para agujero de llenado.
5. Caja de Acero Inoxidable AISI 304.	6. Clase de presión: cl.2,5
7. Contiene glicerina.	8. Graduaciones disponibles de 0 a 2,5-4-6-10-16-25-60-100 bar.
9. Tubo "Bourdon" y racor en latón según UNE-EN 12165	10. Temperatura de trabajo -20 °C a 60 °C
11. Dial blanco: Escala en negro (bar) y roja (psi).	12. Dimensiones del manómetro. 13. A: 55 mm; L: 63mm; D:30mm; F: 14x14 mm

**Fuente:** (GENEBRE, 2020)

### 2.5.2 Dimensiones del Manómetro 3822N 016

Las dimensiones indicadas en la Figura 62 del manómetro 3822N 016 lo hacen ideal para una gran variedad de aplicaciones en diferentes industrias. El tamaño compacto lo hace fácil de instalar y usar en espacios de poca accesibilidad. La alta presión del manómetro lo hace necesario para aplicaciones que requieren de mediciones precisas.

Figura 62. Medidas del Manómetro.



Fuente: Autores

Luego de la instalación de las cañerías y la adaptación del manómetro a las mismas, utilizaremos el principio de pascal que indica que, al utilizar líquidos prácticamente incompresibles dentro de un recipiente de paredes indeformables, la presión se transmite con igual intensidad en todas las direcciones del sistema, por lo que se logra medir la presión que se llega a ejercer desde el pedal hacia las mordazas y esta misma presión ser medida por un manómetro. (Fernández, 2018, p. 12)

### 2.6 Especificaciones del motor Hyundai Grandeur HG 2.4 GDI

El motor Hyundai Grandeur 2.4 HG tiene varias versiones según el año de fabricación y tiene variedades que permite adaptarse a las necesidades del conductor. En la Tabla 5 se indican las especificaciones técnicas del motor.

**Tabla 5.** Datos técnicos del Motor Hyundai Grandeur HG 2.4 GDI.

<b>Información General</b>		
Marca	Hyundai.	
Modelo	Grandeur/Azera.	
Arquitectura de unidad de potencia	Grandeur (HG).	
<b>Rendimiento</b>		
Combustible	Gasolina	
Relación de peso/potencia	7.6 kg/CV, 131.8 CV/tonelada.	
Relación peso/par	6.1 kg/Nm, 163.9 Nm/tonelada.	
<b>Motor</b>		
Potencia máxima	201CV @ 6300 rpm. 0 msnm	≈ 145 CV a 2850 msnm
Potencia por litro	85.2 CV/l	
Par máximo	250 Nm @ 4250 rpm. (184.39 lb-ft)	≈ 180 Nm a 2850 msnm
Disposición del motor	Frontal, transversal	
Modelo del motor/ Código del motor	Theta II/G4KJ	
Cilindrada -real-	2359 cm <sup>3</sup>	
Número de Cilindros	4	
Configuración del motor	En línea	
Diámetro del Cilindro	88 mm (3.46 in)	
Recorrido del cilindro	97 mm (3.82 in)	
Número de válvulas por cilindro	4	
Sistema de inyección del combustible	Inyección directa	
Aspiración del motor	Motor Atmosférico	
Distribución	DOHC	
Capacidad del aceite del motor	4.8 L	
Refrigerante	6.8 L	

Fuente: (AutoData, 2022)

## 2.7 Programación de los Sensores MIX 90614

### 2.7.1 Arduino

El Arduino es un programa muy fácil de usar para desarrollar proyectos y se puede programar en lenguaje de C/C++. Para poder obtener la temperatura de los discos de freno instalados en la maqueta se desarrolló el código en la interfaz gráfica de Arduino, para ello se programaron dos sensores MLX 90614 en la interfaz.

El programa obtenido nos permitirá obtener la temperatura de los discos simultáneamente cuando se accione el sistema de carga motor.

En la Figura 63 se indica la primera parte de la programación en la interfaz de Arduino, se ingresaron las librerías necesarias para el funcionamiento del sensor MLX 90614 y también de definieron las direcciones de los sensores.

**Figura 63.** Ingreso de las librerías de los Sensores MIX 90614.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#define IR1 0x51
#define IR2 0x5B
//#define IR3 0x5B
Adafruit_MLX90614 mlx;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Adafruit MLX90614 test");

  mlx.begin();
}
```

Fuente: Autores

En la Figura 64 se indica la segunda parte de la programación, se utiliza Serial.print para que se impriman los valores de temperatura y esta impresión de la temperatura la va a realizar en grados centígrados.

**Figura 64.** Programación para la Impresión de Datos.

