



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**“REACONDICIONAMIENTO DEL DINAMÓMETRO
BORGHI&SAVERI FA200 INSTALADO EN EL TALLER DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH PARA LA
OBTENCIÓN DE CURVAS DE TORQUE, POTENCIA Y
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE MANERA DIGITAL”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

IVÁN PATRICIO CUSANGUÁ ARÉVALO

CARLOS FABIÁN ASQUI CALERO

Riobamba - Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

“REACONDICIONAMIENTO DEL DINAMÓMETRO BORGHI&SAVERI FA200 INSTALADO EN EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH PARA LA OBTENCIÓN DE CURVAS DE TORQUE, POTENCIA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE MANERA DIGITAL”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: IVÁN PATRICIO CUSANGUÁ ARÉVALO

CARLOS FABIÁN ASQUI CALERO

DIRECTOR: Ing. PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Iván Patricio Cusanguá Arévalo & Carlos Fabián Asqui Calero

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

Nosotros, Iván Patricio Cusanguá Arévalo y Carlos Fabián Asqui Calero declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de noviembre del 2021



Iván Patricio Cusanguá Arévalo
040181485-0



Carlos Fabián Asqui Calero
060420913-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo Integración Curricular: Tipo: Proyecto técnico, **REACONDICIONAMIENTO DEL DINAMÓMETRO BORGHIS&SAVERI FA200 INSTALADO EN EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH PARA LA OBTENCIÓN DE CURVAS DE TORQUE, POTENCIA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE MANERA DIGITAL**, realizado por los señores: **IVÁN PATRICIO CUSANGUÁ ARÉVALO**, y **CARLOS FABIÁN ASQUI CALERO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Elvis Henrique Arguello

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-11-22

Ing. Paul Alejandro Montufar Paz

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2021-11-22

Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares

MIEMBRO DE TRIBUNAL

2021-11-22

DEDICATORIA

Dedicado a todas aquellas personas que me han apoyado en su debido momento y principalmente a mis padres quienes me han brindado todo su apoyo de manera incondicional, que han estado siempre ahí para apoyarme, para darme un aliento cuando más lo he necesitado y que han sido el pilar más importante para poder graduarme como un profesional.

Patricio Cusanguá

Dedicado a todas las personas que me apoyaron en el transcurso de este trabajo, familia y amigos quienes nunca dudaron que lo imposible se puede lograr con esfuerzo y arduo trabajo, en especial a estos ángeles en la tierra que se han convertido en mis pilares para seguir adelante buscando nuevas metas; Carina, Sofía y Luciana.

Carlos Aquí

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE ANEXOS.....	14
RESUMEN	15
SUMMARY	16
INTRODUCCIÓN	17

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL	18
1.1. Antecedentes.....	18
1.2. Planteamiento del problema.....	18
1.3. Justificación.....	19
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	19
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	19

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Dinamómetro de banco.....	20
2.1.1. <i>Dinamómetro Hidráulico</i>	20
2.1.2. <i>Dinamómetro de Corrientes parasitas</i>	21
2.1.3. <i>Dinamómetros eléctricos de corriente directa (DC)</i>	22
2.2. Dinamómetro Borghi & Saveri FA 200.....	23
2.3. Sistemas del Dinamómetro Borghi & Saveri Fa 200.....	24

2.3.1.	<i>Sistema de refrigeración:</i>	24
2.3.2.	<i>Sistema Eléctrico</i>	25
2.3.3.	<i>Sistema generador de carga</i>	27
2.3.3.1.	<i>Balanza dinamométrica</i>	27
2.3.4.	<i>Sistema de acoplamiento:</i>	29
2.3.5.	<i>Sistema de Bancada</i>	30
2.3.6.	<i>Sistema de Medida de consumo de combustible</i>	31
2.4.	Motores de Inyección Electrónica	31
2.4.1.	<i>Sensor CKP</i>	33
2.4.2.	<i>Sensor CMP:</i>	34
2.4.3.	<i>Sensor TPS</i>	34
2.4.4.	<i>Sensor ECT</i>	35
2.5.	Consumo específico de combustible	35
2.6.	Digitalización de señales	36
2.6.1.	<i>Tarjeta DAQ 6009 USB</i>	37
2.6.2.	<i>Arduino Nano</i>	38
2.6.3.	<i>Sensor DHT11:</i>	39
2.6.4.	<i>Sonda de Temperatura DS18B20:</i>	40
2.6.5.	<i>Fuente de voltaje</i>	41

CAPITULO III

3.	METODOLOGÍA	42
3.1.	Diagrama de etapas del proyecto	42
3.2.	Metodología de Investigación Para Realizar	42
3.3.	Cronograma de actividades	46
3.4.	Recursos y Materiales	47
3.4.1.	<i>Materiales</i>	47
3.4.2.	<i>Equipos</i>	47

3.4.3.	<i>Recursos Humanos</i>	48
3.4.4.	<i>Recursos Económicos</i>	48
3.5.	Desarrollo del proyecto	49
3.5.1.	<i>Revisión Bibliográfica</i>	49
3.5.2.	<i>Inspección de bancada</i>	50
3.5.3.	<i>Inspección de sistema eléctrico</i>	50
3.5.4.	<i>Inspección de sistema de refrigeración</i>	51
3.5.5.	<i>Inspección de sistema de medida de combustible</i>	52
3.5.6.	<i>Inspección de balanza dinamométrica</i>	53
3.5.7.	<i>Inspección de Bomba de Agua</i>	54
3.5.8.	<i>Inspección de tanques suavizadores de agua</i>	55
3.5.9.	<i>Alineación de bancada</i>	55
3.5.10.	<i>Acoplamiento a la junta de transmisión</i>	56
3.5.10.1.	<i>Construcción de espaciador</i>	57
3.5.10.2.	<i>Sujeción de brida y acoplamiento</i>	58
3.5.11.	<i>Mantenimiento de subsistemas</i>	59
3.5.11.1.	<i>Mantenimiento estético de la bancada</i>	60
3.5.12.	<i>Adquisición de señales del motor</i>	64
3.5.13.	<i>Elección de sistema para medida de carga</i>	64
3.5.14.	<i>Adquisición de señales por medio de la programación en Arduino y LabVIEW</i>	70

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	78
4.1.	Procedimiento para la obtención de curvas	78
4.1.1.	<i>Regulación de voltaje</i>	78
4.1.2.	<i>Procedimiento para el encendido del banco dinamométrico</i>	78
4.1.3.	<i>Obtención de curva Potencia</i>	84

4.1.4.	<i>Obtención de curva de torque</i>	86
4.1.5.	<i>Obtención de curva de consumo específico de combustible</i>	87
4.2.	Interfaz gráfica	88
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	90
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Distancias a las que se debe colocar el banco dependiendo del tipo de motor	31
Tabla 2-2: Datos Técnicos de motor	33
Tabla 1-3: Matriz Metodológica	44
Tabla 2-3: Listado de equipos utilizados	47
Tabla 3-3: Nombre de los distintos sensores a emplearse, variable física a obtener con cada uno y sus respectivas unidades.....	70
Tabla 4-3: Librerías necesarias en programación de Arduino	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Dinamómetro Hidráulico	21
Figura 2-2: Componentes del freno.....	22
Figura 3-2: Dinamómetro Borghi Saveri de la ESPOCH.....	23
Figura 4-2: Ficha Técnica del Dinamómetro Borghi & Saveri fa 200	24
Figura 5-2: Sistema de Refrigeración del Dinamómetro.....	25
Figura 6-2: Esquema de control de Par de un dinamómetro de corrientes parásitas	26
Figura 7-2: Instalación de conexiones eléctricas.....	26
Figura 8-2: Esquema de la balanza dinamométrica.....	28
Figura 9-2: Balanza dinamométrica	28
Figura 10-2: Cardan de unión	29
Figura 11-2: Carcasa protectora.....	30
Figura 12-2: Medidas de la bancada	30
Figura 13-2: Ubicación del sensor CKP	33
Figura 14-2: Sensor CMP Aveo Family	34
Figura 15-2: Ubicación del sensor TPS	35
Figura 16-2: Sensor ECT	35
Figura 17-2: Curva característica de consumo específico de combustible	36
Figura 18-2: Tarjeta DAQ 6009 USB.....	37
Figura 19-2: Diagrama de Bloques del NI USB 6009	38
Figura 20-2: Placa Arduino Nano	38
Figura 21-2: Disposición de pines en Arduino Nano.....	39
Figura 22-2: Disposición de pines Sensor DHT11	39
Figura 23-2: Sonda DS18B20.....	40
Figura 24-2: Fuente de voltaje	41
Figura 1-3: Etapas del proyecto	42
Figura 2-3: Diagrama de Gantt del cronograma de actividades.....	46

Figura 3-3: Estado de la bancada originalmente.....	50
Figura 4-3: Estado inicial del sistema eléctrico	51
Figura 5-3: Estado inicial del sistema eléctrico	51
Figura 6-3: Estado original de conductos de desfogue de agua.....	52
Figura 7-3: Estado original del sistema de medición de combustible.....	53
Figura 8-3: Inspección de balanza dinamométrica	54
Figura 9-3: Bomba de agua.....	54
Figura 10-3: Tanques suavizadores de agua	55
Figura 11-3: Uso del gato hidráulico para regular bancada.....	56
Figura 12-3: Verificar nivelación de bancada.....	56
Figura 13-3: Espaciador.....	57
Figura 14-3: Separador entre motor y corona dentada y cardán	58
Figura 15-3: Vista lateral y frontal de acople	58
Figura 16-3: Retirando el generador de carga del dinamómetro	59
Figura 17-3: Tuberías de ingreso y salida de Agua	59
Figura 18-3: Desengrase de partes del dinamómetro.....	60
Figura 19-3: Proceso de pintura.....	61
Figura 20-3: Limpieza de rejillas y drenajes.....	61
Figura 21-3: Soldadura de Rejillas en mal estado	62
Figura 22-3: Suspensión de control electrónico antiguo.....	63
Figura 23-3: Se realiza el engrasado de cardan	63
Figura 24-3: Ubicando pines del sensor con ayuda del Osciloscopio.....	64
Figura 25-3: Señal de sensor CMP	64
Figura 26-3: Ubicación del sensor Sharp al momento de la inspección	65
Figura 27-3: Sensor de Giro (Giroscopio)	65
Figura 28-3: Ubicación del sensor MPU6050	66
Figura 29-3: Sensor VL53L0X	67
Figura 30-3: Sensor de carga con modulo HX711.....	67

Figura 31-3: Ubicación de celda de carga 50 kg.....	68
Figura 32-3: Base de celda de carga HX711	69
Figura 33-3: Obtención de señales y cálculos.....	70
Figura 34-3: Exportación de datos a Excel.....	71
Figura 35-3: Captura de datos exportados a Excel	71
Figura 36-3: Bloque encargado de graficar en la interfaz de la aplicación.....	72
Figura 37-3: Sección de Graficas en la interfaz grafica.....	72
Figura 38-3: Programación tarjeta DAQ 6009 USB.....	72
Figura 39-3: Ubicación de sonda DS18B20	73
Figura 40-3: Ubicación de electroválvula.....	73
Figura 41-3: Ubicación botón de electroválvula.....	74
Figura 42-3: Conexiones del acondicionador	74
Figura 43-3: Placa de conexiones	75
Figura 44-3: Diagrama eléctrico	76
Figura 45-3: Componentes electrónicos ensamblados.....	76
Figura 46-3: Vista de la placa antes de la fabricación de PCB	77
Figura 1-4: Verificando que el motor este alineado con el cardan del dinamómetro	79
Figura 2-4: Borneras de voltaje e interruptor de Dinamómetro.....	79
Figura 3-4: Reservorio de refrigeración del motor.	80
Figura 4-4: Conducto de emisión de gases.	80
Figura 5-4: Icono de la aplicación.	81
Figura 6-4: Interfaz principal.....	81
Figura 7-4: Selección de puerto COM.....	82
Figura 8-4: Ingreso de Temperatura de referencia.....	82
Figura 9-4: Braker de encendido de Bomba de agua.....	83
Figura 10-4: Switch del motor.....	83
Figura 11-4: Botón para tomar muestras.	84
Figura 12-4: Calibración de Voltaje	84

Figura 13-4: Posición del acelerador de motor	85
Figura 14-4: Botón detener	85
Figura 15-4: Resultado de la prueba de potencia.....	86
Figura 16-4: Resultado de prueba de Torque.....	87
Figura 17-4: Resultado de la prueba de consumo de combustible.....	88
Figura 18-4: Interfaz gráfica que se muestra al momento de realizar la prueba.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Programación Arduino

ANEXO B: Circuito Eléctrico

ANEXO C: Placa PBC

ANEXO D: Bloque de LabVIEW para la obtención de señales

ANEXO E: Bloque de LabVIEW para exportación de datos a Excel

ANEXO F: Bloque de LabVIEW para visualización y control de interfaz grafica

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el reacondicionar un dinamómetro de corrientes parásitas marca Borghi y Saveri que se encuentra en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a fin de obtener las curvas de torque, potencia y consumo específico de combustible de un motor de inyección electrónica de manera digital. Para cumplir con el objetivo se realizó una investigación bibliográfica de conceptos relacionados al funcionamiento de esta máquina, la misma que data de los años 70s, se evaluó el estado de los diferentes sistemas del dinamómetro y se realizaron mantenimientos a los mismos. Mediante el método experimental se actualizó gran parte de los sistemas al instalar un motor de inyección electrónica y adaptar diferentes sensores que toman variables físicas para convertirlas en señales eléctricas. También se instaló una tarjeta de adquisición de datos DAQ 6009 y una placa Arduino NANO que gestionan la parte electrónica, estos procesadores y la programación se ubicaron en una caja de control y en una computadora portátil respectivamente dando como resultado una interfaz gráfica amigable con el usuario y la habilitación total del dinamómetro. Tras obtener las curvas características de un motor de inyección electrónica, de manera digital, las mismas que muestran la potencia y torque que caracteriza al motor de prueba se concluye que el dinamómetro está apto para ser utilizado por los estudiantes de Ingeniería Automotriz en sus prácticas de motores. Se recomienda mantener siempre normas de seguridad al operar el dinamómetro, así como realizar los respectivos mantenimientos antes y después de utilizar el equipo.

Palabras clave: <DINAMÓMETRO> <CARGA DINAMOMÉTRICA> <MOTOR A INYECCIÓN ELECTRÓNICA> <CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR> <DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES ANÁLOGAS>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0051-DBRA-UPT-2022

2022-01-13

SUMMARY

This project aims to recondition a Borghi and Saveri eddy current dynamometer brands located at the School of Mechanics of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, to obtain the torque, power, and specific fuel consumption curves of an electronic injection engine digitally. Bibliographic research of concepts related to the operation of this machine, which dates back to the 70s, was carried out to meet the objective. The condition of the different dynamometer systems was evaluated and their maintenance was performed. Most of the systems were upgraded through the experimental method, by installing an electronic injection engine and adapting different sensors that take physical variables and convert them into electrical signals. A DAQ 6009 data acquisition card and an Arduino NANO board were also installed to manage the electronics. These processors and the programming were placed in a control box and a laptop computer, resulting in a userfriendly graphical interface and the total enablement of the dynamometer. After obtaining the characteristic curves of an electronic injection engine, digitally, which show the power and torque that characterizes the test engine. It concluded that the dynamometer is suitable to be used by the students of Automotive Engineering in their engine practices. It is recommended when operating the dynamometer, always maintain safety standards. As well as to perform the respective maintenance before and after using the equipment.

Keywords: <DYNAMOMETER> <DYNAMOMETER LOAD> <ELECTRONIC INJECTION ENGINE> <ENGINE CHARACTERISTIC CURVES> <DIGITALIZATION OF ANALOG SIGNALS>.



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA**

INTRODUCCIÓN

El dinamómetro es una herramienta que permite evaluar y optimizar el desempeño de motores de combustión interna, se ocupa usualmente para medir fuerzas.