```
void loop() {

  mlx.AddrSet(IR1);
  Serial.print("IR1: ");
  //Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());
  Serial.print("**C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC()); Serial.println("**C");
  mlx.temp1 = mlx.readObjectTempC();
  delay(250);
  mlx.AddrSet(IR2);
  Serial.print("IR2: ");
  //Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());
  Serial.print("**C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC()); Serial.println("**C");
  mlx.temp2 = mlx.readObjectTempC();
  delay(250);
  Serial.println();
  delay(1000);
}
```

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO III**

### **FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CARGA MOTOR**

#### **3.1 Funcionamiento del Sistema.**

Para la realización de las pruebas dentro de los bancos YESA—3111 se plantean pasos para un uso de forma correcta:

#### **3.2 Configuración de banco de pruebas.**

En este paso se debe realizar una revisión visual para tener una verificación de los componentes del sistema de frenado, como también para poder evitar algún desperfecto dentro del mismo que pueda ocasionar un fallo durante los siguientes procesos de uso de la maqueta, además se configurara los instrumentos de medición, como el sensor infrarrojo de temperatura que se encuentre cerca del disco con una distancia máxima 3 a 5 cm, esto para poder registrar datos durante las pruebas.

#### **3.3 Simulación del Pedal de Freno.**

Se realizará una revisión previa del pedal de frenos para el funcionamiento correcto del mismo, simulando diversas situaciones controladas de frenado. Se deberá tener en cuenta la fuerza ejercida sobre el pedal para lograr replicar las diferentes situaciones de conducción y evaluar la respuesta del sistema. Un sistema precisa de frenado ayudara a realizar pruebas de diferentes escenarios como serían los frenos de emergencia y los frenados suaves.

#### **3.4 Aplicación de Frenado.**

Se procede a realizar las pruebas aplicando el freno gradualmente como se indica en la Figura 65, se observa el comportamiento del sistema, a la vez se registrarán las lecturas visuales que se dan del manómetro de presión permitiendo evaluar la eficiencia del sistema implementado con relación a la presión hidráulica.

**Figura 65.** Presión Hidráulica en el Sistema de Freno.



**Fuente:** Autores

Cabe mencionar que es importante realizar estas pruebas a diferentes intensidades de frenado como se indica en la Figura 66, para lograr visualizar el comportamiento de este, en varios escenarios, las pruebas realizadas indicaron información sobre las diferentes conductas de frenado que ocurren en la vida real permitiendo así identificar posibles problemas.

**Figura 66.** Presión Hidráulica a Diferentes Intensidades.



**Fuente:** Autores

### **3.5 Variación de Condiciones.**

Es esencial obtener una comprensión integral del rendimiento del sistema de frenos, es decir que las pruebas a realizar deben de llevarse a cabo en diferentes condiciones, como puede ser en las variaciones de velocidad de frenado, diferentes temperaturas. Ayudando a evaluar el sistema y la capacidad que tendrá la maqueta para poder simular las circunstancias que se puedan producir durante la conducción.

Al realizar diferentes condiciones de frenado del sistema se brinda una visión más clara del funcionamiento del sistema, este enfoque ayudara a comprender de una forma más practica el comportamiento en los diferentes escenarios del sistema de frenado.

### **3.6 Análisis de Datos.**

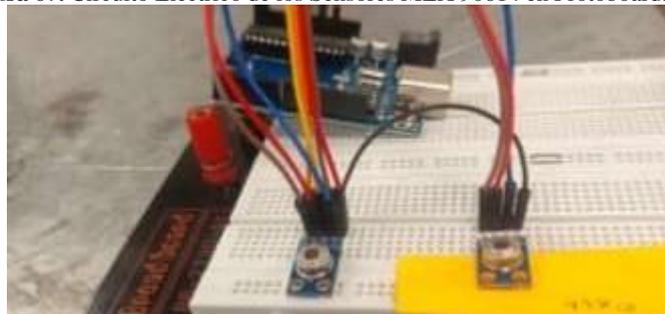
Al completar las pruebas se realizó un análisis de resultados de forma detallada de los datos recopilados, los cuales tienen las lecturas de la presión, temperatura y cualquier otro parámetro que se logre visualizar y sea relevante para comprender como es el comportamiento del sistema de frenado en los diferentes escenarios anteriormente seleccionados.

Al examinar los datos obtenidos nos indicaron áreas de mejora o problemas que se puedan generar. Este análisis es esencial para tomar decisiones informadas sobre futuros ajustes o mejoras en el rendimiento y fiabilidad del sistema.

### **3.7 Conexiones Eléctricas para la Obtención de Datos.**

Con el software generado en el la interfaz de Arduino se realizó las conexiones eléctricas de los dos sensores que van acoplados cerca de los discos de freno. En primer lugar, se efectuó la conexión eléctrica en Protoboard para comprobar el funcionamiento del circuito como se indica en la Figura 67.

**Figura 67.** Circuito Eléctrico de los Sensores MLX 90614 en Protoboard.



**Fuente:** Autores

Una vez realizada las pruebas y se comprobó que el circuito si funciona con el Protoboard se procedió a realizar puentes entre los dos sensores para conectarlos entre sí para obtener posteriormente los datos en la interfaz de Arduino, así mismo, se conectaron los 4 cables delos sensores (VIN, GND, SDA, SCL) al Arduino como se observa en la Figura 68.

**Figura 68.** Conexiones Eléctricas de los Sensores MLX 90614.



Fuente: Autores

### **3.8 Instalación de los Sensores MLX 90614 en los Discos de Freno.**

Las conexiones ya realizadas, se colocó los sensores en las bases fabricadas anteriormente, la distancia entre los sensores y el disco de freno es de unos 25 mm como se indica en la Figura 69, esto con el motivo de obtener valores más precisos.

**Figura 69.** Instalación del Sensor MLX 90614 en los Discos de Freno.



Fuente: Autores

### 3.9 Visualización de Datos de Temperatura.

Para visualizar la temperatura que se genera el sistema de carga de esfuerzo de motor se usó la pantalla OLED (Organic Light-Emitting Diode) que se indica en la Figura 70, que es un tipo de pantalla que usa diodos orgánicos los cuales emiten luz cuando se les aplica la corriente eléctrica. La pantalla OLED tiene las entradas de SDA y SCL, estas entradas se las puede conectar directamente con los sensores MLX 90614.

Se la usó para visualizar los datos de temperatura de los discos de freno y con ello se logró obtener un sistema para observar los datos en tiempo real mediante esta pantalla.

**Figura 70.** Pantalla OLED para Visualizar Datos de Temperatura.



**Fuente:** Autores

### 3.10 Realización de las Pruebas del Sistema de Carga de Esfuerzo Motor.

Para la obtención de los datos del nuevo sistema se realizó pruebas variando ciertos parámetros como: la velocidad, las marchas, las revoluciones del motor y variando la presión ejercida sobre el sistema de freno. Estas pruebas son indispensables para la obtención de datos precisos para conseguir el par motor en las diferentes marchas de la caja de cambios.

En la Figura 71 se visualiza que acciona el pedal de freno y al momento de aplicar fuerza sobre el pedal al mismo tiempo se obtiene una presión hidráulica en el sistema de freno y esta acción produce que las pastillas se presionen contra el disco de freno de tal manera que se detiene progresivamente el disco de freno o a su vez se detiene en su totalidad dependiendo de la fuerza que se aplica sobre el pedal.

**Figura 71.** Accionamiento del Pedal de Freno.



**Fuente:** Autores

### **3.11 Cargas hacia el sistema.**

Al implementar un sistema de frenado hacia el motor, el mecanismo se encarga de detener o disminuir el movimiento de los discos, el cual impone una carga adicional hacia el motor, ya que este debe de trabajar contra la resistencia que se llega a generar por la fricción que hay de las pastillas de freno contra el disco.

### **3.12 Variaciones de presión en el sistema.**

Para lograr variar las presiones en el sistema se ejerció fuerza en el pedal de freno, de forma progresiva o dependiendo del tipo de prueba, la aplicación de fuerza sobre el pedal fue más fuerte para lograr obtener la variación de datos, así la presión cambió y con ello se visualizó en el manómetro la presión del sistema, reflejando así que dependiendo de la marcha en la que se encuentra y la posición del pedal del acelerador, la mejor eficiencia de frenado es de 400 a 600 psi como se indica en la Figura 72.

**Figura 72.** Pruebas de funcionamiento del Manómetro.



Fuente: Autores

### **3.13 Precauciones al Momento de Usar el Sistema.**

Para obtener datos precisos de la carga de esfuerzo motor que se ejerce en el sistema se debe tener en cuenta que al ejercer diferentes aplicaciones de fuerza sobre el pedal de freno el motor tiende a esforzarse para poder mover los componentes móviles del sistema de freno, este motor al tener una caja de cambios automática, las marchas se ejecutan prácticamente de forma autónoma.

Por lo tanto, debemos tener en cuenta que para realizar las pruebas mientras se acciona el pedal de freno debemos ir subiendo la velocidad y así tener con precisión la carga total ejercida en las diferentes marchas de la caja de cambios. Así mismo se debe soltar o dejar de aplicar fuerza por un breve instante en el pedal de freno para que las marchas de la caja no tiendan a reducirse de golpe como se indica en la Figura 73.

**Figura 73.** Mala Ejecución en la Prueba de Frenado.



**Fuente:** Autores

## CAPÍTULO IV

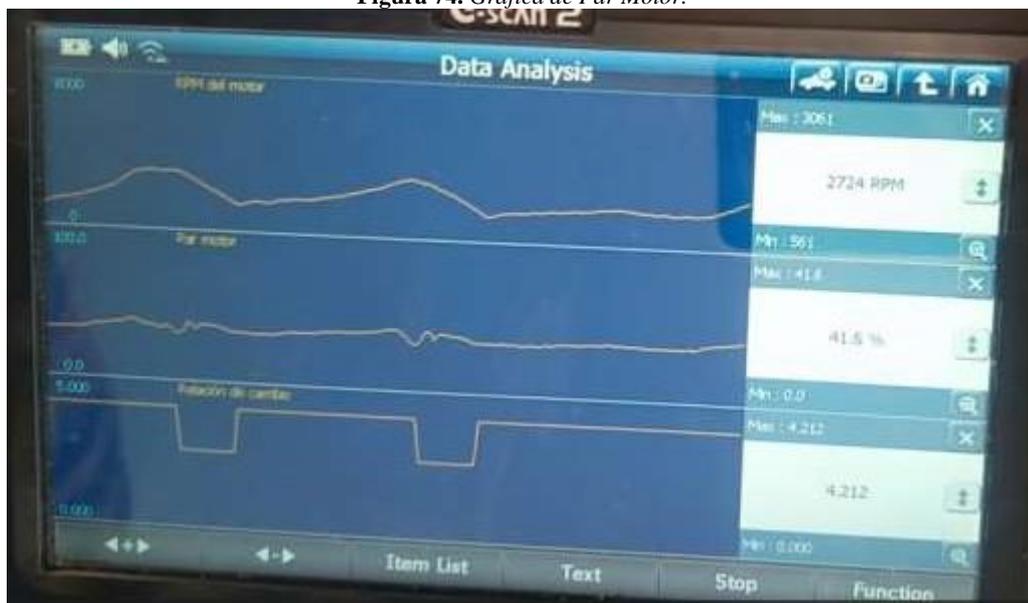
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Basados en los resultados, de ser el caso se realizan ajustes en el sistema de frenos o en la configuración del banco de las pruebas. Esto puede incluir en la distribución de la fuerza de frenado, modificaciones en la presión hidráulica o en la distribución de la fuerza de frenado o cualquier otro aspecto que se identifique como un área de mejora.

El objetivo de esta fase es analizar si se puede realizar algún tipo de mejora que logre garantizar un mejor rendimiento en el sistema y una mejor respuesta al frenado, esto podría implicar algún tipo de cambio del sistema ya sea agregar un servofreno, la geometría de las pinzas de frenado o también la forma de las pastillas.