En la actualidad existen diferentes tipos de dinamómetros para aplicaciones automotrices y aunque cada uno de ellos se diseña para satisfacer necesidades específicas, también muestran características semejantes entre sí, principalmente medir parámetros que describen el comportamiento del motor. (ROSAS y BARAHORA, 2011)

En el presente trabajo técnico nos enfocaremos en un dinamómetro de corrientes parásitas que se encuentra instalado en el laboratorio de motores de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, este dinamómetro ha dejado de funcionar adecuadamente por el uso que se le ha dado y también por la falta de mantenimientos, por lo cual se desea reacondicionarlo de tal manera que cumpla con su función y además brinde seguridad al operario del mismo.(ASTUYAURI SAAVEDRA, 2016)

La digitalización actualmente es una función importante hasta imprescindible al momento de procesar datos, pues permite una comprensión mejor y ordenada de estos.

Actualmente no es raro encontrar calibradores digitales, multímetros digitales y otros elementos de medición donde el dinamómetro no es la excepción, las nuevas tecnologías aplicadas al campo automotriz han avanzado de tal manera que en el mercado se puede obtener dinamómetros digitalizados, pero a precios altos, por lo tanto al digitalizar el dinamómetro de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, se logra que el dinamómetro sea más contemporáneo a los dinamómetros actuales sin incurrir en gastos excesivos.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

En la escuela de Ingeniería automotriz de la ESPOCH se cuenta con un dinamómetro de corrientes parásitas, el mismo que sirve para realizar pruebas a motores, y determinar la curva de torque, potencia y consumo de combustible, que hace tiempo fue rehabilitado y repotenciado (Chancusig y Jaitia, 2013), sin embargo nuevamente ha sufrido desperfectos mecánicos que lo ha dejado inhabilitado, en prácticas anteriores los alumnos de la carrera de Ingeniería Automotriz montaron un motor de carburador marca Suzuki en el dinamómetro, el mismo que se desea reemplazar por un motor que está disponible de marca Chevrolet modelo Aveo, que ocuparemos para probar el funcionamiento del dinamómetro. (CABALLERO y VALLE, 2014) El motor mencionado estuvo en un banco de pruebas de sensores desde el año 2014, sin embargo, también no está cumpliendo su función actualmente, pues el pasar del tiempo ha hecho que la placa electrónica del banco de pruebas se haya averiado.

Cabe recalcar que en el dinamómetro recuperado no se ha ocupado para analizar motores de inyección, por lo tanto, se ha pensado en hacer adecuaciones para las pruebas respectivas.

En este proyecto se describirá la manera de reacondicionamiento el dinamómetro, la forma de alinear el motor a ser probado, la actualización del equipo al ser digitalizado para finalmente explicar el mantenimiento adecuado al dinamómetro para que su vida útil sea prolongada.

1.2. Planteamiento del problema

Una de las pruebas comunes que se le realiza a un motor de combustión interna es cuando se aplica una carga al motor, para entender el comportamiento del consumo, su torque máximo y por ende la potencia del mismo, de este modo se realiza un diagnóstico del funcionamiento de dicho motor, así mismo el conocer las curvas de torque y potencia de un motor, permite definir el desempeño máximo que se le puede exigir a un motor de combustión interna, y si se realizan dichas mediciones en un banco dinamométrico de corrientes parasitas, estas mediciones serán más precisas en el contexto de que se las realizan únicamente a la salida del motor. (Zamora & Terán, 2017)

En la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH no se puede obtener curvas de torque, potencia y consumo de combustible de manera práctica, debido a que el dinamómetro Marca

Borghi&Saveri FA200 el cual se encuentra instalado en el taller de Motores de Combustión Interna esta deshabilitado.

1.3. Justificación

En la actualidad el consumo de combustible de los motores de combustión interna (MCI) a partir de derivados del petróleo, tiene una vital importancia teniendo en cuenta el alto costo de estos, así como el progresivo agotamiento de las reservas. Desde otro punto de vista innumerables autores analizan y evalúan los aspectos relacionados con la contaminación atmosférica y específicamente la disminución de la capa de ozono provocada por los desechos de la combustión. (VSÓROV, 2002)

Los bancos de prueba de motores como el dinamómetro son usados en la medición de potencia y torque en el eje de salida del motor, evitando todas las pérdidas de potencia debida al sistema de transmisión de movimiento. (Perchan, 2014)

El presente trabajo técnico de titulación se lo realizara para que el estudiante de ingeniería realice pruebas en el dinamómetro que la ESPOCH posee en los talleres de Ingeniería Automotriz, con el fin de obtener las curvas características de torque, potencia y consumo específico de combustible de un motor de combustión interna mediante el reacondicionamiento y adaptación de equipos digitales a los analógicos que posee el banco dinamométrico MARCA BORGHI Y SAVERI MODELO FA 200 SP de la facultad de Mecánica.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Reacondicionar del dinamómetro BORGHI & SAVERI MODELO FA200 instalado en el taller de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH para la obtención de curvas de torque, potencia y consumo de combustible de manera digital.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Identificar todos los conceptos necesarios sobre el funcionamiento del dinamómetro de banco, investigando en manuales y pruebas anteriores para reconocer todos los sistemas que conforman el dinamómetro.
- Evaluar el estado físico actual del dinamómetro, mediante una inspección visual, para determinar las correcciones, adaptaciones y repuestos necesarios en el reacondicionamiento del banco de pruebas.

- Realizar el mantenimiento respectivo a los diferentes sistemas del dinamómetro siguiendo recomendaciones técnicas del fabricante para que se logren los resultados esperados al momento de realizar las pruebas.
- Obtener las curvas características de un motor de inyección electrónica montándolo en el dinamómetro y realizando las pruebas respectivas para comprobar el correcto desempeño del dinamómetro.
- Elaborar un manual de uso para el equipo reacondicionado y proporcionar las guías de prácticas correspondientes para que el estudiante pueda operar correctamente el equipo con el fin de evitar daños prematuros por el mal uso.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Dinamómetro de banco

Este equipo que sirve para realizar pruebas a motores de combustión interna ya sean tipo MEP (motor encendido provocado) o MEC (motor con encendido por compresión), e incluso motores eléctricos. (PAYRI y DESANTES, 2011)

El dinamómetro normalmente es usado para verificar las prestaciones de un motor, ya sea el torque o la potencia del mismo, existe una variedad de estos equipos a saber:

- Dinamómetro hidráulico
- Dinamómetro de corrientes parasitas
- Dinamómetros eléctricos de corriente directa (DC)

2.1.1. *Dinamómetro Hidráulico*

Este tipo de dinamómetro es también conocido como “freno de agua”, el funcionamiento de este dinamómetro se basa en una resistencia al movimiento ofrecida por el agua, está compuesto por el eje del motor acoplado al rotor del dinamómetro, que gira en una cubierta metálica, la cual contienen liquido en su interior, en esta parte se genera una fuerte acción centrífuga, la cual empuja el agua por diferentes cavidades a gran presión, este movimiento produce una fuerza de torsión resistente al sentido de movimiento del eje.

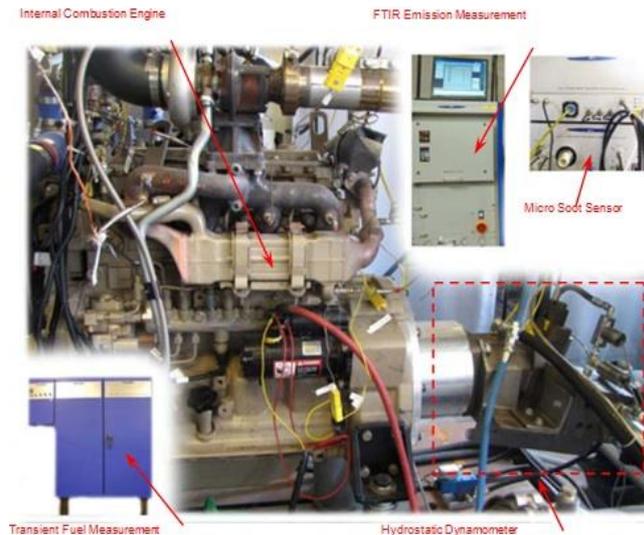


Figura 1-2: Dinamómetro Hidráulico

Fuente: (YU y SADIGHI, 2011)

2.1.2. *Dinamómetro de Corrientes parasitas*

Este tipo de dinamómetro consiste en uno o más discos de metal, que giran en un campo magnético, esto quiere decir que se basan en el principio de inducción electromagnética para desarrollar una fuerza capaz de frenar al motor y disipar la potencia. (RAMIREZ et al., 2014)

La máquina en funcionamiento hace que un disco gire y según va girando se producen corrientes parasitas que al reaccionar con un campo magnético genera un torque y entonces disipa energía en forma de calor al refrigerante. El freno producido se conoce como potencia de frenado (RANDLE, TRONCONI y PENDOLA, [sin fecha]), y se lo controla por la variación de corriente hacia las bobinas.

Al realizar una prueba, abre el acelerador esta llegar a completamente abierto, el dinamómetro producirá resistencia al motor a medida que suben los rpm. Para poder medir el par, esta resistencia debe ser capaz de mantener el motor a una velocidad constante, sin sobrecargarlo, y a medida que avanzan las rpms. Un sensor va leyendo el torque producido. En la Figura 2-2 se muestra las partes internas del sistema de discos de un dinamómetro de corrientes parásitas:

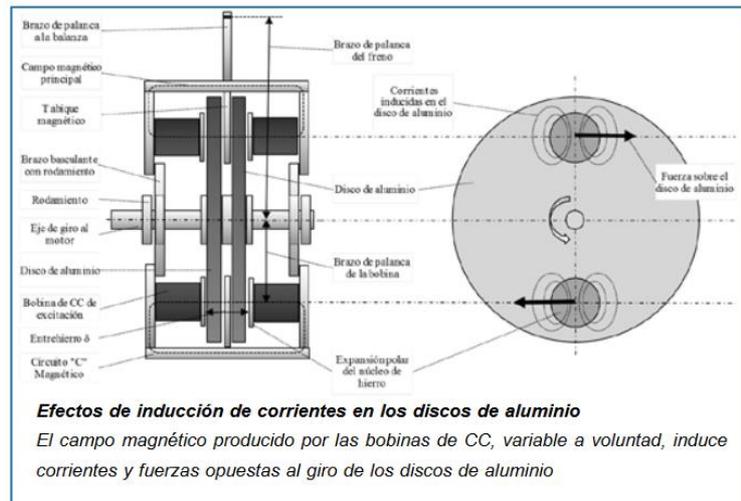


Figura 2-2: Componentes del freno

Fuente: (GALLO y GONELA, 2017)

Para establecer el nivel de carga que se le aplicara al motor, se envía voltaje de corriente directa a los terminales del dinamómetro, mientras más voltaje se envié, mayor será la resistencia al giro y por lo tanto se frenara con más fuerza al motor en prueba.

El principio bajo el cual funcionan este tipo de dinamómetros es el principio de corrientes de Foucault (corrientes parasitas también conocidas como corrientes torbellino), este es un fenómeno eléctrico descubierto por el físico francés Léon Foucault. El fenómeno se produce cuando un material conductor atraviesa un campo magnético variable, viceversa, este movimiento causa una circulación de electrones, o corrientes inducidas dentro del material conductor. Estas corrientes circulares de Foucault crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado. Cuanto más fuerte sea el campo magnético aplicado, o mayor la conductividad del conductor, o mayor la velocidad relativa de movimiento, mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opositores generados. Las corrientes de Foucault crean pérdidas de energía a través del efecto Joule. (Wiederick, H. Gauthier, D. Rochon, 1986)

2.1.3. *Dinamómetros eléctricos de corriente directa (DC)*

Son robustos, fáciles de controlar y capaces de funcionar en cuatro cuadrantes. Para realizar la medición de la velocidad se utiliza un tacómetro o dentado. Las desventajas de los dinamómetros de corriente directa incluyen una velocidad máxima limitada y alta inercia, que puede presentar problemas de vibración y tasas limitadas de cambio de velocidad. Debido a que contienen un conmutador. El control es casi universal por medio de un tiristor convertidor de poder. Un uso moderno de los dinamómetros de corriente directa se encuentra en los dinamómetros de chasis.

2.2. Dinamómetro Borghi & Saveri FA 200

Es un dinamómetro de corrientes parasitas de fabricación italiana con una potencia de 100 Kw. Cerca de 130 CV, que por un convenio de la EPOCH -ITALIA (208), es parte de la facultad de Mecánica. Este dinamómetro fue anteriormente rehabilitado y repotenciado.



Figura 3-2: Dinamómetro Borghi Saveri de la ESPOCH

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

En el presente trabajo técnico, utilizaremos este banco dinamométrico para obtener datos sobre el torque, consumo de combustible y potencia de un motor, previamente se realiza un reacondicionamiento de dicho dinamómetro, este equipo está diseñado para la realización de pruebas de motores de Diesel, Gasolina y motores eléctricos, para las pruebas de funcionamiento, se ocupará un motor de gasolina con inyección electrónica, el mismo que debe ser previamente adaptado y alineado al eje del dinamómetro. En la figura 4 se destacan las características de este tipo de dinamómetro.

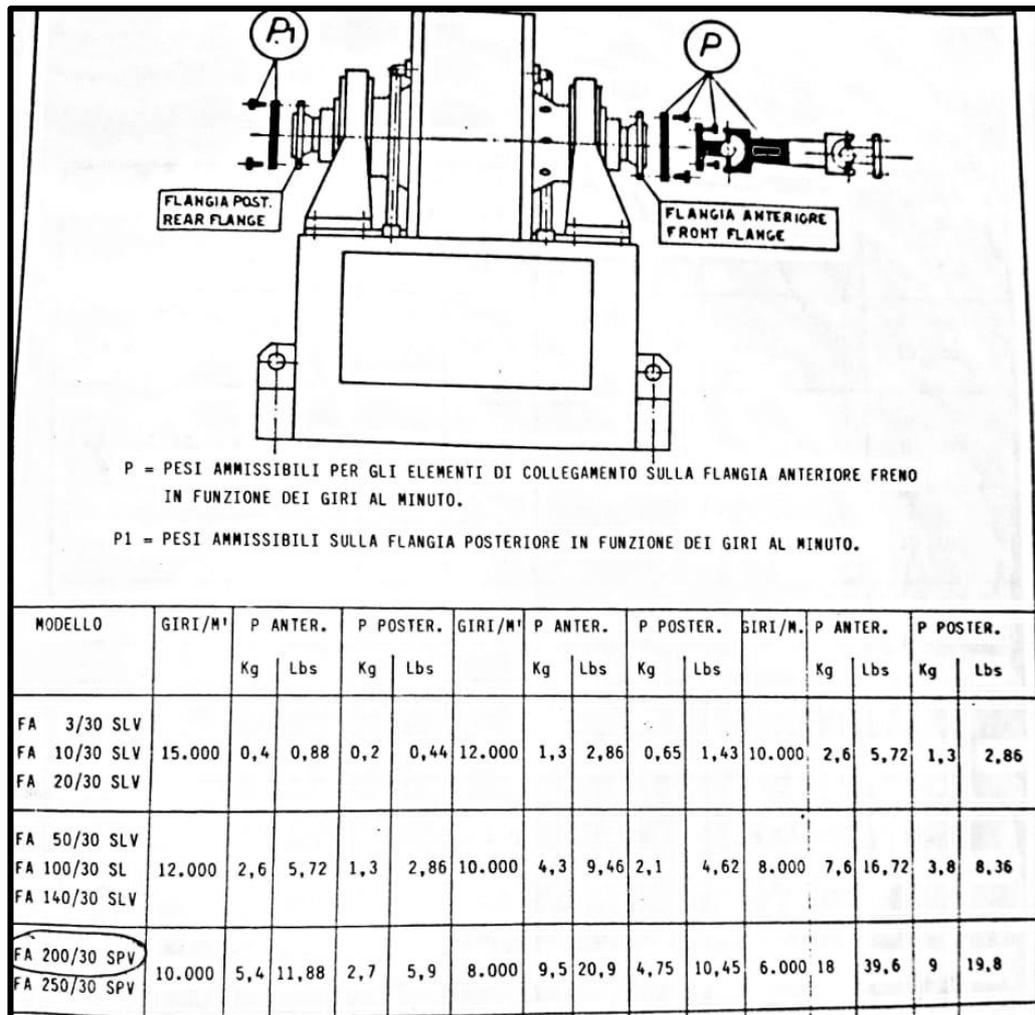


Figura 4-2: Ficha Técnica del Dinamómetro Borghi & Saveri fa 200

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

2.3. Sistemas del Dinamómetro Borghi & Saveri Fa 200

Los dinamómetros de corrientes parasitas para funcionar adecuadamente se componen de diferentes sistemas, los cuales son:

1. Sistema de Refrigeración
2. Sistema eléctrico
3. Sistema generador de carga
4. Sistema de acoplamiento
5. Sistema de Medida de consumo de combustible

2.3.1. Sistema de refrigeración:

Los dinamómetros de corrientes parasitas requieren una forma de refrigeración, pues su principio de funcionamiento produce que, por la oposición al giro, la potencia de freno desarrollada se convierte totalmente en calor, por lo cual es necesaria la refrigeración por agua. El agua ingresa del suministro local hacia unos cilindros enfriadores y suavizadores, dentro de los cuales el agua

recibe un tratamiento a base de sal en grano para así suavizar el agua, con este tratamiento se prepara el agua que ingrese al sistema de tal manera que no dañe, sino más bien alargue la vida útil de los sistemas por los cuales circula el agua, el agua ya tratada ingresa a una cisterna externa que es de donde se envía el agua hacia el dinamómetro con la ayuda de una bomba eléctrica. Terminado el ciclo de enfriamiento, el agua retorna a la cisterna externa (Martyr y Plint, 2012). También este líquido es utilizado para refrigerar el motor a prueba. En la figura 5 se puede apreciar la manera de circular del agua en el dinamómetro que se va a reacondicionar.