En la Figura 74 se logra observar el par máximo del motor de 41.6% que equivale a 106 Nm con relación al par motor dado por el fabricante de 250 Nm.

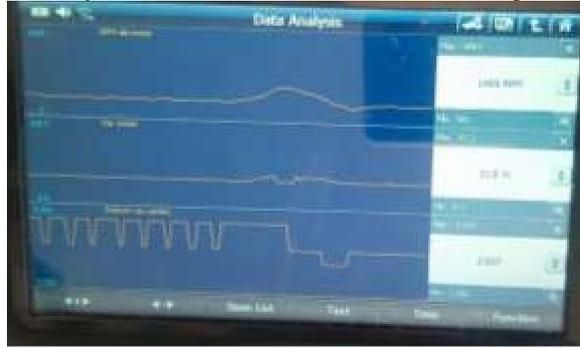
**Figura 74.** Gráfica de Par Motor.



**Fuente:** Autores

En la Figura 75, se puede observar que, en la segunda marcha, el par motor obtenido es de 31.8 %, es decir 79.5 Nm, con una relación de cambio de 2.637 y a 1459 rpm, estos valores se generaron con la aplicación progresiva del pedal de freno.

**Figura 75.** Gráfica con el Par Motor en Relación con la Segunda Marcha.



**Fuente:** Autores

En la Figura 76, durante el segundo cambio de marcha se logra visualizar que el Par Motor es del 34.1 %, es decir que se obtiene un unos 78.5 Nm, con una relación de cambio de 1.800 y a 1566 rpm.

**Figura 76.** Gráfica con el Par Motor en Relación con la Tercera Marcha.



**Fuente:** Autores

En la Tabla 6, se indican valores con respecto a la Relación de cambio con el Par motor, el cual proporciona información real en las diferentes condiciones de frenado. Estos valores se realizaron aplicando el pedal de freno con una presión en el sistema de entre 0 a 650 psi, estos valores se deben a que el sistema no cuenta con un servofreno porque el sistema de frenado es mecánico.

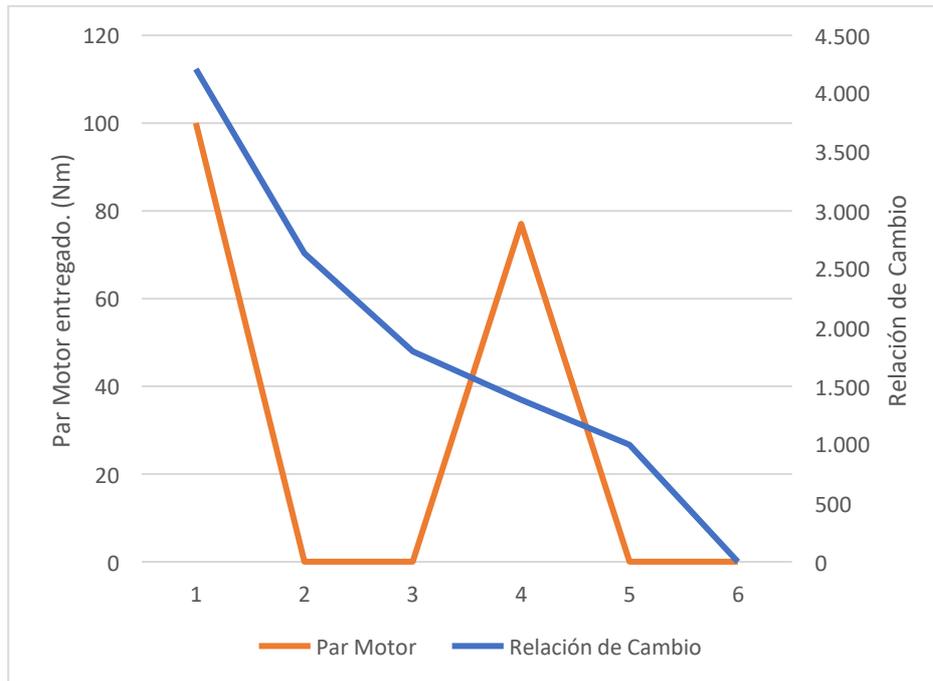
**Tabla 6. Pruebas para Obtener el Par Máximo con el Sistema Implementado.**

RPM del Motor	Par Motor	Relación de Cambio	Presión ejercida en el sistema
1733 (Primer Marcha)	41.6 % (104 Nm)	4.212	500 psi
2944	33.3 % (83.25 Nm)		450 psi
1694 (Segunda Marcha)	35.7 % (89.25 Nm)	2.637	470 psi
1406	31.0 % (77.5Nm)		460 psi
1765 (Tercera Marcha)	34.5 % (86.25 Nm)	1800	475 psi
1326	31.8 % (79.5 Nm)		470 psi
2312 (Cuarta Marcha)	30.8 % (77 Nm)	1.386	480 psi
2394	26.3 % (65.75 Nm)		455 psi
2179 (Quinta Marcha)	20.5 % (51.25 Nm)	1.000	490 psi
2460	19.6 % (49 Nm)		475 psi
2838 (Sexta Marcha)	15.4 % (38.5 Nm)	0.772	460 psi
2756	14.9 % (37.25 Nm)		440 psi

Fuente: Autores

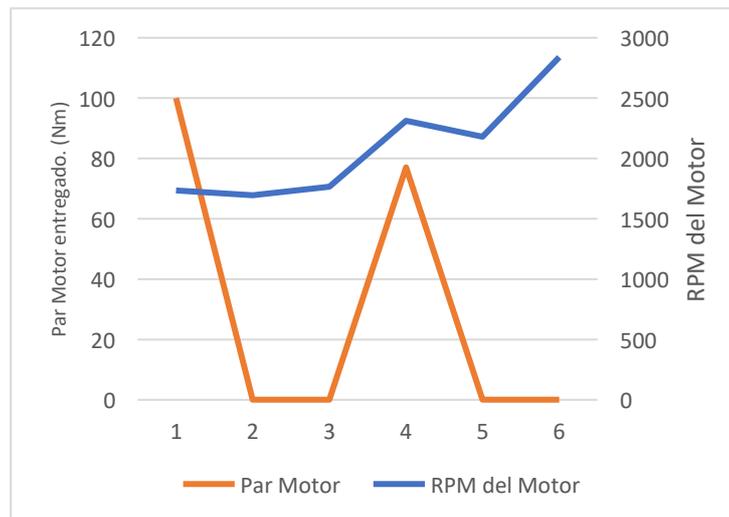
En la Figura 77 y 78 se logra observa que, al implementar el sistema de carga de esfuerzo de motor, el par máximo será de unos 104 Nm que equivalen al 41,6 % a una altura de 2850 m a nivel del mar. Mientras que, por el manual del fabricante, señala que el par máximo es de 250 Nm.

**Figura 77.** Par Motor con Relación de Cambio de Caja de Transmisión.



Fuente: Autores

**Figura 78.** Gráfica de Rpm del Motor con Respecto al Par Motor.



Fuente: Autores

#### 4.1 Pruebas de Temperatura

Después de la instalación de todos los componentes eléctricos se procedió a realizar el funcionamiento del circuito, en la Figura 79 se pueden observar las temperaturas de los dos sensores en grados °C, estas temperaturas fueron censadas aplicando frenadas suaves,

también frenadas bruscas y con ellos se simuló las condiciones reales de funcionamiento de un automóvil.

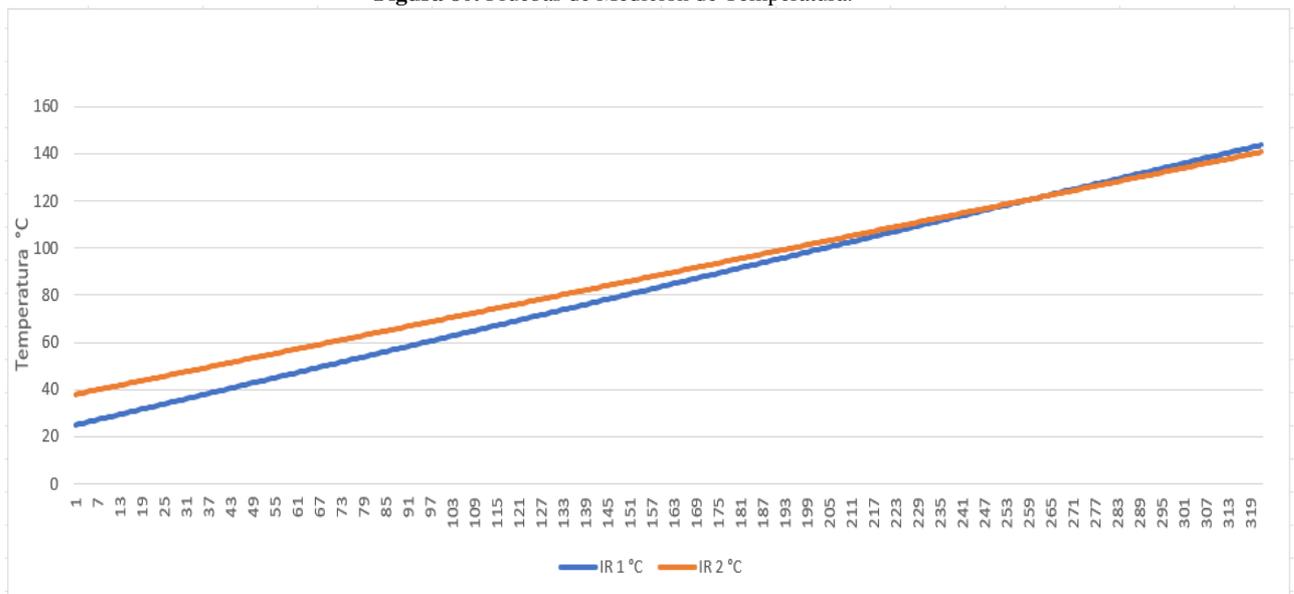
**Figura 79. Pruebas de Adquisición de Datos de Temperatura.**

IR1:	°C	Object	=	110.49°C
IR2:	°C	Object	=	109.59°C
IR1:	°C	Object	=	113.81°C
IR2:	°C	Object	=	109.73°C
IR1:	°C	Object	=	117.71°C
IR2:	°C	Object	=	112.55°C
IR1:	°C	Object	=	120.07°C
IR2:	°C	Object	=	114.63°C
IR1:	°C	Object	=	123.45°C
IR2:	°C	Object	=	116.31°C
IR1:	°C	Object	=	126.85°C
IR2:	°C	Object	=	117.31°C
IR1:	°C	Object	=	130.49°C
IR2:	°C	Object	=	121.13°C

Fuente: Autores.

En la figura 80, se logra visualizar una gráfica la cual muestra un aumento progresivo de la temperatura durante la aplicación del freno, con una presión de alrededor de 250 psi se mantiene semi-frenado los discos y con una presión de más de 400 psi se logra detener completamente el sistema, sin embargo al acelerarlo produce una mayor resistencia al frenado, y con ello se logra obtener el aumento creciente de la temperatura.

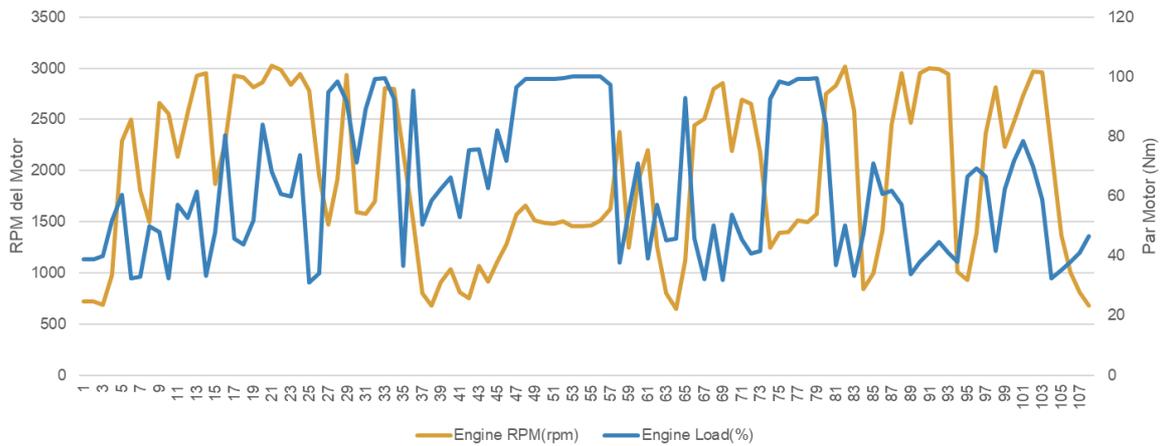
**Figura 80. Pruebas de Medición de Temperatura.**



Fuente: Autores.

Como se muestra en la Figura 81, la carga que realiza el motor se encuentra directamente relacionada con las revoluciones del motor, esta carga puede variar según las cargas de funcionamiento. Los picos más bajos de Carga Motor y RPM se deben a que experimentan una carga significativa al ser sometidos a una resistencia, en este caso la aplicación del freno, mientras que los picos más altos representan los momentos donde se libera la resistencia ejercida en el sistema.

**Figura 81.** Gráfica Carga Motor en relación con las RPM.



**Fuente:** Autores.

## CONCLUSIONES

- El sistema de carga de esfuerzo de motor está compuesto por diversos componentes, como los semiejes, las manguetas, las mordazas, las cañerías, la bomba de freno, entre otros. Durante la instalación de este nuevo sistema, se implementaron bases auxiliares adicionales para poder soportar tanto las vibraciones generadas por el motor como aquellas que se producen durante frenadas fuertes. Las bases auxiliares, combinadas con el vulcanizado, permitieron absorber las vibraciones y reducir la carga durante el proceso de frenado, lo que redujo los esfuerzos en los puntos de soldadura.