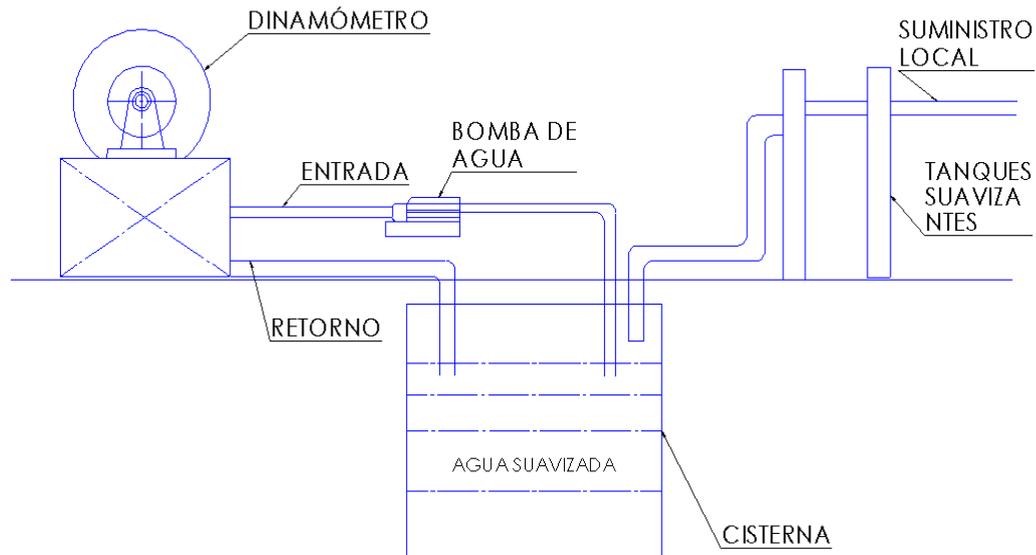


Figura 5-2: Sistema de Refrigeración del Dinamómetro

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

2.3.2. Sistema Eléctrico

El Dinamómetro Borghi & Saveri está alimentado por 220 V y una conexión a tierra por seguridad, que se ocupan para alimentar la caja de Potencia o realimentación y el panel de control, el panel de control envía las señales de los pulsadores y potenciómetros, para que a través de los respectivos circuitos de potencia, estas señales se amplifiquen o se reduzcan según sea el caso y se pueda activar el freno hidráulico y de esa manera generar las corrientes parasitas, en la figura 2-6 se muestra un esquema que describe este sistema. (RAMIREZ et al., 2014)

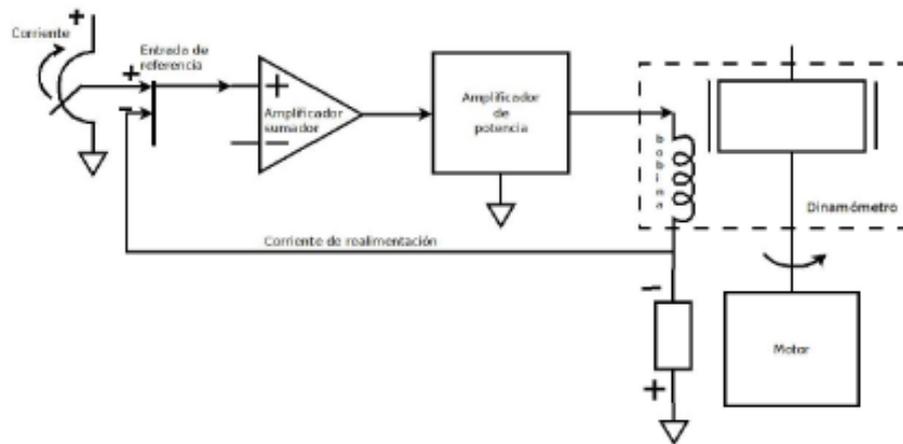


Figura 6-2: Esquema de control de Par de un dinamómetro de corrientes parásitas

Fuente: (RAMIREZ et al., 2014)

Este tipo de dinamómetro lleva conectores para los diferentes subsistemas, en la figura 7 se detallan algunos de los conectores asociados a la caja de realimentación

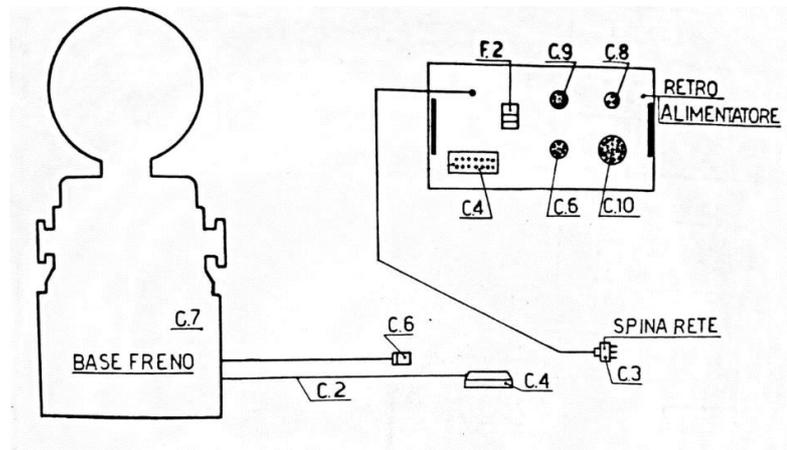


Figura 7-2: Instalación de conexiones eléctricas

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

Proceso de conexión según (BORGHI & SAVERI, [sin fecha]):

- 1) Antes de encender los paneles eléctricos y los motores, asegúrese de que el voltaje sea el correcto.
- 2) Es indispensable poner a tierra el freno
- 3) Conectar los conectores (C4) y (C6) que salen de la base del freno en los respectivos asientos (C4) y (C6) ubicados en la parte trasera de la fuente de alimentación
- 4) Poner el conector (C3) a la red de alimentación de 220 V. conexión a tierra es indispensable

- 5) Para conectar el control de freno desde una segunda estación de trabajo, use la entrada (C9) ubicada en la parte posterior de la fuente de alimentación
- 6) Para conectar cualquier programa de ciclo de trabajo, use la entrada (C10) en la parte posterior de la fuente de alimentación.

2.3.3. *Sistema generador de carga*

El dinamómetro ocupado en el presente proyecto tiene un sistema generador de carga, es decir un mecanismo capaz de medir la fuerza que se genera al momento de ejercer el freno dinamométrico, existen algunas maneras de medir esta fuerza, la una es por celda de carga y la otra es por balanza dinamométrica, siendo esta la aplicada en el dinamómetro Borghi Saveri fa 200.

2.3.3.1. *Balanza dinamométrica*

La balanza dinamométrica es el sistema que lleva incorporado el dinamómetro de corrientes parasitas que se acondicionan en el presente trabajo técnico, un brazo acoplado a la carcasa del dinamómetro se mueve a medida que el dinamómetro ejerce una fuerza contraria a la del giro del motor analizado, ese movimiento se mide con una Balanza dinamométrica de esfera circular, con doble brazo pendular, de capacidad máxima 50 kg. y división mínima 100 gr.

El cabezal es giratorio en 360° y está fijado sobre una base dinamométrica de chapa de acero; el cual está equipado con soportes de goma antivibración, para la absorción de las vibraciones transmitidas por el motor bajo prueba al reloj. Los brazos de palanca están alojados dentro de la base y están conectados a un amortiguador de aluminio para absorber las vibraciones.

La forma de calibración de medida se la puede realizar utilizando pesos preestablecidos y sujetarlos a la leva de control, con ello se podrá corroborar que los valores mostrados en la balanza son aproximados al peso real del elemento preestablecido, se debe recalcar que existe un error de medida de $\pm 2\%$ según (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

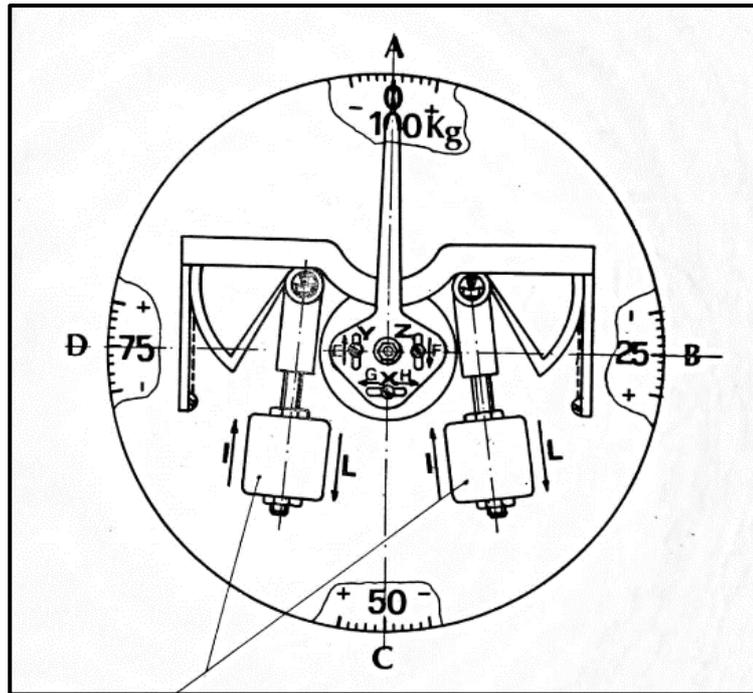


Figura 8-2: Esquema de la balanza dinamométrica

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])



Figura 9-2: Balanza dinamométrica

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Como se puede observar la unidad de medida de las cargas aplicadas está en kg, con la ayuda de fórmulas (1) y (2) se podrá obtener a partir de este dato los valores del Torque y Potencia del motor.

$$CV = P * \frac{N}{1000} \quad (1)$$

$$T = \frac{7.026 * CV}{N} \quad (2)$$

Donde:

N= revoluciones por minuto

P= Valor de la carga expresado en kg

CV= caballos de vapor

T= torque en Nm

2.3.4. Sistema de acoplamiento:

El sistema de acoplamiento se basa en una brida comúnmente de un material flexible como el caucho que une el eje del motor a un cardan que está conectado al dinamómetro, el fin de esta brida es que se puedan absorber la mayor cantidad de vibraciones, y que por lo tanto se alcance más regímenes de giro sin correr riesgos de rotura. (CHANCUSIG y JAITIA, 2013)

El eje debe tener una carcasa de protección en caso de desacople no intencionado para evitar cualquier accidente, en la figura 10 y 11 se puede apreciar el cardan y la carcasa protectora respectivamente.

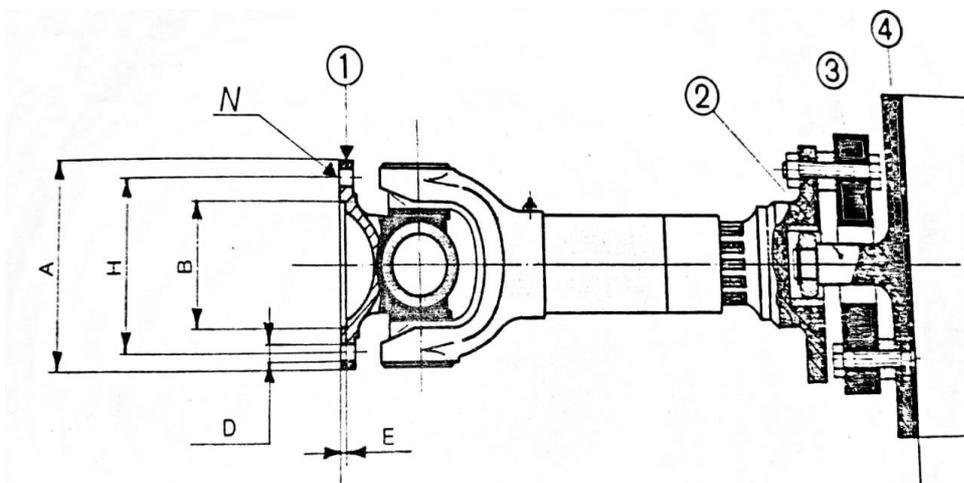


Figura 10-2: Cardan de unión

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

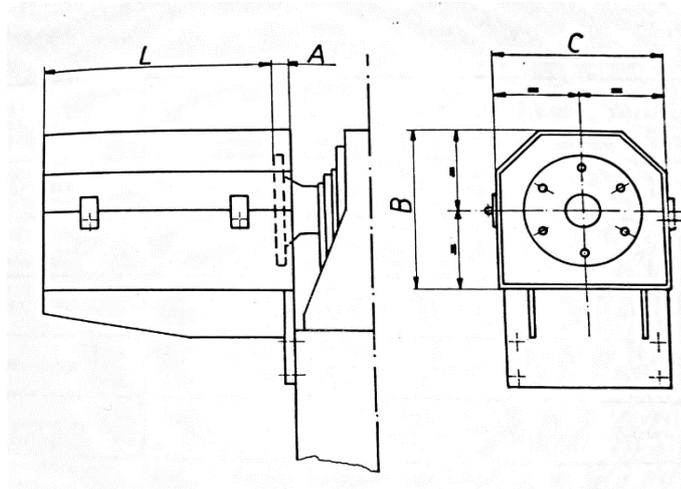


Figura 11-2: Carcasa protectora

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

2.3.5. Sistema de Bancada

Antes de que se instale cualquier motor para ser probado, primero se debe alinear correctamente la bancada según las especificaciones del fabricante.

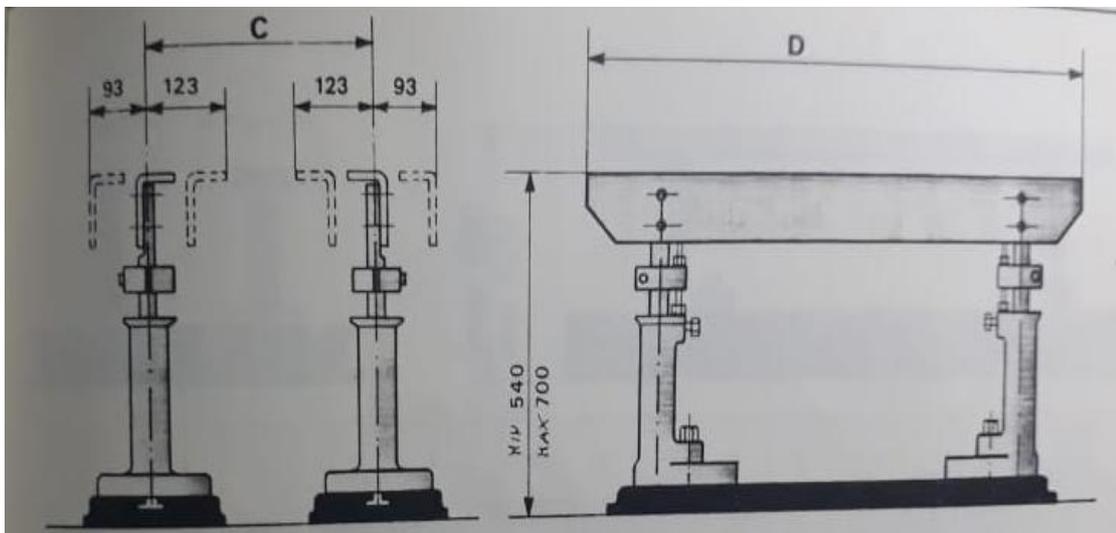


Figura 12-2: Medidas de la bancada

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

Banco regulable para motores de gasolina y diésel, compuesto por:

- Dos placas de hierro fundido cepillado con ranura central fresada.

- Cuatro balaustres de hierro fundido con pasador de acero rectificado ajustable completo con abrazadera para ajustar y fijar el pasador.
- Dos largueros de acero en forma de L para alojar los distintos tipos de motores sometidos a prueba.
- Capacidad alrededor de 1300 kg.

Tabla 1-2: Distancias a las que se debe colocar el banco dependiendo del tipo de motor

TIPO	A	B	C	D	USAR
U110	220	310	450	1100	Motores MEP
U140	500	700	730	1400	Motores MEC

Fuente: (BORGHI & SAVERI, [sin fecha])

2.3.6. *Sistema de Medida de consumo de combustible*

Comúnmente un dinamómetro cuenta con un sistema de medición de consumo de combustible para lo cual se emplea diferentes sistemas, ya sea de manera gravitatoria o con la implementación de caudalímetros o flujómetros, en el dinamómetro de estudio originalmente está diseñado para medición gravimétrica.

2.4. Motores de Inyección Electrónica

Según (Parera) menciona que los sistemas de inyección de gasolina pretenden conseguir una dosificación del combustible lo más ajustada posible a las condiciones de marcha y estado del motor a cambio de una mayor complejidad de los componentes del motor de manera que aceptable con los sistemas de mando electrónico.

Todos los sistemas actuales efectúan la inyección del combustible en el colector de admisión, delante de la válvula de admisión; en la mayoría de los casos mediante unos inyectores de mando electrónico que en su apertura presentan siempre la misma sección de paso y, gracias a la forma del agujero de salida, pulverizan finamente el combustible, creando una buena emulsión con el aire.

Un microprocesador, que llamaremos módulo electrónico, controla el tiempo de apertura de los inyectores en función de los datos que recibe de los diferentes captadores periféricos del sistema.

Es de gran importancia que la presión del combustible en los inyectores sea constante, sin fluctuaciones, pues la cantidad de combustible inyectado solo debe depender del tiempo de apertura de los inyectores, este parámetro es fácilmente controlable por el módulo electrónico.

El tiempo de apertura de los inyectores lo determina el módulo electrónico en función del número de revoluciones por minuto del motor y de las condiciones de aire aspirado. En unos sistemas se

mide su caudal, en otros se mide supresión. estos dos parámetros determinan una señal denominada base, que es modificada mediante la integración computada de las señales generadas por periféricos. estos cuantifican en forma de señales eléctricas que puedan ser computada, la temperatura del motor la tensión de la batería, las condiciones del aire de admisión, las situaciones de la válvula de mariposa, o la composición de los gases de escape en los sistemas que utilizan la sonda "Lambda".

Exceptuando los sistemas de inyección continua e inyector único. El momento de inicio de la inyección lo determina el paso del pistón por el punto muerto superior en el primer cilindro; son variados los sistemas para generar esta señal que, procesada por el módulo electrónico, permite que este módulo calcule el momento en que debe ser excitada la bobina de cada inyector.

Entre las comparaciones de los sistemas de inyección con otros sistemas tenemos que, en los sistemas de inyección de gasolina, la inyección del combustible se efectúa durante la carrera de admisión, en el colector frente a las válvulas, a presión comprendida entre los: 5 y 4 Kg/cm². Los motores Diesel inyección se efectúa casi al final de la carrera de compresión, en la cámara de combustión, a presiones de 100 a 250 Kg/cm².

En los motores con carburador, el aire debe arrastrar el combustible, por depresión, a través de conductos calibrados. Esto genera efecto de inercia por la diferencia densidad y rozamiento del aire y de la gasolina, que dificultan la elaboración correcta de las mezclas. en los sistemas de inyección, estos efectos no tienen lugar porque la cantidad de combustible inyectado no depende directamente de la depresión creada en el conducto de aspiración.

Los sistemas de inyección ahorran combustible porque solo inyectan lo estrictamente necesario para el correcto funcionamiento del motor en cualquier régimen de giro, y permiten diseñar convenientemente los conductos bien misión para aumentar su rendimiento indicado, su rendimiento volumétrico y su potencia. Con ello el caudal del aire aspirado no depende del diámetro del difusor, ni es necesario caldear el colector para evitar la condensación o favorecer la homogeneidad de la mezcla, como ocurre en los motores con carburador. Con los sistemas de inyección, los conductos de admisión están más fríos y por ello se absorbe mayor caudal de aire.

Como contrapartida a las mencionadas ventajas, los sistemas de inyección presentan la desventaja de que son más caros porque en su fabricación se utilizan componentes de precisión mecánicos y electrónicos.

En la presente investigación se comprobará el funcionamiento del dinamómetro obteniendo curvas de un motor CI del cual los datos técnicos se describen a continuación:

Tabla 2-2: Datos Técnicos de motor

Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo
Motor	1.6 l 16V (106 CV)
Potencia máxima	106 CV@ 5800 rpm.
Par máximo	145 Nm@3600 rpm.
Numero de cilindros	4
Distribución	DOHC
Combustible	Gasolina

Fuente:(Auto-Data.net, 2010)

2.4.1. *Sensor CKP*

El sensor de posición del cigüeñal, también conocido como CKP por sus siglas en inglés (Crankshaft Position Sensor), es el encargado de transformar la velocidad de giro del cigüeñal en una señal, la cual establece una conexión directa con la computadora del vehículo (ECU), responsable de proporcionar una sincronización exacta para el salto de la chispa y admisión del combustible en el motor. El sensor se encuentra delimitado a un costado de la polea del cigüeñal, una vez que los dientes de la polea atraviesan su frente se va estructurando la señal. (KURNIA, 2017)

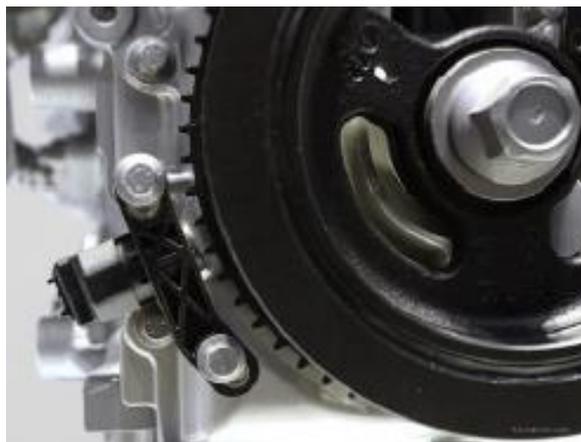


Figura 13-2: Ubicación del sensor CKP

Fuente: (KURNIA, 2017)

2.4.2. *Sensor CMP:*



Figura 14-2: Sensor CMP Aveo Family

Fuente: (García, 2019)

Este sensor tiene la función de informar la posición del pistón del cilindro número 1 en la fase de compresión, trabaja juntamente con el sensor CKP, esta con esta información se determina el tiempo de inyección y de encendido en el cilindro correspondiente. El sensor de posición del eje de levas CMP por sus siglas en inglés Camshaft Position Sensor, se lo puede encontrar a la altura del árbol de levas. La ECU utiliza esta información para: Determinar la secuencia adecuada de inyección y determinar la secuencia adecuada de encendido.

Este tipo de sensor presenta una señal del tipo cuadrada, es decir que por cada revolución que cumple el motor, habrá un pulso de voltaje de 5 voltios y el tiempo que este pulso permanezca activo dependerá del número de revoluciones a las que se somete al motor.

2.4.3. *Sensor TPS*

El sensor de posición del acelerador (TPS), figura 15-2, es un potenciómetro. Hay tres cables conectados al TPS: uno de referencia, de 5.0 voltios, uno de tierra, y uno de señal. A medida que se abre el acelerador, el voltaje de la señal se incrementará proporcionalmente desde un valor bajo de aproximadamente 0.5 voltios aun valor alto de más de 4.0 voltios. (REYES y GUALOTUÑA, 2019)

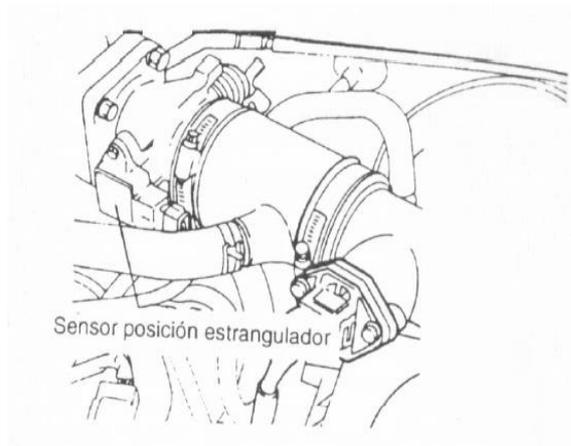


Figura 15-2: Ubicación del sensor TPS

Fuente: (REYES y GUALOTUÑA, 2019)

2.4.4. *Sensor ECT*

El sensor de temperatura del motor es un termistor con coeficiente negativo de temperatura, es decir, que a medida que aumenta la temperatura del motor la resistencia del termistor disminuye. Este sensor va instalado en el paso del refrigerante del motor.

El ECM, determina la temperatura del refrigerante del motor mediante el voltaje de salida del sensor y provee un enriquecimiento óptimo de la relación aire combustible cuando el motor se encuentra frío. (REYES y GUALOTUÑA, 2019)



Figura 16-2: Sensor ECT

Fuente: (REYES y GUALOTUÑA, 2019)

2.5. Consumo específico de combustible

El consumo específico es un dato característico del motor mas no del vehículo, este nos indica los gramos de combustible que es necesario gastar cada hora por caballo de potencia desarrollado. Se mide en un banco de pruebas, como puede ser el dinamómetro de motor donde podemos obtener los rendimientos termodinámicos del motor a distintos regímenes o también se podría decir que el consumo específico del combustible determina cuanto combustible se está gastando frente a cuanta potencia se recibe.

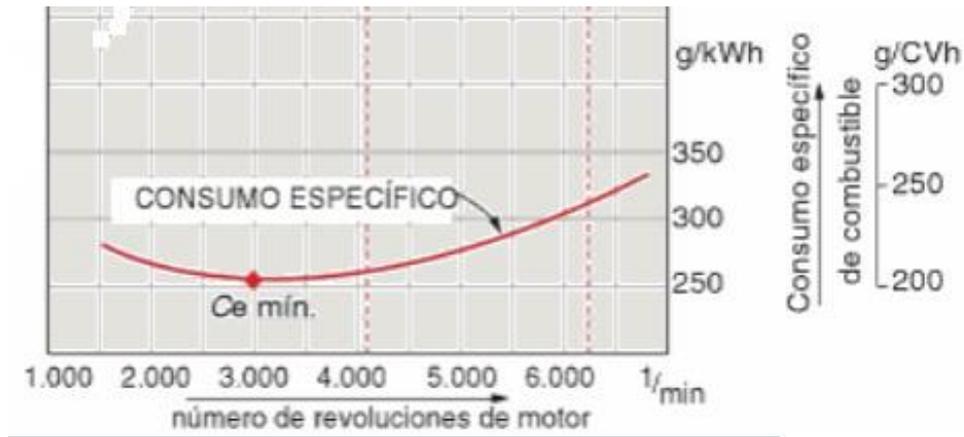


Figura 17-2: Curva característica de consumo específico de combustible

Fuente: (Marruedo, 2016)

La fórmula utilizada para el consumo específico de combustible es la siguiente:

$$g_{ef} = \frac{3600 \cdot V_c \cdot \rho_c}{t \cdot N} \quad (3)$$

Donde:

g_{ef} : Consumo específico de combustible

V_c : Volumen de combustible consumidos (cm^3)

ρ_c : Densidad del combustible (gasolina)

t : tiempo que ha transcurrido (segundos)

N : Potencia efectiva (caballos vapor)

2.6. Digitalización de señales

La digitalización de señales se basa en la conversión de señales analógicas a digitales con el fin de que estas señales sean más comprensibles y “limpias”, para posteriormente procesarlas para reutilización, amplificación o visualización, este proceso según (GOMEZ, 2012) son:

- **Muestreo:** donde se obtiene una serie de muestra a partir de una señal continua.
- **Retención:** Se retiene la señal de muestra.
- **Cuantificación:** se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras. Consiste en asignar un margen de valor de una señal analizada a un único nivel de salida. Incluso en su versión ideal, añade, como resultado, una señal indeseada a la señal de entrada: el ruido de cuantificación.
- **Codificación:** Se cambia la señal análoga a una digital, o binaria para que un computador las pueda “entender” y la señal sea procesada de diferentes maneras según se requiera ya sea para visualizar señales, o adquirir datos para análisis. Para este fin se ocupan

elementos de Software y Hardware como pueden ser las tarjetas de adquisición de datos (DAQ), sensores, placas electrónicas, y programación en LabVIEW, Matlab, entre otros.