- El sistema de control electrónico fue concebido utilizando el software de Arduino para recopilar datos de temperatura de los discos de freno, en lugar de emplear el software de LabVIEW. Asimismo, se optó por no utilizar la tarjeta NI USB 6009, ya que el sensor seleccionado (MLX 90614) cuenta con pines SDA y SCL, los cuales no están disponibles en la mencionada tarjeta. Aunque no se logró completamente el objetivo de desarrollar un sistema de control de temperatura con LabVIEW, se pudo obtener información sobre las temperaturas de los discos de freno con el software de Arduino que van desde los 20 °C hasta los 340 °C, en una de las pruebas simuladas en la maqueta, cabe mencionar que los discos de freno pueden llegar a temperaturas más altas dependiendo del accionamiento del sistema.
- Calibrar y verificar el adecuado funcionamiento del sistema de carga de esfuerzo del motor es esencial para garantizar un rendimiento óptimo del sistema en su conjunto. Este proceso no solo asegura la correcta operatividad del sistema de carga de esfuerzo del motor, sino que también contribuye significativamente a la obtención de datos cruciales, como la carga del motor, el par motor y la relación de cambio de la caja, entre otros. Los resultados obtenidos, especialmente la generación exitosa de una

carga de motor del 52,41 (133,56 Nm), demuestran de manera concluyente que el objetivo propuesto se logró con éxito. Esto respalda la eficacia y funcionalidad del sistema de carga de esfuerzo motor, validando su capacidad para proporcionar datos precisos y confiables que son fundamentales para la evaluación y el rendimiento del motor en condiciones simuladas. En resumen, la calibración y verificación exitosas confirman la operatividad del sistema, respaldando la consecución del objetivo planteado.

- La validación de los parámetros de funcionamiento de freno permite identificar problemas o desviaciones en el rendimiento del sistema, lo que a su vez permite tomar las medidas correctivas necesarias para garantizar un funcionamiento óptimo. Durante este proceso de validación, se verifican y ajustan los componentes del sistema de carga de esfuerzo de motor con el objetivo de asegurar que el sistema cumpla con los estándares y requisitos establecidos por el fabricante, y que proporcione la carga adecuada al motor en cada situación. Con los datos obtenidos se tiene los siguientes valores: primera marcha 104 Nm, segunda marcha 89,25 Nm, tercera marcha 86,25 Nm, cuarta marcha 77 Nm, quinta marcha 51,25 Nm y sexta marcha 38,5 Nm.

## RECOMENDACIONES

- Realizar una revisión previa de los semiejes y asegurarse que estos se encuentren en buenas condiciones al igual que su funcionamiento sea óptimo, puesto que estos son los encargados de transmitir la potencia del motor hacia los discos. Si no se llegara a verificar este sistema implementado, puede verse afectado en los resultados de las pruebas previas a desarrollar.
- Verificación del lente del sensor infrarrojo, que no se encuentre obstruido por algún tipo objeto que impida la lectura correcta de la temperatura del disco, al igual que una revisión del cableado y un estudio previo sobre los tipos de tarjeta y sensores que se pueden implementar para la obtención de datos, es decir un sistema para mejorar la obtención de datos de temperatura.
- Se recomienda establecer un procedimiento estándar para la calibración y comprobación periódica del sistema de carga de esfuerzo motor, este procedimiento deberá contemplar aspectos como: ajuste y centrado de las pastillas, discos de frenos y cañerías, pruebas de fuerza de frenado a diferentes presiones y contrarrestar estas mediciones con los parámetros indicados en las especificaciones técnicas dadas por el fabricante.
- Diseñar un plan de pruebas que permita validar los parámetros de funcionamiento del sistema de freno. El plan de pruebas debe definir los objetivos de las pruebas, los métodos, técnicas que se utilizaran y los datos que se recopilan de estas pruebas contrarrestarlos con los datos del fabricante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arriola, D., Avalos, M., & Miranda, H. (2018). *"Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Generar la Curva par-velocidad de un Motor de Combustión Interna"*. Universidad de el Salvador, San Salvador, El Salvador. Recuperado el 05 de noviembre de 2023, de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16397/1/Dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20un%20banco%20de%20pruebas%20para%20generar%20la%20curva%20par-velocidad%20de%20un%20motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>
- AutoData. (2022). *Auto-Data.net*. Recuperado el diciembre 21 de 2023, de <https://www.auto-data.net/es/hyundai-grandeur-azera-v-hg-2.4-gdi-201hp-automatic-30710>