2.6.1. *Tarjeta DAQ 6009 USB*



Figura 18-2: Tarjeta DAQ 6009 USB

Fuente: (www.ni.com, 2020)

Es un dispositivo USB de E/S Multifunción, 8 AI (14 Bits, 48 kS/s), 2 AO (150 Hz), 13 DIO — El USB-6009 es un dispositivo DAQ multifunción de bajo costo. Ofrece E/S analógicas, E/S digitales y un contador de 32 bits. El USB-6009 brinda funcionalidad básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. El dispositivo tiene una cubierta mecánica ligera y es energizado por bus para fácil portabilidad. Puede conectar fácilmente sensores y señales al USB-6009 con conectividad de terminal de tornillo. El controlador NI-DAQmx y la utilidad de configuración incluidos simplifican la configuración y las medidas. (www.ni.com, 2020)

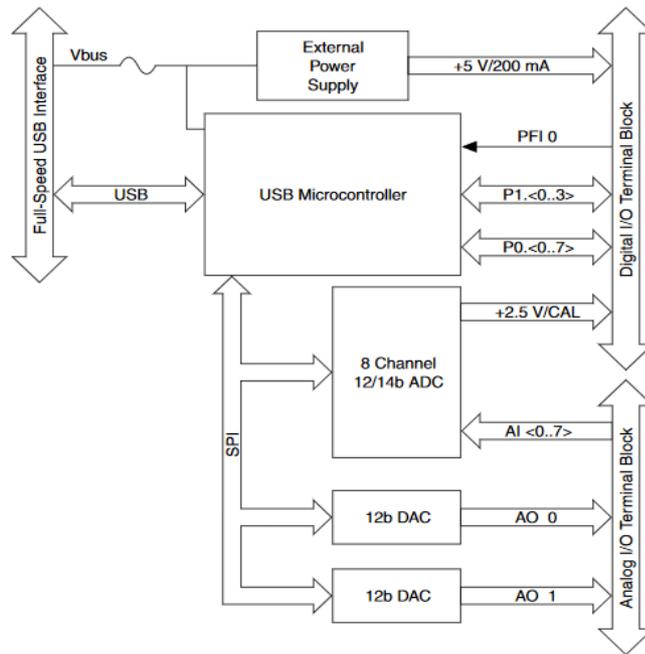


Figura 19-2: Diagrama de Bloques del NI USB 6009

Fuente: (Instruments, 2015)

2.6.2. *Arduino Nano*

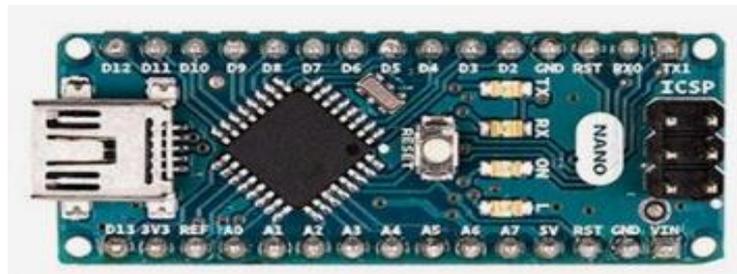
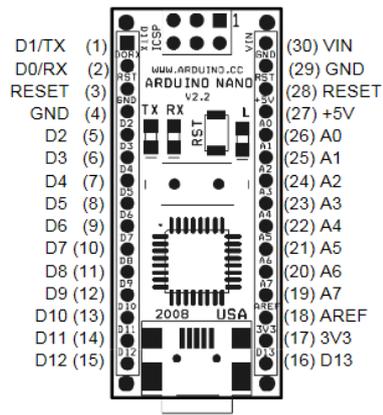


Figura 20-2: Placa Arduino Nano

Fuente: (Arduino.cc, [sin fecha])

Es una pequeña placa basada en el ATmega328(ArduinoNano3.0) que se usa conectándola a una Protoboard. Tiene funcionalidad similar al Arduino UNO, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar.



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Figura 21-2: Disposición de pines en Arduino Nano

Fuente: (Arduino.cc, [sin fecha])

2.6.3. Sensor DHT11:

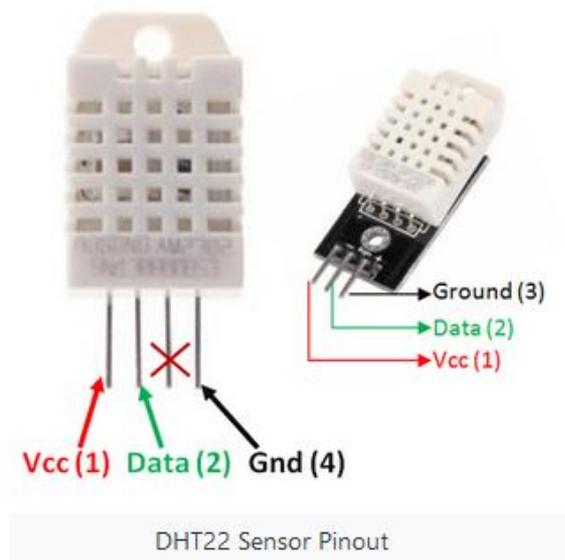


Figura 22-2: Disposición de pines Sensor DHT11

Fuente: (components101, 2018)

Este sensor cuenta con un sensor de temperatura y humedad complejo con una salida de señal digital calibrada. Mediante el uso de la exclusiva adquisición de señales digitales, garantiza una

alta confiabilidad y excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye una medición de humedad de tipo resistivo, un componente de medición de temperatura NTC, y se conecta a un microcontrolador de rendimiento de 8 bits, que ofrece excelente calidad y respuesta rápida.

Para la aplicación en el presente trabajo, se instalará este sensor que facilitará una visión amplia sobre las condiciones ambientales a las que se está trabajando

2.6.4. Sonda de Temperatura DS18B20:



Figura 23-2: Sonda DS18B20

Fuente: (Aprendiendo Arduino, [sin fecha])

Proporciona mediciones de temperatura Celsius de 9 bits a 12 bits y tiene una función de alarma con puntos de activación superior e inferior no volátiles programables por el usuario. El DS18B20 se comunica a través de un bus de 1 cable que, por definición, requiere solo una línea de datos (y tierra) para comunicarse con un microprocesador central. Además, el DS18B20 puede derivar energía directamente de la línea de datos ("energía parásita"), eliminando la necesidad de una fuente de alimentación externa. Cada DS18B20 tiene un código de serie único de 64 bits, que permite que varios DS18B20 funcionen en el mismo bus de 1 cable. Por lo tanto, es simple usar un microprocesador para controlar muchos DS18B20 distribuidos en un área grande. Las aplicaciones que pueden beneficiarse de esta característica incluyen controles ambientales de HVAC, sistemas de monitoreo de temperatura dentro de edificios, equipos o maquinaria, y sistemas de control y monitoreo de procesos. (Maxim Integrated, 2019)

2.6.5. Fuente de voltaje



Figura 24-2: Fuente de voltaje

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Esta fuente de alimentación de Corriente Continua se ajusta de 0V-30V y 0A-5A. La pantalla LED de 4 dígitos permite una precisión de la fuente de alimentación de 0,01 V y 0,001 A. Esta fuente de alimentación de conmutación de CC es liviana, de pequeño volumen y tiene una alta eficiencia y estabilidad que es mucho mejor que la fuente de alimentación lineal. Seguridad de la fuente de alimentación 4 protecciones integrada.

Para el motor a ser probado se requiere de 10.5 Vcc máximo para una prueba de Potencia, mientras que para una prueba de obtención de torque se requiere 14.4 Vcc. Estos valores varían dependiendo del motor a ser probado.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

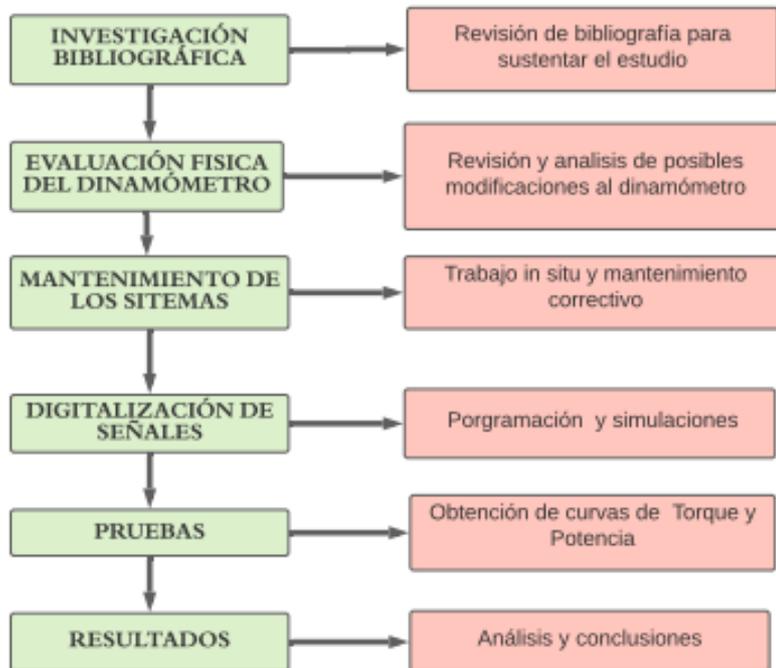


Figura 1-3: Etapas del proyecto

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.2. Metodología de Investigación Para Realizar

En el presente trabajo de titulación se tomará en cuenta la metodología de tipo cuantitativo, pues se seguirá un orden en los procesos para posterior al reacondicionamiento cuantificar datos para obtener los resultados propuestos en los objetivos, Se aplica la lógica **inductivo - deductivo**. De lo general a lo particular (de las leyes y teoría a los datos).

Además, se sujetó a la siguiente metodología investigativa:

- **Método Analítico – Sintético:** Se realiza un análisis del dinamómetro mediante la descomposición de este en sus sistemas para estudiarlos de manera individual y posteriormente integrarlo para estudiarlo de manera general de esta manera identificar las posibles falencias.

- **Biográfica – Documental:** En esta investigación se profundiza cada tema con la investigación en diferentes recursos bibliográficos como libros, revistas, artículos científicos, internet, videos y demás recursos que facilitaron la sustentación del tema tratado.
- **Experimental:** Al tratarse de un proyecto del tipo técnico, conlleva a que se experimente con diferentes variables de carácter físico, a fin de encontrar señales, digitalizarlas y a través de experimentos validar los datos obtenidos y corroborar que el dinamómetro queda en condiciones adecuadas.
- **Descriptiva:** Se realizará una descripción de los procesos que se llevan a cabo en el reacondicionamiento, iniciando por las condiciones en las que se encuentra el dinamómetro, la verificación de funcionamiento de sistemas, el mantenimiento de los sistemas, la digitalización y finalmente comprobar con la obtención de curvas características.
- **De campo:** Se acude de manera reiterada al taller de Ingeniería Automotriz (ESPOCH) para realizar trabajos de campo, también tomas de señales para la posterior digitalización, entre otros, por lo tanto, el trabajo es netamente de campo.
- **Población y muestra:** En este trabajo de investigación no se requiere de una población o muestra.
- **Procesamiento y análisis de datos:** Se utiliza herramientas de software para realizar la programación de las señales análogas y pasarlas a digitales, en este caso se tomará variables físicas como es la carga ejercida sobre el eje, los rpm, y el consumo de combustible, para posteriormente procesarlas y con la ayuda de algoritmos y arreglos estas variables físicas entren a un convertidor de señal y poderlos visualizar en una interfaz gráfica.

La metodología de la investigación se escogió basándose en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Matriz Metodológica

OBJETIVO	PREGUNTA	METODOL OGÍA	TÉCNICA	HERRAMIE NTA
Identificar todos los conceptos necesarios sobre el funcionamiento del dinamómetro de banco, investigando en manuales y pruebas anteriores para reconocer todos los sistemas que conforman el dinamómetro.	¿Qué es y para qué sirve un dinamómetro de banco? ¿Cuál es el principio de funcionamiento de las corrientes parásitas?	Inductiva - deductivo Bibliográfica - documental	Buscar en libros, artículos científicos, videos, etc	-Biblioteca virtual ESPOCH -Internet
Evaluar el estado físico actual del dinamómetro, mediante una inspección visual, para determinar las correcciones, adaptaciones y repuestos necesarios en el reacondicionamiento del banco de pruebas.	¿Cuál es el estado actual del Dinamómetro? ¿Qué sistemas requieren mantenimiento?	Analítico- Sintético	-Inspección visual -Identificar los sistemas que conforman el dinamómetro	-Manual del Dinamómetro
Realizar el mantenimiento respectivo a los diferentes sistemas del dinamómetro siguiendo recomendaciones técnicas del fabricante para que se logren los resultados esperados al momento de realizar las pruebas	¿Cuáles son las especificaciones del fabricante para el mantenimiento? ¿Qué elementos requieren de reemplazo?	Analítico- Sintético	Experimental -De campo -Medición de voltajes -Calibración de medidores -Calibración de sensores	-Multímetro -Osciloscopio -Herramientas de taller
Obtener las curvas características de un motor de inyección	¿Qué tipo de señales se deben		-Experimental -De campo	-Software de programación

<p>electrónica montándolo en el dinamómetro y realizando las pruebas respectivas para comprobar el correcto desempeño del dinamómetro.</p>	<p>digitalizar y cómo hacerlo?</p> <p>¿Cuál es el procedimiento adecuado para probar un motor en el dinamómetro?</p>	<p>-Analítico- Sintético</p> <p>-Descriptiva</p>		<p>-Máquinas y herramientas -Osciloscopio</p>
--	--	--	--	---

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.3. Cronograma de actividades

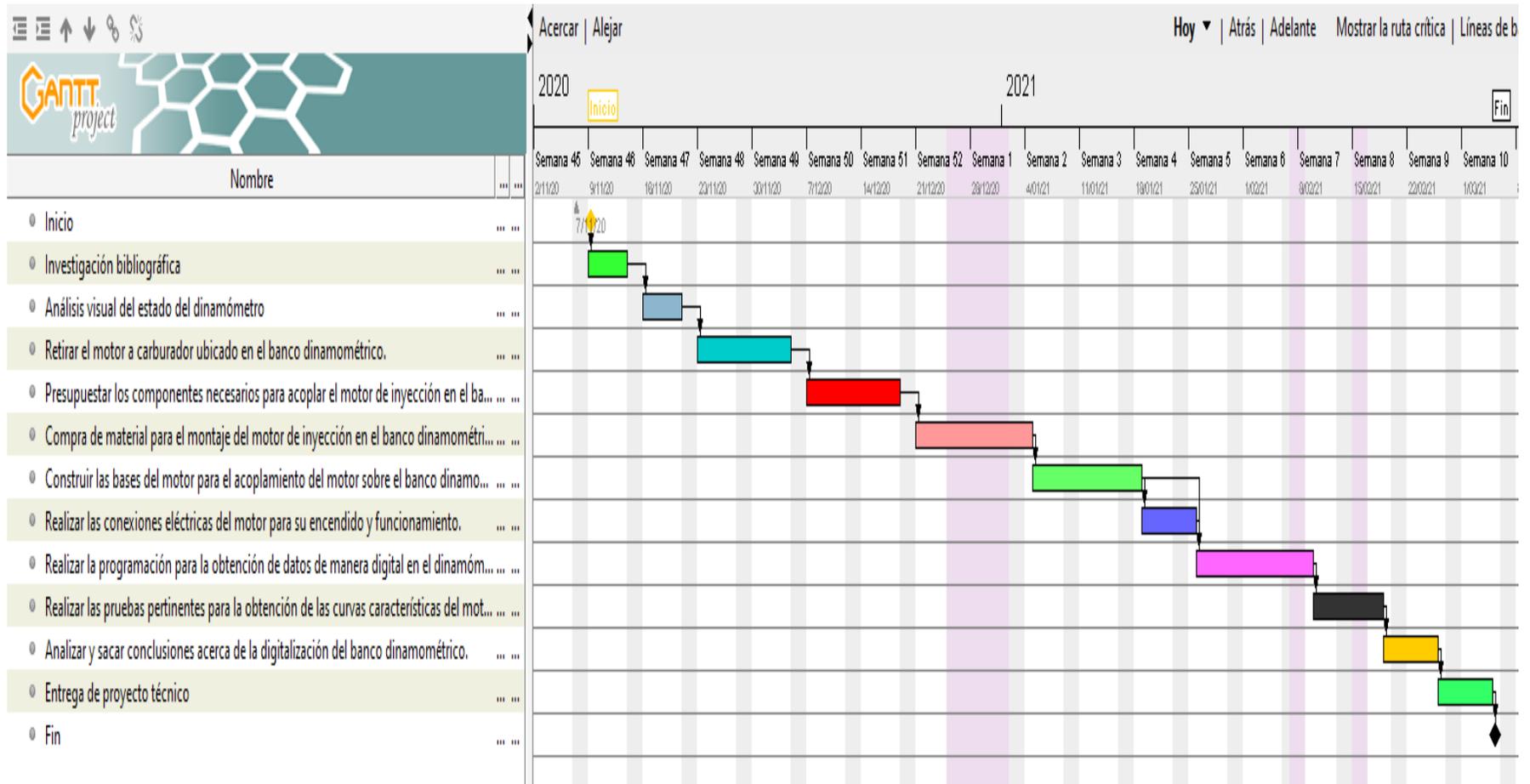


Figura 2-3: Diagrama de Gantt del cronograma de actividades

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.4. Recursos y Materiales

3.4.1. *Materiales*

- Combustible (extra)
- Pintura
- Lijas
- Cinta aislante
- Platinas de hierro
- Cable de conexión blindado
- Elementos electrónicos
- Electrodo
- Pistolas de pintura