- Ávila, A. (2016). *"Estudio e Implementación del Dinamómetro de Chasis Modelo x Tracción 2 Ruedas del fabricante Dynocom"*. Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil. Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1023/1/T-UIDE-035.pdf>
- Benito. (11 de agosto de 2023). *Suministros en Metrología*. Recuperado el 12 de noviembre de 2023, de <https://suministrosenmetrologia.com/manometro-de-presion/>
- Calleja, D. G. (2018). *Motores 2. Edición (2018 ed., Vol. 2)*. (M. López, Ed.) España: Ediciones Parainfo S.A. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HxJMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=par+motor++en+motores+de+combustion+interna+&ots=IOXoeG2xAa&sig=akC2AXjjPopRf9IGQuSpOQGuUk4#v=onepage&q=par%20motor%20%20en%20motores%20de%20combustion%20interna&f=false>
- Cantabria. (2023). *Unuversidad de Cantrabria*. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://sdei.unican.es/Paginas/servicios/software/Labview.aspx#:~:text=LabVIEW%20es%20un%20software%20que,de%20otras%20herramientas%20de%20desarrollo.>
- Carriel, B., & Villcís, O. (2015). *"Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas Neumático para la Calibración de Presión de Manómetros en el rango de 0 a 6 bar y Vacuómetros en el rango de 0 a 600 milibar, en la Universidad Politécnica Salesiana en la sede Guayaquil"*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Recuperado el 12 de noviembre de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10265/1/UPS-GT001294.pdf>
- Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). *"Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático"*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado el 11 de noviembre de 2023

- Castillo, L. (1999). *"Freno Dinamométrico de Fricción"*. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Recuperado el 12 de noviembre de 2023, de <https://patentimages.storage.googleapis.com/55/39/52/81755e42b50647/WO1999067616A1.pdf>
- Components. (31 de marzo de 2020). *COMPONENTS 101*. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://components101.com/sensors/melexis-mlx90614-contact-less-ir-temperature-sensor>
- Corporation, N. I. (2012). *User Guide and Specifications*. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://www.insdecem.com/archivos/documentos/NIUSB6009.pdf>
- Díaz, Á., González, J., & González, A. (2018). *Análisis de un generador de HHO de celda seca para su aplicación en motores de combustión interna*. Universidad Industrial Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 05 de octubre de 2023, de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/6976/7865>
- Díaz, C. (2023). *"Variación en las emisiones contaminantes de los vehículos debido a cambios en la geometría vial en carreteras de Colombia"*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia . Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78581/1098705009.2020.pdf?isAllowed=y&sequence=4>
- GENEBRE. (2020). *Manómetro de Presión*. Recuperado el 21 de diciembre de 2023, de [https://pim.genebre.es/genebre/documents/fichas\\_tecnicas/3822N.pdf](https://pim.genebre.es/genebre/documents/fichas_tecnicas/3822N.pdf)
- Guamán, C., & Merchán, K. (2023). *"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"*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador . Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25609/1/UPS-CT010726.pdf>
- HELLA. (2018). *Hella Tech World*. Recuperado el 12 de noviembre de 2023, de <https://www.hella.com/techworld/mx/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Revision-del-sensor-de-temperatura-del-refrigerante-4277/#>
- Hernández, L. d. (2020). *programarfacil.com*. Recuperado el 20 de diciembre de 2020, de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/termometro-infrarrojo-con-arduino-mlx90614/>
- Ivan, C. (14 de diciembre de 2014). *slideshare*. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://es.slideshare.net/CarlosIvan3/2-curvascaracteristicasdemotoresyvehiculosrecomprimidos-42696663>
- Jiménez, F. (2019). *"Diseño e integración de un sistema con interfaz virtual para un banco de ensayos dinámico para MCIA"*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Recuperado el 18 de noviembre de 2023, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/17123/1/Tesis.pdf>

- MecanESO. (2018). *CEJAROSU*. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec\\_biela-maniv-embolo.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_biela-maniv-embolo.htm)
- Medina, C. (19 de junio de 2015). *motor y dominio.com*. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://www.motorydominio.com.mx/investigaciones/tercer-tiempo-del-motor-a-cuatro-tiempos>
- Muñiz, L. (2023). *Centro Nacional de Metrología*. Recuperado el 05 de noviembre de 2023, de <https://www.gob.mx/cenam/articulos/que-es-un-dinamometro-vehicular-y-como-se-usa-para-la-medicion-de-emisiones-contaminantes-de-los-vehiculos?idiom=es>