3.4.2. *Equipos*

Tabla 2-3: Listado de equipos utilizados

Nombre	Descripción
Manual de instalación y funcionamiento	Se encuentra en idioma italiano
Dinamómetro Borghi & Saveri	potencia de 100 Kw. Cerca de 130 CV
Suelda eléctrica	220V
Multímetro Digital	
Osciloscopio Automotriz	
Motor de inyección electrónica	Aveo 1.6 L
Tarjeta de adquisición de datos	DAQ 6009 Ni (National Instruments)
Fuente de voltaje	12 V, 30 A
Sensor de temperatura	
Sensor de humedad	DHT 11 Temperatura y Humedad
electroválvula	12 V
Computador portátil	HP, I3 WINDOWS 10 HOME 64
Software de programación	LABVIEW
Compresor de aire	15 gal
Taladro	
Sensor de carga HX711	50 kg de capacidad
Tarjeta Arduino	Nano
amoladora	

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.4.3. *Recursos Humanos*

<ul style="list-style-type: none"> • Los autores del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Carlos Fabian Asqui Calero • Iván Patricio Cusanguá Arevalo
<ul style="list-style-type: none"> • Tutor del proyecto • asesor de proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Ing. Paul Montufar • Ing. Rodrigo Moreno
<ul style="list-style-type: none"> • Cooperación de compañero de Ingeniería Industrial con la digitalización 	<ul style="list-style-type: none"> • David Muñoz

3.4.4. *Recursos Económicos*

Gastos directos	Presupuesto \$	Observaciones
Sensores	\$60	Humedad, Temperatura, carga
Brida de acople	\$100	Precio de maquinado
Plato de inercia	\$150	Buscar en el mercado nacional de autopartes o en su defecto mandarla a fabricar.
Bujes	\$80	Se necesitarán aproximadamente 10 bujes para atenuar las vibraciones emitidas por el motor.
Implementos necesarios para el acoplamiento del motor al dinamómetro	\$200	
Herramientas y máquinas de trabajo	\$200	Compra de amoladora, alquiler de suelda de arco eléctrica, alquiler de taladro y compresor
Accesorios para máquinas	\$100	

Cableado de la instalación del motor a acoplar al dinamómetro	\$60	
Pernos, tuercas y arandelas para el acoplamiento del motor al banco dinamométrico	\$100	
Platinas para bases del motor	\$100	
Total	\$1150	

Gastos indirectos	Presupuesto \$	Observaciones
Alimentación	\$500	
Movilización	\$200	Viajes de Tulcán a las instalaciones de la ESPOCH, movilización dentro de la ciudad de Riobamba
Arriendo (4 meses)	\$300	
Total	\$1000	

Total, de gastos	
Gastos directos	\$1150
Gastos indirectos	\$1000
Total	\$2150

3.5. Desarrollo del proyecto

3.5.1. *Revisión Bibliográfica*

En esta sección se procedió a buscar toda la información posible que tenga relación con el Dinamómetro de corrientes parasitas, dando como resultado la obtención del manual original de

dinamómetro Borghi &Saveri donde se dan las características principales del dinamómetro, la manera de calibrar la balanza dinamométrica, etc.

Con este manual se puede identificar las partes del dinamómetro y su función para lo cual fue fabricado. También se encuentran tesis anteriores que aportan con conocimientos para la obtención de los objetivos planteados.

3.5.2. *Inspección de bancada*

En la inspección de la bancada, se visualizó que se encuentra en un 80 % en estado bueno, sin embargo, la capa de pintura protectora ya está deteriorada, también para que una prueba de banco sea satisfactoria y segura se debe evitar a toda costa las vibraciones, ya sea del dinamómetro como del motor.

Una característica de la bancada del dinamómetro Borghi & Saveri es que se puede variar su altura, es movable de manera horizontal y vertical, los mecanismos mencionados están en buenas condiciones únicamente requieren un poco de lubricación y limpieza de suciedades.



Figura 3-3: Estado de la bancada originalmente

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.3. *Inspección de sistema eléctrico*

En cuanto a este sistema se realiza una inspección visual donde se aprecia que las instalaciones eléctricas han sido inhabilitadas, también se puede apreciar cables del panel de control que han sido desconectados por razones desconocidas.

Este panel originalmente es el encargado de controlar los voltajes que comandan a las bobinas del estator del dinamómetro. Se revisa los potenciómetros y las placas electrónicas que controlan el dinamómetro y se halla que la fuente de voltaje que alimenta al dinamómetro esta con voltajes muy variables, se recalientan las placas controladoras y no manda un voltaje regulado hacia el bobinado.

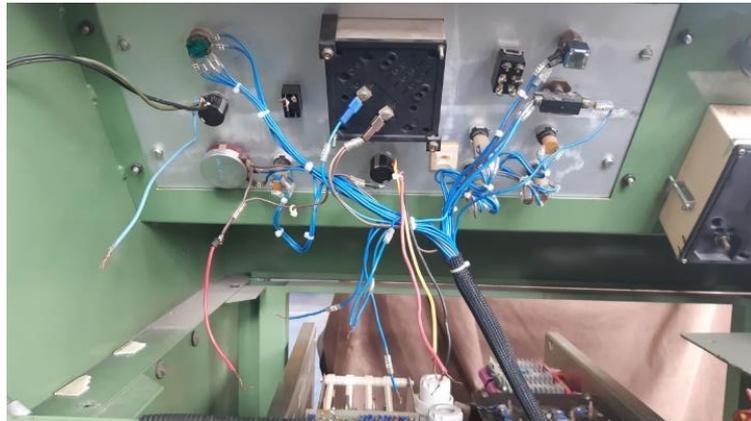


Figura 4-3: Estado inicial del sistema eléctrico

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 5-3: Estado inicial del sistema eléctrico

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.4. *Inspección de sistema de refrigeración*

El sistema de refrigeración está en funcionamiento se revisan las conexiones de agua tanto del dinamómetro como el sistema de alimentación al motor, se encuentran rastros de corrosión en los conductos que se encargan del desfogue de agua, las cuales se removerán y se planea aplicar una capa de pintura anticorrosión para frenar este efecto dañino.



Figura 6-3: Estado original de conductos de desfogue de agua

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.5. *Inspección de sistema de medida de combustible*

Este sistema funciona por gravedad, el combustible ingresa al carburador, partiendo de un tanque, pasa por una serie de válvulas y una pipeta, para terminar en el motor, este sistema está ya obsoleto, pues no sería práctico para el motor de combustión interna a inyección que será probado en el banco dinamométrico, por lo cual será necesario adaptar un sistema que se acople al funcionamiento del motor.



Figura 7-3: Estado original del sistema de medición de combustible

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.6. *Inspección de balanza dinamométrica*

El dinamómetro para reacondicionar tiene un sistema de medición de carga que funciona a base de una balanza, que fue descrita en el punto 2.3.3. El estado físico de esta balanza es bueno, sin embargo, se debe implementar un sistema moderno que facilite la lectura de la carga de manera digital.

En anteriores trabajos se adaptó un sensor del tipo SHARP (BALLADARES SAETEROS, 2016), el mismo que tiene problemas de precisión al momento de tomar muestras de carga pequeñas, por lo tanto se analizará una forma más precisa de tomar estas medidas, la nueva adaptación se detalla en el punto 3.5.11



Figura 8-3: Inspección de balanza dinamométrica

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.7. *Inspección de Bomba de Agua*



Figura 9-3: Bomba de agua

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

La bomba de agua cumple la función de enviar el agua de refrigeración al interior del dinamómetro y provee de agua al reservorio de agua que refrigera al motor.

Se puede apreciar que está en buen estado, mecánico y eléctrico, únicamente se procede a realizar una limpieza de esta.

3.5.8. *Inspección de tanques suavizadores de agua*

La función de estos tanques es filtrar y suavizar el agua que ingresa del suministro local para almacenarlo en una cisterna externa, el agua de este reservorio es utilizada para la refrigeración del dinamómetro y del motor a ser probado, estos tanques están en buen estado, requieren únicamente una limpieza externa, además si están cumpliendo con su función.



Figura 10-3: Tanques suavizadores de agua

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.9. *Alineación de bancada*

Se debe alinear la bancada según lo indicado por el fabricante, se lo realiza con la ayuda de herramientas como un flexómetro, un gato hidráulico y un nivel de burbuja, como se muestra a continuación.



Figura 11-3. Uso del gato hidráulico para regular bancada

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Con esta herramienta se puede subir alguno de los extremos que este muy abajo, o también puede ayudar a nivelar la bancada en caso de que el suelo donde se apoya no sea uniforme.

Con el nivel de burbuja se verifica que ambos extremos de la bancada sean uniformes, ya obtenida una correcta nivelación, se procede a ajustar los pernos y pasadores para continuar con el montaje del motor.



Figura 12-3: Verificar nivelación de bancada

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.10. *Acoplamiento a la junta de transmisión*

Puesto que se montará un nuevo motor para las pruebas del dinamómetro, es necesario diseñar un sistema de acople entre el rotor del dinamómetro y el motor.

Se utiliza un cardan para transmitir el movimiento entre el dinamómetro y el motor, a continuación, se describe la manera que se modificó este sistema.

3.5.10.1. Construcción de espaciador

Se construyó un espaciador para separar el volante de inercia de la brida de acople, esto permitirá reducir vibraciones y asegurar de mejor manera el cardán al volante de inercia, a continuación, se muestra el espaciador construido en la fase de diseño, que posteriormente se mandó a fabricar en un torno.

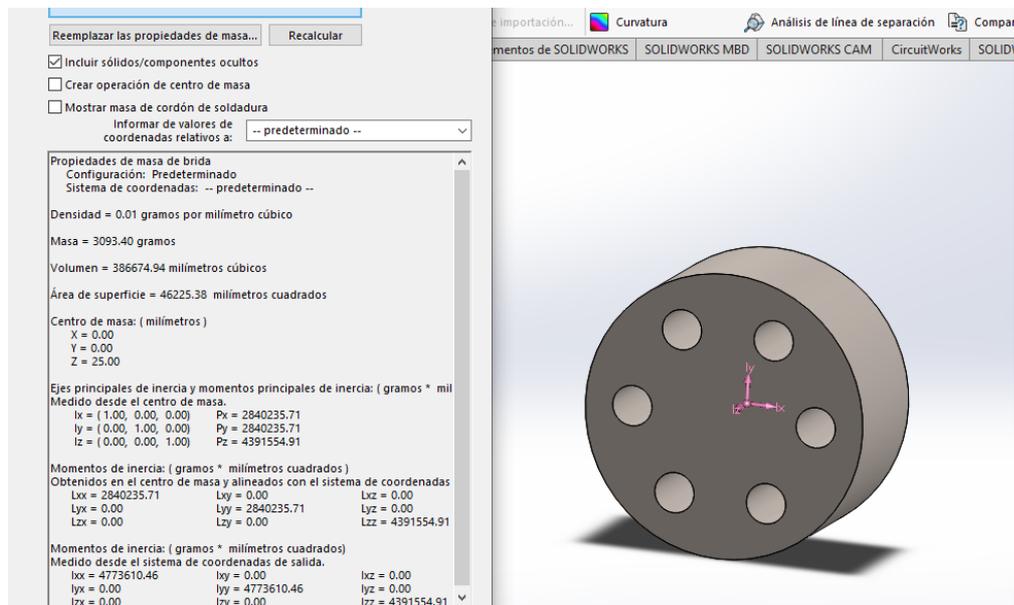


Figura 13-3: Espaciador

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 14-3: Separador entre motor y corona dentada y cardán

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.10.2. Sujeción de brida y acoplamiento

La brida está fabricada de caucho, para absorber vibraciones, sin embargo, se requiere de una sujeción adecuada, pues caso contrario esta se elongará al momento de alcanzar altas revoluciones, como consecuencia de las fuerzas centrífugas y terminaría por romperse, por esta razón se suelda unas platinas en forma de “L” para que se estire en una medida mínima. Se debe alinear perfectamente el eje del motor al cardán y consecuentemente al rotor del dinamómetro, para lograrlo se utiliza un medidor de nivel y un flexómetro.



Figura 15-3: Vista lateral y frontal de acople

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.11. *Mantenimiento de subsistemas*

Se realiza un mantenimiento general a los sistemas:

Para evitar corrosión de los sistemas de bancada e ingreso y salida del agua que refrigera el dinamómetro, se procede retirar el generador de carga para la posterior limpieza y pintado de todos los tubos del dinamómetro, esto se realiza utilizando un teclé de 2 toneladas.



Figura 16-3: Retirando el generador de carga del dinamómetro

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 17-3: Tuberías de ingreso y salida de Agua

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.11.1. *Mantenimiento estético de la bancada*

Se pinta externamente el dinamómetro de manera general, el reservorio del agua, la bancada, los tableros, para ello se requiere de una limpieza profunda puesto que, por el uso del dinamómetro, se detecta partes con grasa que repelen la pintura.



Figura 18-3: Desengrase de partes del dinamómetro

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 19-3: Proceso de pintura

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Se limpian los drenajes, sueldan y pintan las rejillas ubicadas en el suelo para el drenaje de agua.



Figura 20-3: Limpieza de rejillas y drenajes

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 21-3: Soldadura de Rejillas en mal estado

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Se suspende la parte eléctrica de control del dinamómetro para reemplazar por una fuente variable de voltaje de alta potencia, esta fuente se encarga de regular la carga ejercida al motor al realizar las pruebas de obtención de torque y potencia.

La electrónica original del dinamómetro es de carácter antiguo por lo que es robusta, esta se puede actualizar con la aplicación de una tarjeta DAQ 6009 USB y placas controladoras Arduino.



Figura 22-3: Suspensión de control electrónico antiguo

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Se lubrica el cardán por medio de una engrasadora manual, se utiliza esta máquina debido a que el cardan cuenta con unos graseros y esta máquina hace que la sustancia lubricante penetre de una manera correcta y llegue a las piezas que se encuentran en el interior de él, pues provee protección frente al desgaste, fricción, corrosión, oxidación y disipar el calor.



Figura 23-3: Se realiza el engrasado de cardan

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.12. *Adquisición de señales del motor*

Para una correcta digitalización del dinamómetro Borghi & Saveri, se debe adquirir las señales que ayudaran a graficar las prestaciones del motor.

Para la obtención del número de revoluciones, se obtiene del sensor CMP (Cam Shaft Position) Primero con la ayuda de un osciloscopio se verifica la señal del sensor, y se identifica la función de cada cable, en la siguiente imagen se puede apreciar la toma de muestras.



Figura 24-3: Ubicando pines del sensor con ayuda del Osciloscopio

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 25-3: Señal de sensor CMP

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

La señal del sensor es de tipo cuadrada, esto facilitara la adaptación a la tarjeta DAQ 6009 USB.

3.5.13. *Elección de sistema para medida de carga*

Se encontró instalado un sensor del tipo SHARP, el mismo que fue instalado en una tesis anterior, sin embargo, este sensor no brinda una precisión suficiente para captar medidas pequeñas de

carga, por lo tanto, se aplica el método de prueba error para determinar la mejor opción al momento de adecuar este sistema.



Figura 26-3: Ubicación del sensor Sharp al momento de la inspección

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Alternativa 1: Giroscopio MPU6050



Figura 27-3: Sensor de Giro (Giroscopio)

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

EL módulo Acelerómetro MPU tiene un giroscopio de tres ejes con el que podemos medir velocidad angular y un acelerómetro también de 3 ejes con el que medimos los componentes X, Y y Z de la aceleración.

La dirección de los ejes está indicada en el módulo el cual hay que tener en cuenta para no equivocarnos en el signo de las aceleraciones.

En la siguiente imagen se muestra donde se ubicó el sensor MPU 6050 para detectar el giro de la pluma cuando se ejerza una carga, los cables se ingresaron por la parte trasera de la escala del dinamómetro.



Figura 28-3. Ubicación del sensor MPU6050

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Se hizo pruebas con este sensor, que detecta el ángulo de giro, en 3 ejes (x,y,z), la adaptación con el dinamómetro en estado estático fue exitosa, sin embargo al momento de encender el banco dinamométrico, se registraron vibraciones que provocaban que no sean precisas las muestras, también se pudo notar que el peso del sensor interfería en el giro libre de la aguja, por lo que se decide buscar otra solución.