- Muñoz, D. (2021). “*Repotenciación de un Banco Dinamométrico Didáctico con la Integración de un Sistema de Instrumentación Virtual elaborado en Labview*”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado el 05 de noviembre de 2023, de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15861/1/85T00629.pdf>
- National. (2020). *National Instruments Corp*. Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de <https://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6009.html>
- Naylamp. (2023). *Naylamp Mechatronics*. Recuperado el 18 de noviembre de 2023, de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/330-sensor-de-temperatura-mlx90614.html>
- Nunige, O. (2018). “*Evaluación y Comparación de Métodos de Medición Consumo de Combustible para el Laboratorio y Ruta en un Vehículo Liviano*”. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/2f121664-83f4-48db-bfee-bdc78508589a/content>
- Protosupplies. (2023). *Proto Supplies*. Recuperado el 18 de noviembre de 2023, de <https://protosupplies.com/product/gy-906-mlx90614-non-contact-precision-thermometer-module/>
- Querido, V., & Salazar, J. (2023). “*Análisis Comparativo de los Gases Contaminantes en un Motor de Combustión a Diésel bajo la Influencia del Nano aditivo Dióxido de titanio*”. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Recuperado el 11 de noviembre de 2023
- Rototest. (2023). *Rototest Energy*. Recuperado el 18 de noviembre de 2023, de <https://rototest.com/products/>
- Shoyas. (2009). *slideshare*. Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de <https://es.slideshare.net/shoyas/tema15-emisiones-contaminantes-en-mcia>
- Taylor. (2019). *Taylor Dynamometer*. Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de <https://www.taylordyno.com/products/towing-dynamometers/light-duty-vehicles/>

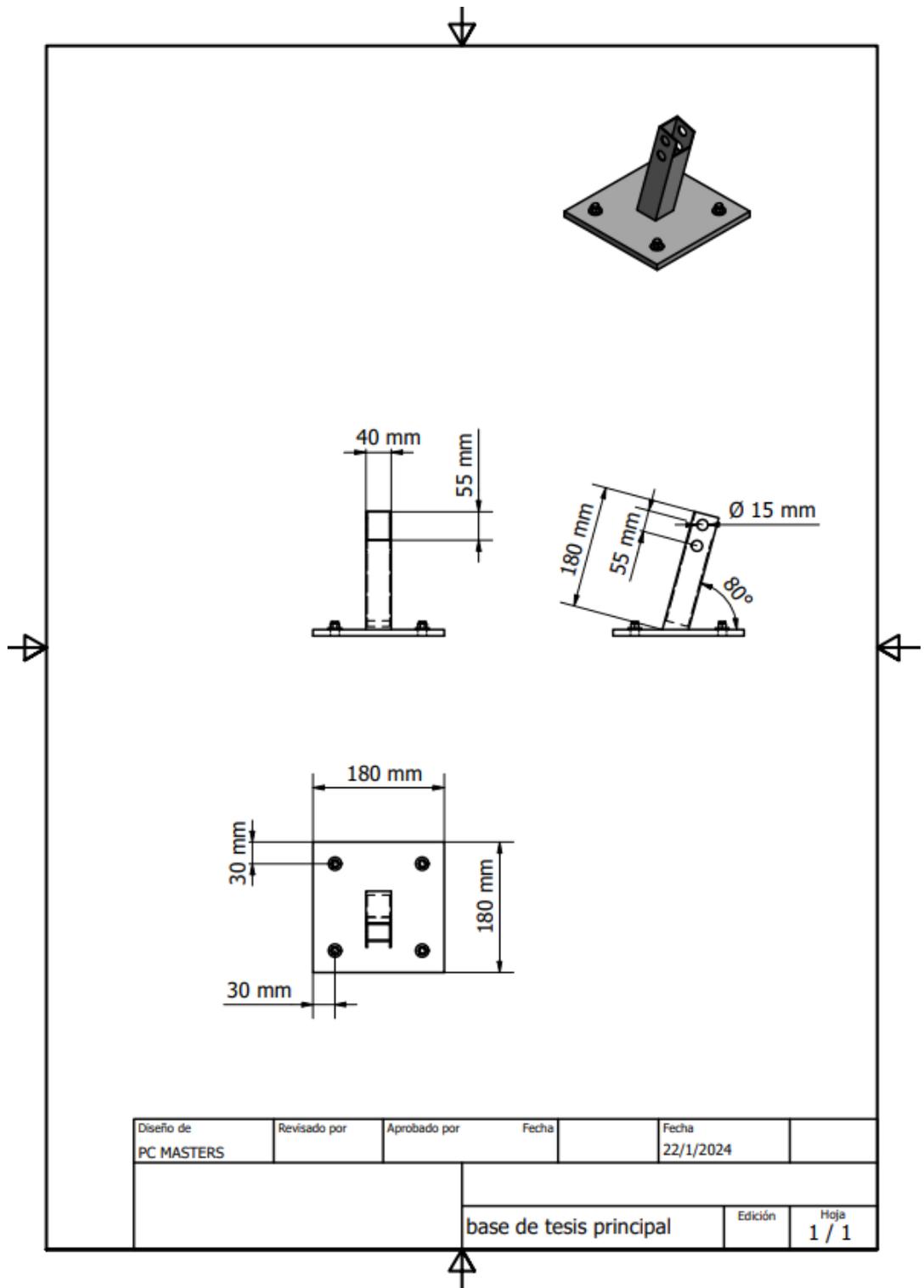
Yáñez, L. E. (2018). *La Tarjeta ni USB 6009*. Quito. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://www.insdecem.com/archivos/documentos/Trabajando%20con%20la%20NI%20USB.pdf>

Yovera, E. (2020). "*Diseño de un Medidor de Torque para Evaluar la Potencia al Freno de Motores de Encendido hasta 2500 cc*". Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú. Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73757/Yovera\\_OEI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73757/Yovera_OEI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

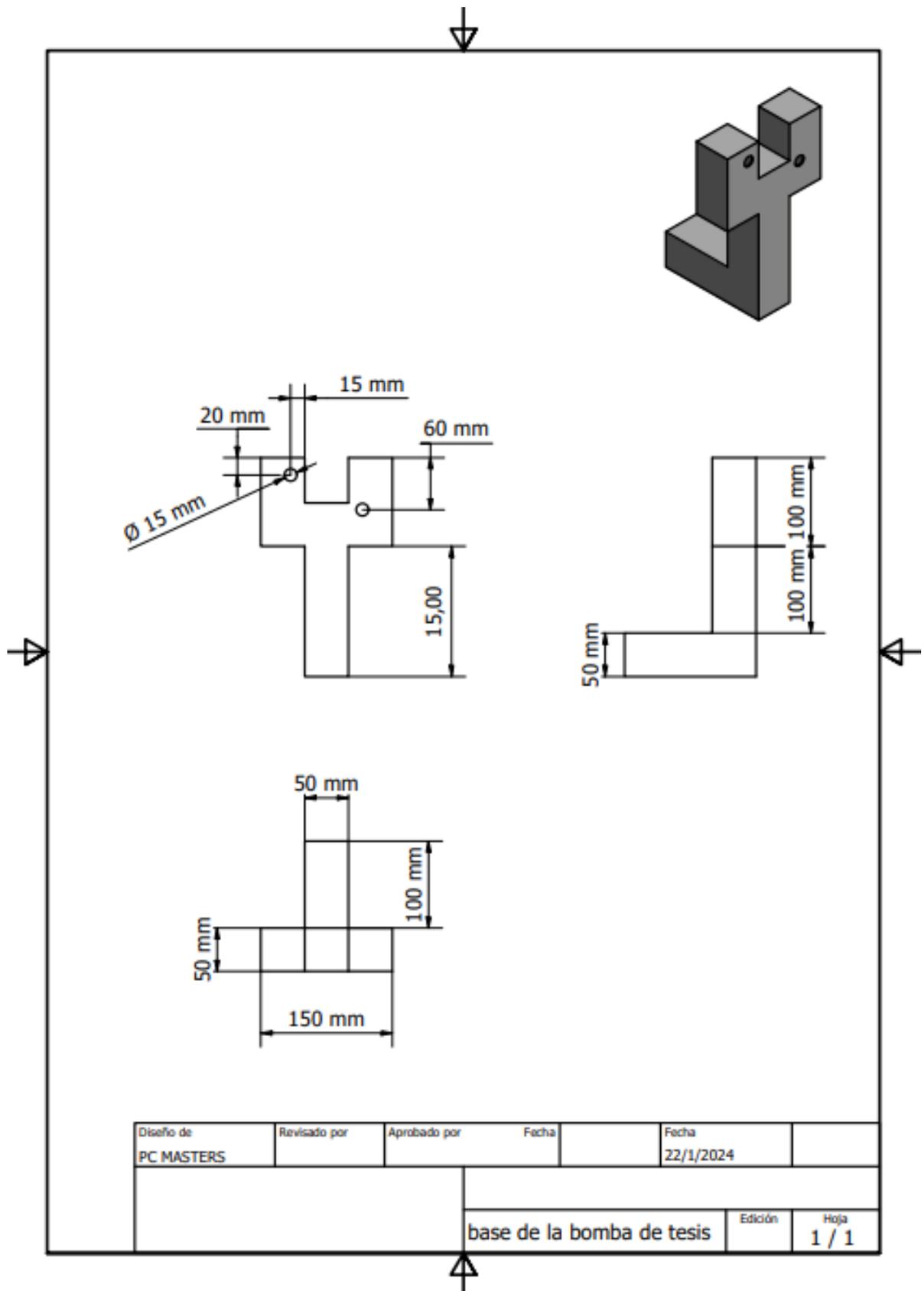
Zambrano, R., & Núñez, C. (2013). "*Obtención de las curvas de desempeño de un motor de combustión interna al alternativo en un banco de pruebas*". Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanaga. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5942/digital\\_25719.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5942/digital_25719.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

## ANEXOS.

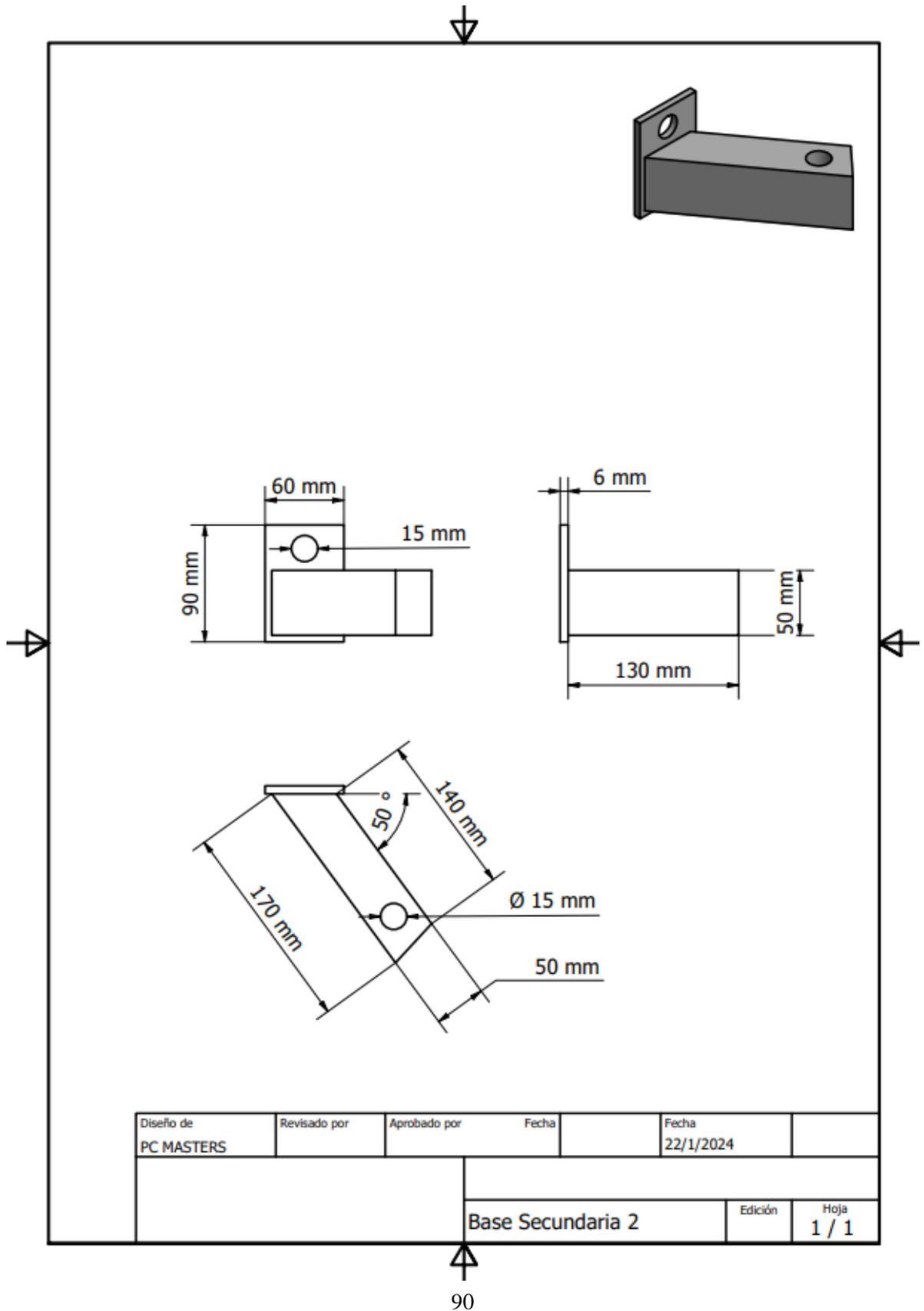
### Anexo 1 Plano Principal para Soporte de la Mangueta.



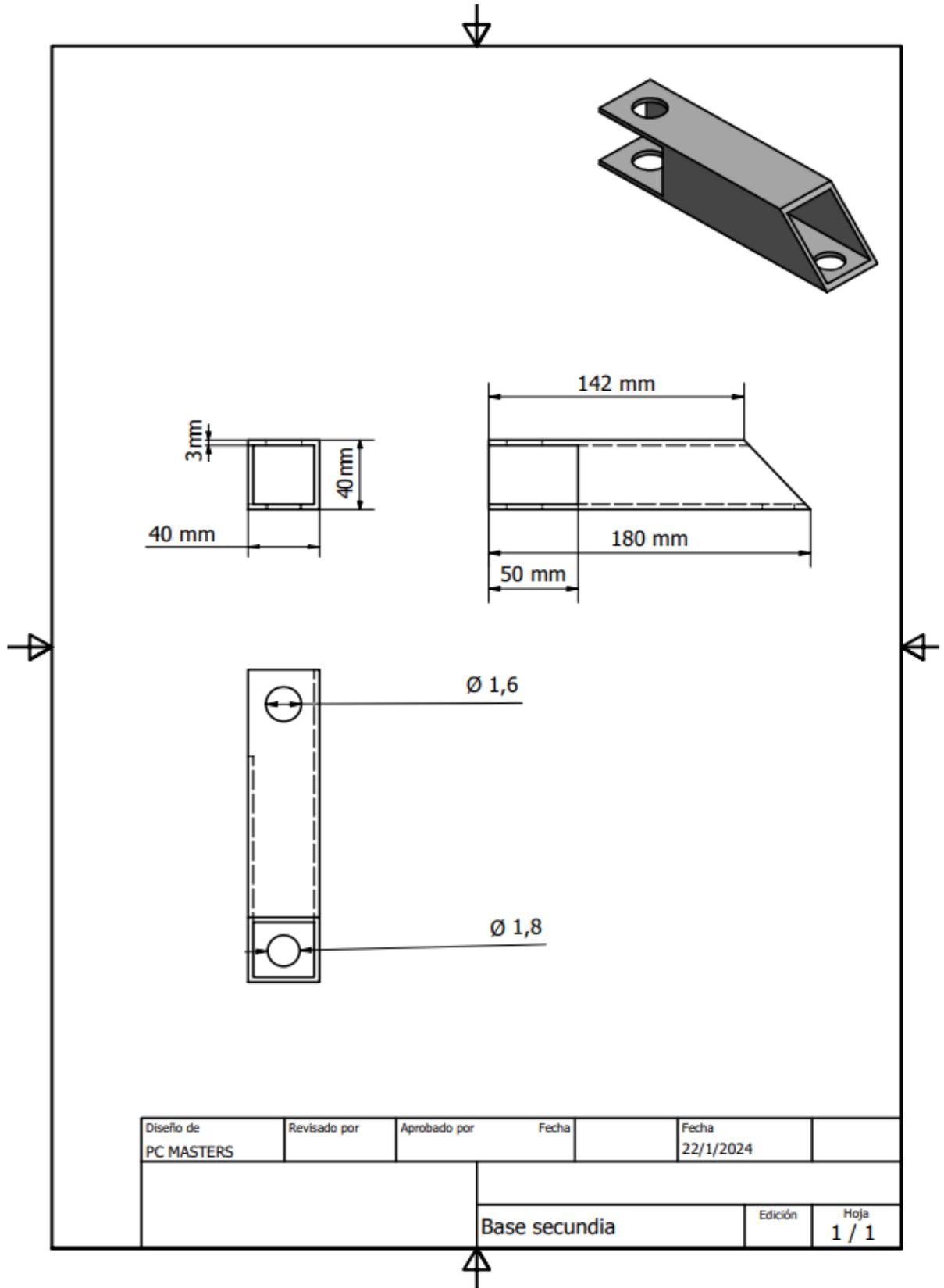
Anexo 2 Plano de Base para la Bomba de Freno.



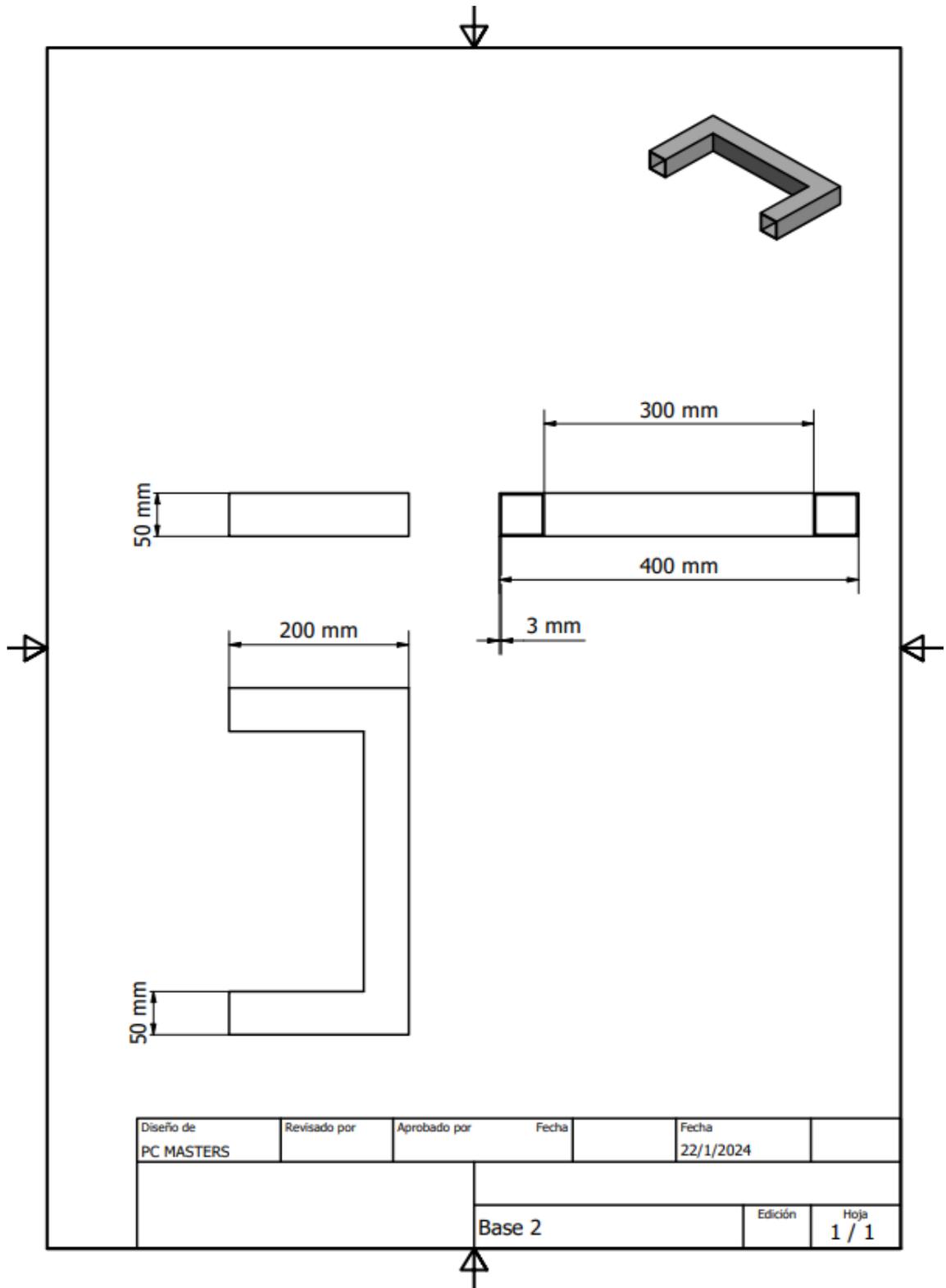
**Anexo 3** Plano de Base Auxiliar para el Lado Derecho de la Mangueta.



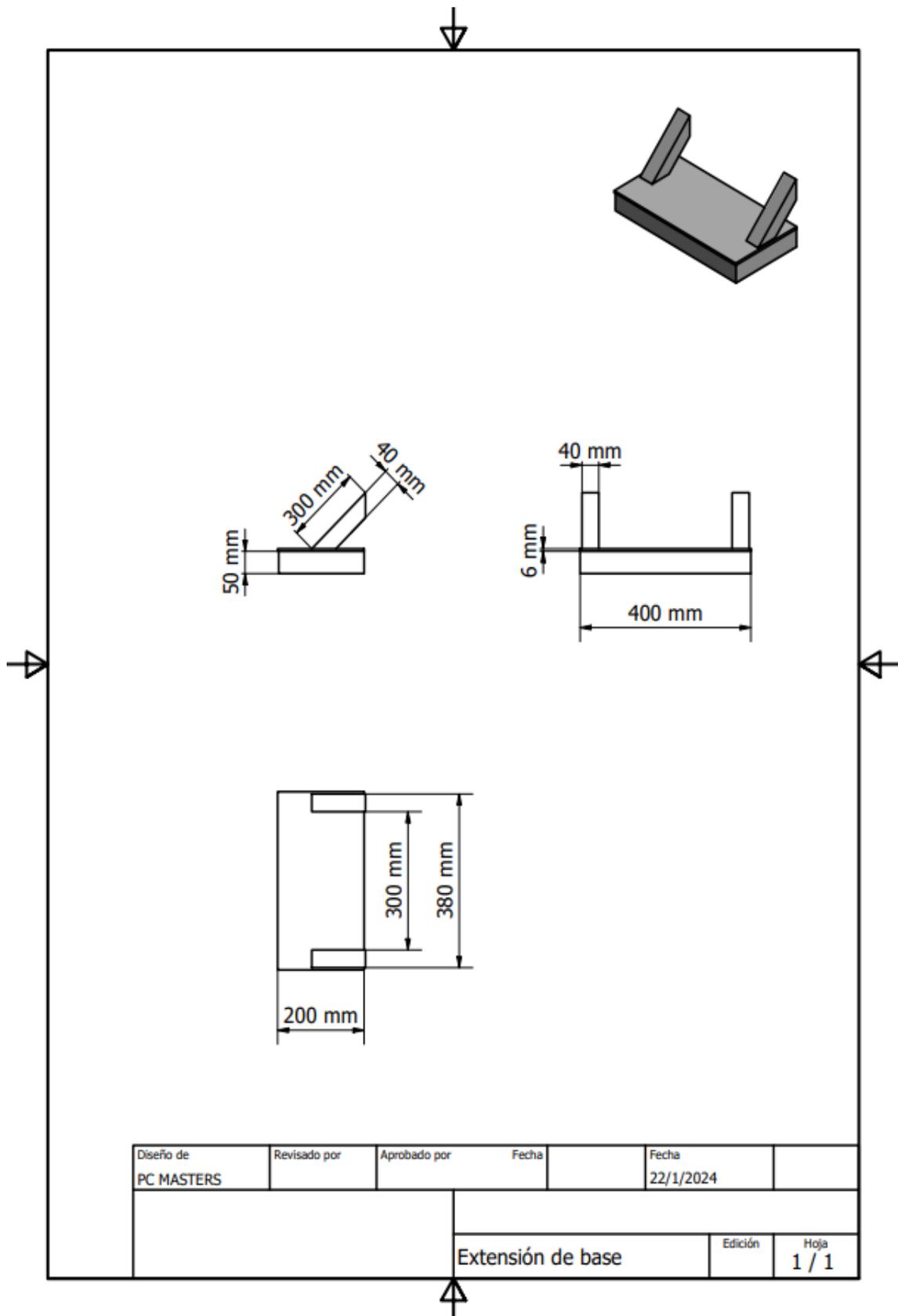
**Anexo 4** Plano de Base Secundaria para el lado Izquierdo de la Mangueta.



**Anexo 5** Plano de Soporte de Base del Eje Izquierdo.

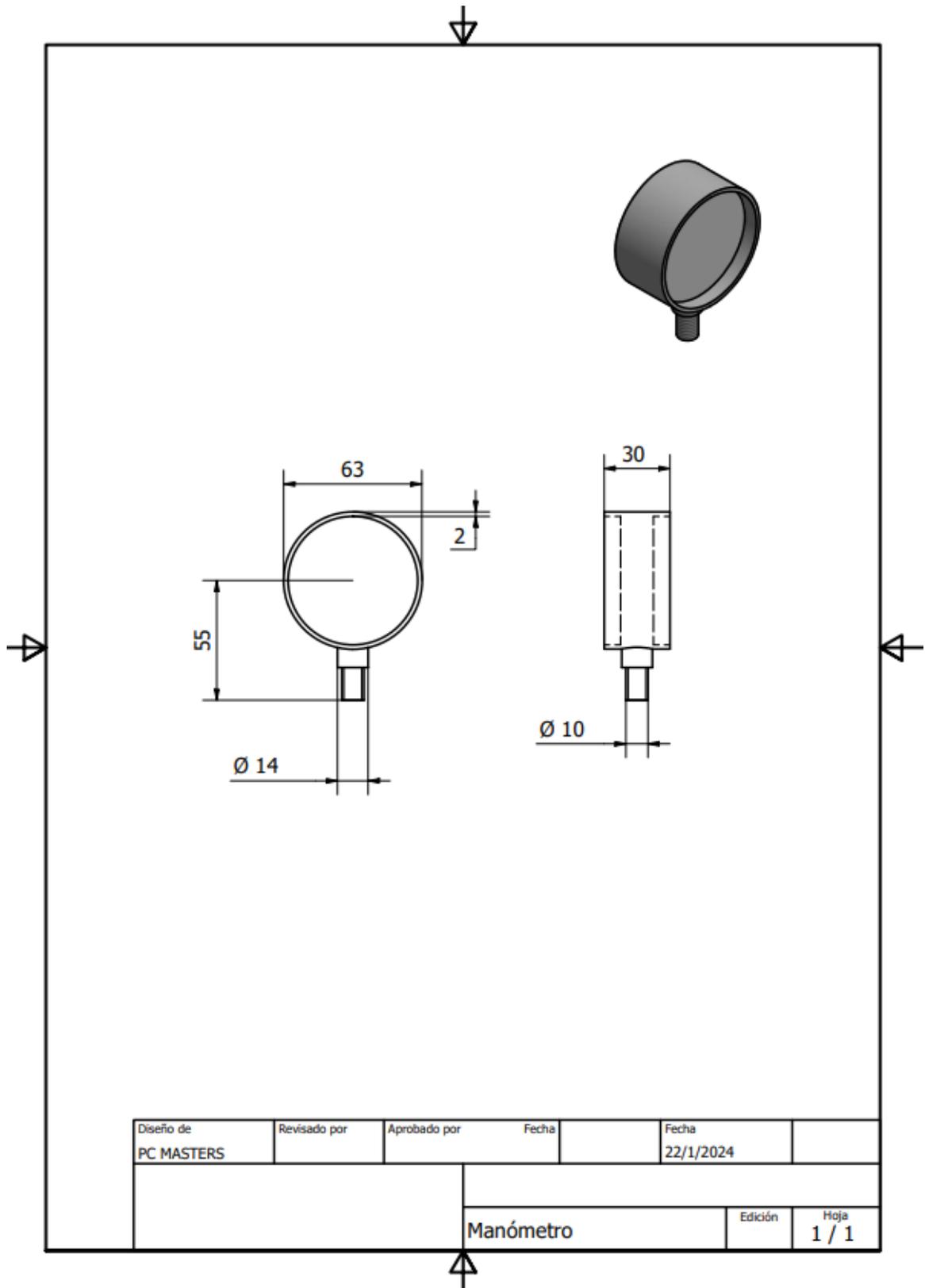


Anexo 6 Plano de Base con dos soportes para Eje Derecho.



Diseño de PC MASTERS	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 22/1/2024
			Extensión de base	
			Edición	Hoja 1 / 1

Anexo 7 Plano de manómetro de presión (GENEBRE - 3822N 060 - 900 psi).



## Anexo 8 Código de programación.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#define IR1 0x51
#define IR2 0x5B
//#define IR3 0x5B
Adafruit_MLX90614 mlx;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Adafruit MLX90614 test");
  mlx.begin();
}
void loop() {
  mlx.AddrSet(IR1);
  Serial.print("IR1: ");
  //Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());
  Serial.print("*C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC()); Serial.println("*C");
  mlx.temp1 = mlx.readObjectTempC();
  delay(250);
  mlx.AddrSet(IR2);
  Serial.print("IR2: ");
  //Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());
  Serial.print("*C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC()); Serial.println("*C");
  mlx.temp2 = mlx.readObjectTempC();
  delay(250);
```

```
/*mlx.AddrSet(IR3);  
Serial.print("IR3: ");  
Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());  
Serial.print("*C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC()); Serial.println("*C");  
mlx.temp3 = mlx.readObjectTempC();  
delay(250);  
  
Serial.print("\n*****Average Temp:");  
Serial.print(mlx.avgF=(mlx.temp1+mlx.temp2+mlx.temp3)/3);  
  
Serial.print("*****\n");*/  
  
Serial.println();  
  
delay(1000);  
  
}
```



## MLX90614 family

Single and Dual Zone  
Infra Red Thermometer in TO-39

### Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
  - 40 to 125 °C for sensor temperature and
  - 70 to 380 °C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0...+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration optional
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8 to 16V applications
- Power saving mode
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

### Applications Examples

- High precision non-contact temperature measurements;
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system;
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning;
- Windshield defogging;
- Automotive blind angle detection;
- Industrial temperature control of moving parts;
- Temperature control in printers and copiers;
- Home appliances with temperature control;
- Healthcare;
- Livestock monitoring;
- Movement detection;
- Multiple zone temperature control – up to 100 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay/alert
- Body temperature measurement

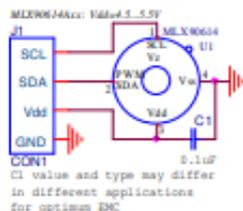
### Ordering Information



Part No. MLX90614 X X X  
(1) (2) (3)

- |                                     |                            |                    |
|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| (1) Supply Voltage:                 | (2) Number of thermopiles: | (3) Package type:  |
| A - 5V power<br>(adaptable for 12V) | A – single zone            | A – Filter inside  |
| B - 3V power                        | B – dual zone              | B – Filter outside |

### 1 Functional diagram



MLX90614 connection to SMBus

Figure 1 Typical application schematics

### 2 General Description

The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning ASSP are integrated in the same TO-39 can.

Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved.

The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus output.

As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20 to 120 °C, with an output resolution of 0.14 °C.

The POR default is SMBus interface

## Anexo 10 Manómetro de presión 3822N 060

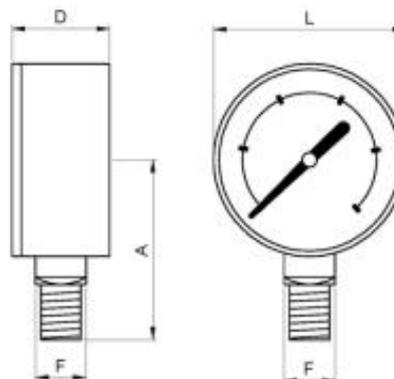
# GENEBRE

GENEBRE S.A. - Avda. Joan Carles I, 46-48 - EDIFICIO GENEBRE  
 Tel. +34 93 298 80 00/01 - Fax +34 93 298 80 06  
 08908 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT Barcelona (Spain)  
 e-mail: [genebre@genebre.es](mailto:genebre@genebre.es)  
 internet: <http://www.genebre.es>

### Art.: 3822N

**Manómetro Ø63 con glicerina, salida inferior, rosca NPT /**  
**Pressure gauge Ø63 with glycerine, bottom connection, NPT thread**

Características	Features
1. Tamaño Ø63.	1. Size Ø63.
2. Manómetro con conexión radial inferior, rosca macho NPT 1/4".	2. Pressure gauge with radial bottom connection, male thread NPT 1/4".
3. Caja en acero inoxidable AISI 304.	3. Case in stainless steel AISI 304.
4. Contiene glicerina.	4. Contains glycerine.
5. Tubo "Bourdon" y racor en latón según UNE-EN 12165.	5. Tube "Bourdon" and brass fitting connection according UNE-EN 12165.
6. Dial blanco: escala en negro (bar) y roja (psi).	6. White dial: black scale (bar) and red (psi).
7. Visor en Policarbonato.	7. Polycarbonate viewer.
8. Tapón de goma para agujero de llenado.	8. Rubber plug for filling hole.
9. Clase de precisión: cl. 2,5.	9. Class precision: cl. 2,5.
10. Graduaciones disponibles de 0 a 2,5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 60 - 100 bar.	10. Scale available from 0 to 2,5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 60 - 100 bar.
11. Temperatura de trabajo: de -20°C a 60°C.	11. Working temperature: from -20°C to 60°C.



Ref.	Escala / Scale		Dimensiones / Dimensions (mm)				Peso / Weight (Kg)
	bar	psi	A	L	D	F	
3822N 002	0 - 2,5	0 - 40	55	63	30	14x14	0,180
3822N 004	0 - 4	0 - 60	55	63	30	14x14	0,180
3822N 006	0 - 6	0 - 90	55	63	30	14x14	0,180
3822N 010	0 - 10	0 - 150	55	63	30	14x14	0,180
3822N 016	0 - 16	0 - 240	55	63	30	14x14	0,180
3822N 025	0 - 25	0 - 400	55	63	30	14x14	0,180
3822N 060	0 - 60	0 - 900	55	63	30	14x14	0,180
3822N 100	0 - 100	0 - 1500	55	63	30	14x14	0,180

GENEBRE S.A.

FECHA DE REVISIÓN: 02/03/2020

NÚMERO DE REVISIÓN: R6

**Anexo 11** Acabados Finales