Alternativa 2: Sensor VL53L0X (Time of Fly)

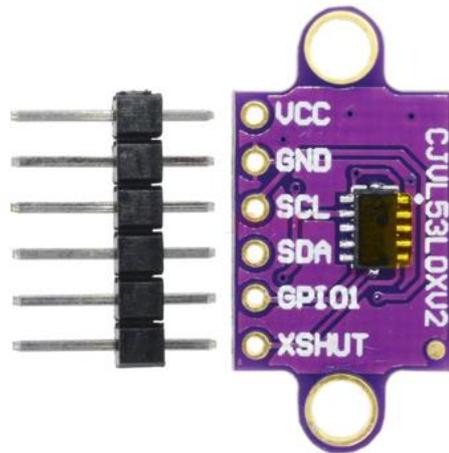


Figura 29-3: Sensor VL53L0X

Fuente: (Robots Didácticos, 2019)

Este sensor tiene más precisión, pues su medida de variación de distancia es en milímetros, por lo tanto, es mejor que el sensor tipo giroscopio y tipo Sharp, sin embargo, al encender el motor para toma de muestras, las vibraciones se transmiten hasta llegar a la posición del sensor y hace que se registren medidas incorrectas, por lo tanto, este sensor no es idóneo para la digitalización de la carga.

Alternativa 3: Sensor de carga con modulo HX711

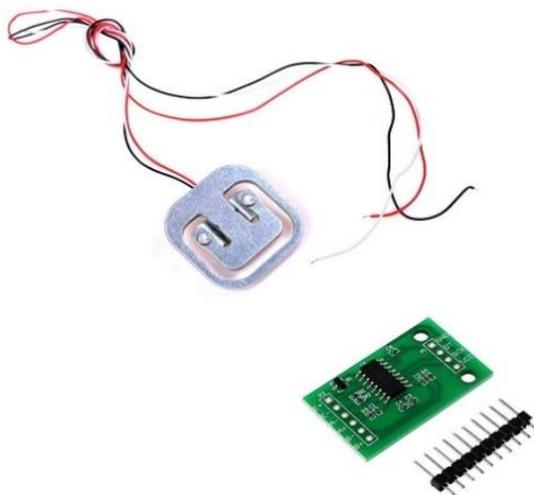


Figura 30-3: Sensor de carga con modulo HX711

Fuente: (Mercado Libre Ecuador, 2021)

Este sensor se caracteriza por enviar voltajes en la escala de milivoltios, cuando recibe presión en su base, funciona por la deformación de una galga extensiométrica ubicada en su interior, estos

milivoltios deben ingresar a un módulo amplificador, que acondiciona la señal con el objetivo de que la tarjeta Arduino entienda estas señales y pueda procesar la información.

Este tipo de sensores son utilizados para medir deformaciones, pesos, compresión y expansión de materiales, también tiene aplicaciones en la industria como en los dinamómetros de motor digitalizados. El sensor se instaló en el extremo del brazo dinamométrico, pues allí es donde se concentran las fuerzas de frenado, al intentar frenar el motor por el fenómeno de las corrientes parasitas, toda la carcasa del dinamómetro se mueve en sentido contrario al del giro del motor, este movimiento es mínimo, y se traduce en fuerza, la fuerza se transmite a la base del sensor, tras ser acondicionada la señal, se la podrá visualizar en la pantalla de la computadora ya en forma de carga, por lo tanto se decidió tomar esta alternativa como la definitiva por la estabilidad y fiabilidad en la toma de muestras.

Para la instalación del sensor se requiere suspender la conexión entre la balanza y el brazo dinamométrico, puesto que, si los dos sistemas funcionaran conjuntamente, existiría una interferencia entre los sistemas y por lo tanto fallas en la medida.



Figura 31-3: Ubicación de celda de carga 50 kg

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Características

- Chip: HX711.
- Voltaje de Operación: 5V DC.
- Consumo de corriente: menor a 10mA.
- Voltaje de entrada diferencial: $\pm 40\text{mV}$.

- Resolución conversión A/D: 24 bit.
- Frecuencia de lectura: 80 Hz.
- Dimensiones: 38mm*21mm*10mm.
- Precisión de datos: 24 bit (convertidor A/D 24 bit).
- Dos entradas diferenciales.
- Voltaje de operación DC: 3V ~ 10V
- Capacidad Máxima: 50 Kg
- Sensibilidad de salida: $1.0 \pm 0.1 \text{ mv} / \text{v}$
- No Linealidad: 0,03% FS
- Repetibilidad: 0,03% FS
- Histéresis: 0.03% FS
- Resistencia de entrada: $1000 \Omega \pm 20$
- Resistencia de salida: $1000 \Omega \pm 20$
- Temperatura de funcionamiento: $0 \text{ }^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$

Para ubicar la celda de carga se realizó una base rígida que permita una fijación adecuada para que el sensor reciba la mayor excitación posible.

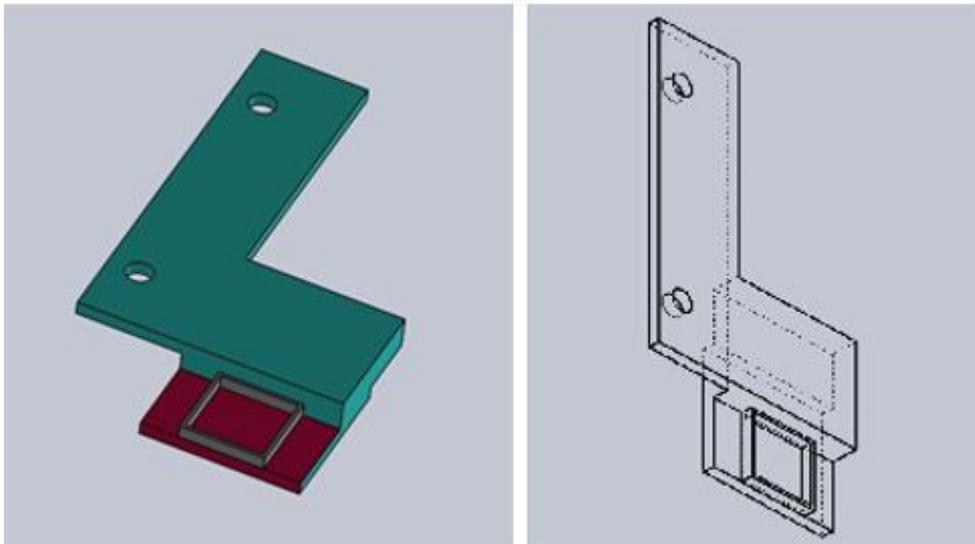


Figura 32-3: Base de celda de carga HX711

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.14. Adquisición de señales por medio de la programación en Arduino y LabVIEW

Para lograr una digitalización completa del Dinamómetro Borghi & Saveri se adquieren distintas señales, las mismas que se pasan de un formato analógico a uno digital, mediante procesos y adaptaciones electrónicas. Este procedimiento se detalla a continuación:

3.5.14.1. Etapa de muestreo: En esta etapa se definen las variables físicas a digitalizar y se toman muestras de estas.

Tabla 3-3: Nombre de los distintos sensores a emplearse, variable física a obtener con cada uno y sus respectivas unidades.

Variable Física	Dispositivo de muestreo o transductor	unidad
Giro del motor	Sensor CMP	Rev/min
Temperatura de motor	Sonda de Temperatura DS18B20	°C
Temperatura y humedad ambiental	Sensor DHT11	°C, %
Carga aplicada	Sensor HX711	kg
Caudal de combustible	Caudalímetro Arduino	Lt/h

Realizado Por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Finalizada a la etapa de muestreo y retención de los datos se procede a cuantificar las señales, es decir asignar un valor a cada señal registrada, esto se puede obtener utilizando la tarjeta Arduino nano y en su visualizador identificar la variación de cada dato, con esto se procede a la codificación de la señal con la ayuda de la programación en el software de LabVIEW y Arduino como se muestra a continuación.

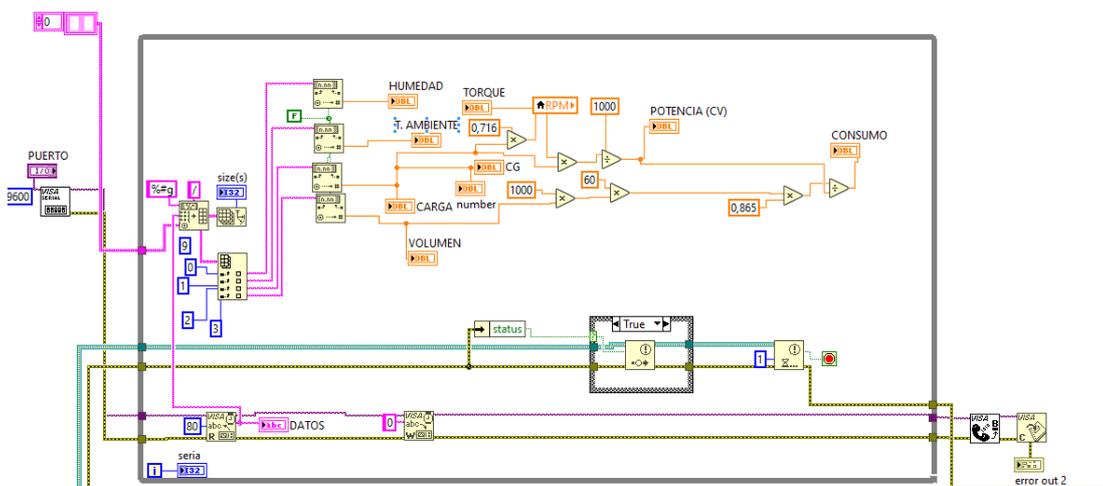


Figura 33-3: Obtención de señales y cálculos

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

En esta sección se reciben los datos del serial de Arduino Nano, para procesarlos con las respectivas formulas (1) y (2), a este dispositivo están conectados el sensor de Humedad, temperatura ambiente, celda de carga y caudalímetro, después de pasar por el acondicionamiento, se los visualiza en la interfaz gráfica.

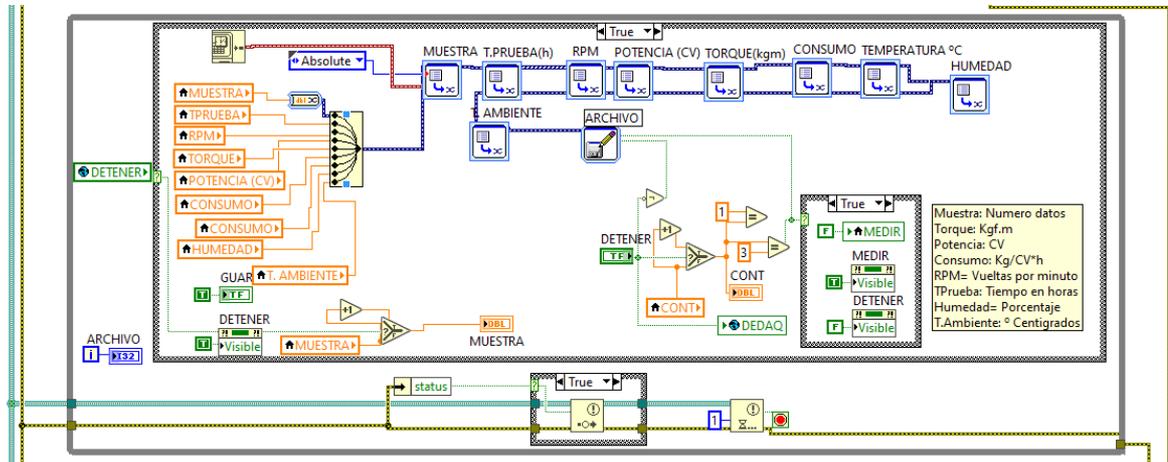


Figura 34-3: Exportación de datos a Excel

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Este bloque se encarga de exportar los datos de la prueba a un archivo Excel, el mismo que se encuentra en la carpeta LabVIEW data (C:\Users\HP\Documents\LabVIEW Data) a esta carpeta se podrá acceder al hacer clic en “documentos”, luego seleccionar la carpeta LabVIEW data, se desplegaran todos los archivos de formato .xlsx, los mismos que están ordenados de acuerdo con la fecha y hora de la prueba, seleccionar la requerida por el usuario, se visualizara algo similar a la siguiente Figura 34-3.

Time	MUESTRA	T.PRUEBA(h)	RPM	POTENCIA(CV)	TORQUE (kgfm)	TEMPERATURA °C	CONSUMO (g/CV.h)	HUMEDAD	T. AMBIENTE
15/3/2021 18:24:36,46	0	0,000277	923,091679	0	0	#NV	#NV	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	1	0,000277	923,091679	0	0	#NV	#NV	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	2	0,000277	923,091679	0	0	#NV	#NV	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	3	0,000277	923,091679	0	0	#NV	#NV	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	4	0,000277	923,091679	0	0	#NV	#NV	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	5	0,000553	1250,01357	0,720012	0,55848	45,55	720,821811	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	6	0,000553	1250,01357	1,625018	0,9308	45,55	638,762295	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	7	0,000553	1250,01357	1,80002	1,03104	45,55	576,660405	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	8	0,000832	1621,55632	2,150023	1,23152	45,55	482,785456	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	9	0,000832	1621,55632	3,405268	1,5036	45,55	304,8218	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	10	0,000832	1621,55632	3,778226	1,66828	45,55	274,732094	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	11	0,000832	1621,55632	4,118753	1,81864	45,55	252,018023	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	12	0,001108	2000,06721	5,66019	2,02628	45,55	275,079096	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	13	0,001108	2000,06721	5,980201	2,14084	45,55	260,359144	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	14	0,001108	2000,06721	6,400215	2,2912	45,55	324,364101	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	15	0,001389	2308,04212	6,660224	2,38428	45,55	311,701238	74,4	18,7
1/1/1904 00:00:00,00	16	0,001389	2308,04212	8,124308	2,52032	45,55	255,529448	74,4	18,7

Figura 35-3: Captura de datos exportados a Excel

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

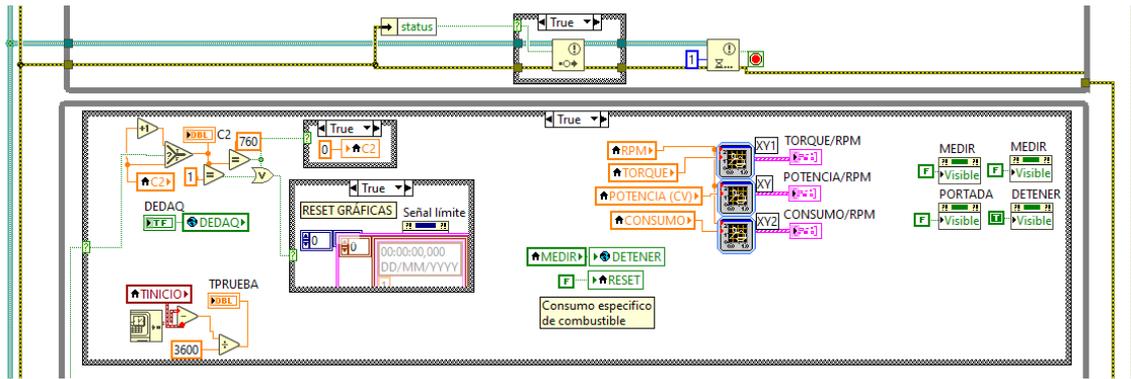


Figura 36-3: Bloque encargado de graficar en la interfaz de la aplicación

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Este bloque está diseñado para que en la interfaz gráfica se puedan visualizar en tiempo real los esquemas a medida que se realiza la prueba, y reiniciarse cada vez que se realice una prueba nueva.

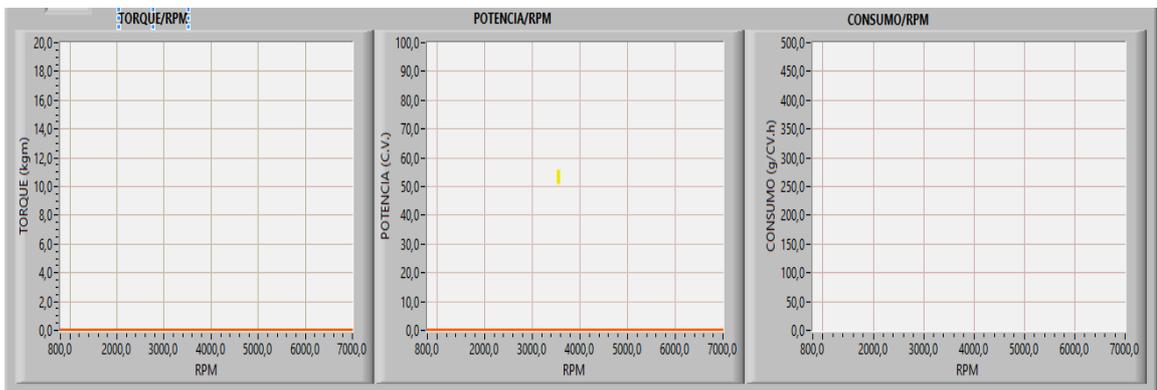


Figura 37-3: Sección de Graficas en la interfaz grafica

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

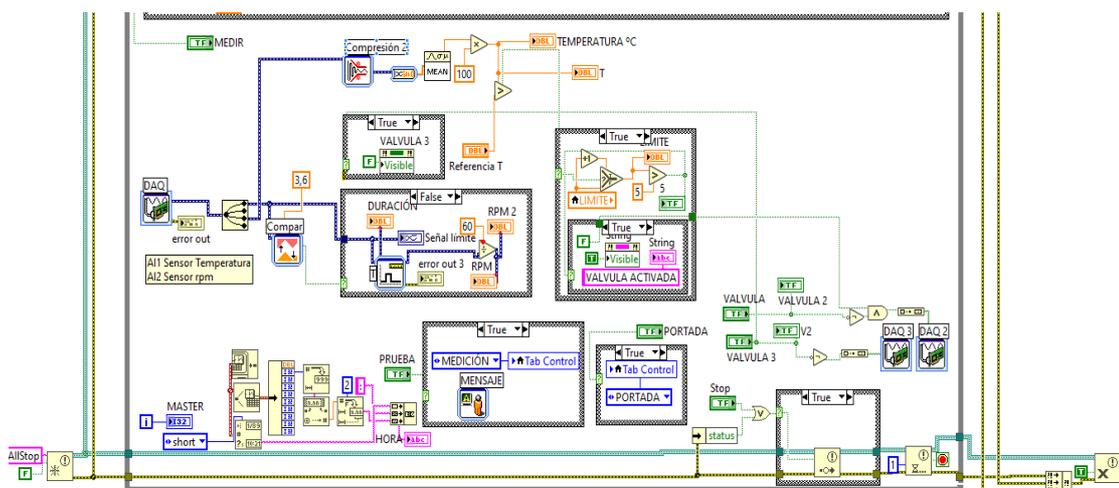


Figura 38-3: Programación tarjeta DAQ 6009 USB

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Esta sección gestiona los datos recibidos desde la tarjeta de adquisición de datos, para obtener de manera rápida una gran cantidad de datos, entre ellos las rpm del motor, temperatura del motor, controles de consola y una electroválvula que se acciona cuando el motor pasa su temperatura óptima de funcionamiento Para la obtención de la señal de temperatura del motor, se ocupa un DS18B20 Sensor temperatura, la electroválvula permite el paso de agua al tanque de suministro de refrigeración del motor, para que el líquido tome una temperatura menor, también se puede activar la electroválvula de manera manual, presionando el botón “VÁLVULA” (ver Figura 40-3)



Figura 39-3: Ubicación de sonda DS18B20

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021



Figura 40-3: Ubicación de electroválvula

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

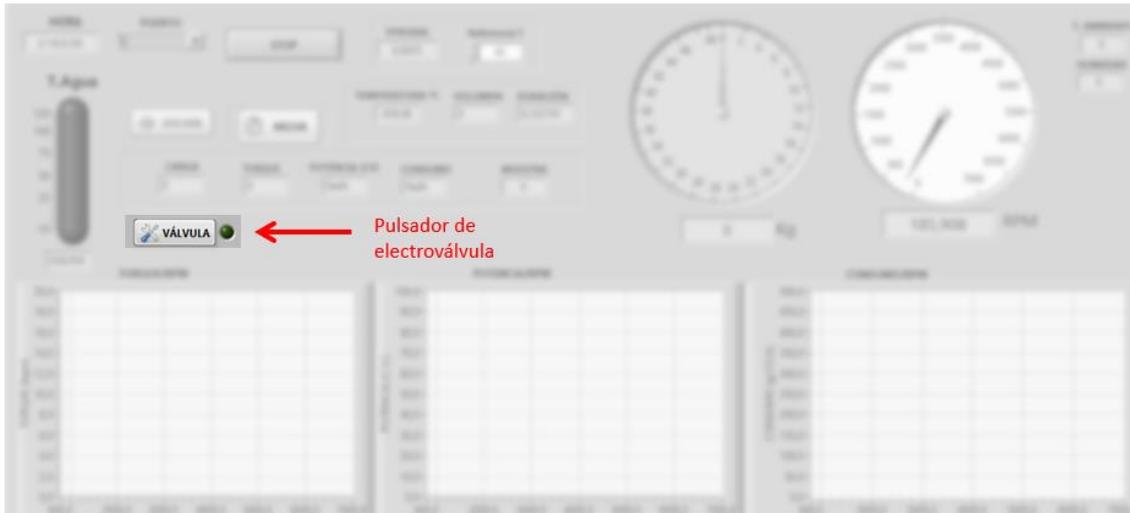


Figura 41-3: Ubicación botón de electroválvula

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.14.2. Acondicionamiento y programación de la celda de carga HX711

En la siguiente imagen se aprecia el circuito de acondicionamiento necesario para que la tarjeta Arduino nano detecte la presión en el sensor, también se presenta se programación de este.

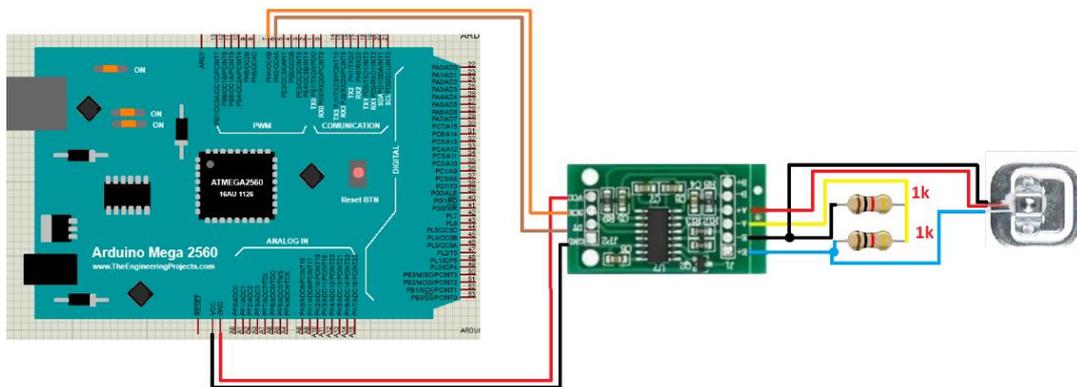


Figura 42-3: Conexiones del acondicionador

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

La placa acondicionadora según el fabricante requiere de 2 resistencias de 1 kΩ para mejorar lecturas de datos. (Mercado Libre Ecuador, 2021)

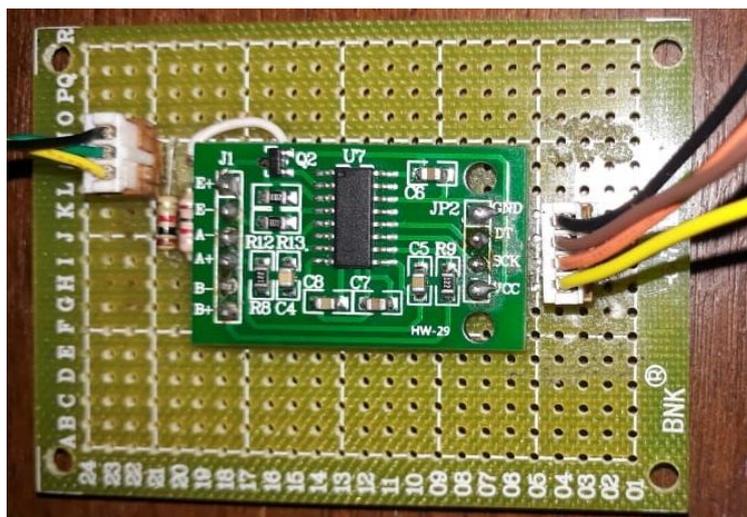


Figura 43-3: Placa de conexiones

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

Tara del sensor de carga:

Para este procedimiento se utilizó una tarjeta Arduino externo (Mega 2560), donde estaba ya ingresada la librería HX711_ADC, se conecta el circuito acondicionador, y se compila la programación detallada en el ANEXO 1, denominada “calibración”

Se debe seguir los pasos que dicta el visor serial de Arduino, la idea es obtener el número de precisión que lanza la placa de Arduino e ingresarlo a la programación principal ANEXO 2

Si por alguna razón se cambia de ubicación el sensor, o se desarma para algún mantenimiento, se debe realizar el mismo procedimiento para la calibración del sensor.

3.5.14.3. Programación en Arduino

Por los sensores que se ocuparon en la programación es necesario que se instalen ciertas librerías de Arduino, con el fin de que se logre calibrar adecuadamente, a continuación, se ilustra que librerías son necesarias.

Tabla 4-3: Librerías necesarias en programación de Arduino

Librería	Sensor
#include "DHT.h"	Temperatura ambiente y Humedad
#include <HX711_ADC.h>	Celda de carga
No requiere librería	Caudalímetro

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3.5.14.4. Parte Electrónica

En esta sección se detalla los componentes electrónicos que se utilizaron en la investigación, su ensamble se realizó en una placa PBC posterior al diseño.

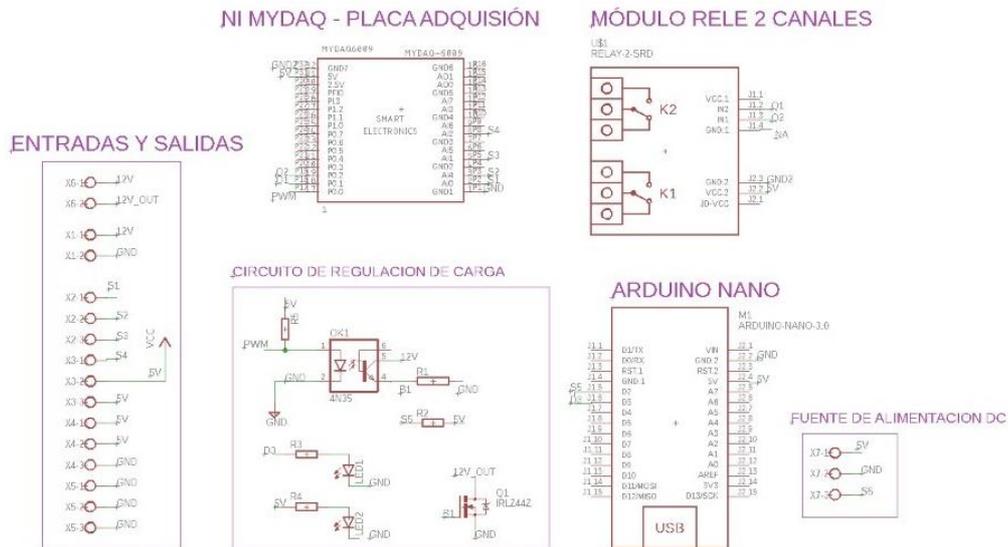


Figura 44-3: Diagrama eléctrico

Realizado por: Cusangá P., Asqui C. 2021

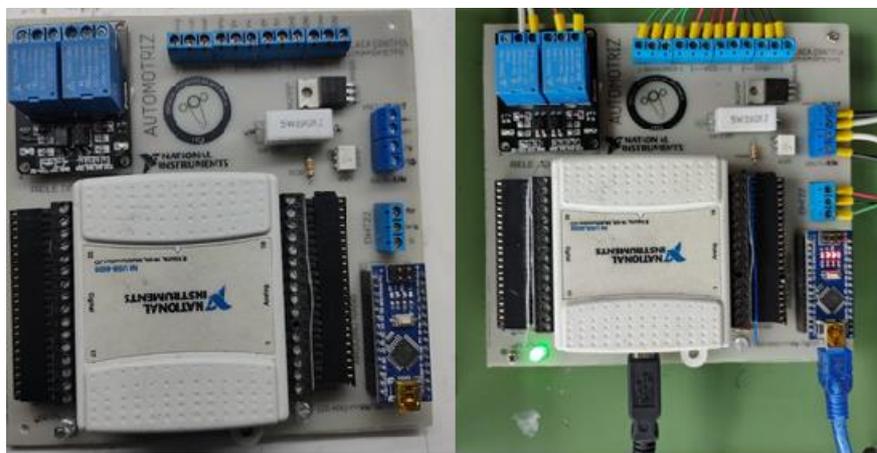


Figura 45-3: Componentes electrónicos ensamblados

Realizado por: Cusangá P., Asqui C. 2021

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Procedimiento para la obtención de curvas

Para un correcto funcionamiento del dinamómetro se debe seguir ciertos pasos a fin de garantizar unas curvas características fiables, a continuación, se detallan:

4.1.1. *Regulación de voltaje*

Los valores se han obtenido de manera experimental, se varia el voltaje al punto de que este no permita que el motor llegue a su máximo de revoluciones (6000 rpms u otro, según la ficha técnica del motor), esto para obtener el voltaje de obtención de potencia, mientras que, para el voltaje de Torque es inverso, se varía el voltaje con el motor en funcionamiento (entre 4000 y 5800 rmps, según ficha técnica del motor) al punto que con el acelerador a tope únicamente se tengan 3600 rpm u otro según la ficha técnica del motor.

En el caso del motor de prueba en la presente investigación se obtuvo:

- 10.5 vcc para pruebas de Potencia
- 14.4 vcc para pruebas de Torque

Para obtener estos voltajes primero es necesario seguir los pasos (1-16) del punto 4.1.2.

4.1.2. *Procedimiento para el encendido del banco dinamométrico*

1. Verificar que el motor a probar este acoplado correctamente y fijado a la bancada.



Figura 1-4: Verificando que el motor este alineado con el cardan del dinamómetro

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

2. Conectar la fuente de voltaje **apagada** a los bornes del dinamómetro (ver figura 24-2).

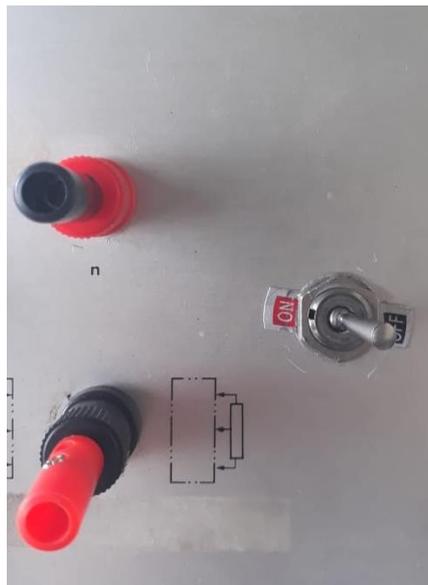


Figura 2-4: Borneras de voltaje e interruptor de Dinamómetro.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3. Verificar que exista combustible en el tanque.
4. Verificar que exista agua en el reservorio de refrigeración del motor.



Figura 3-4: Reservorio de refrigeración del motor.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

5. Verificar que esté conectada la batería del motor.
6. Instalar el conducto de expulsión de smog en el escape y extenderlo hasta la ventana.



Figura 4-4: Conducto de emisión de gases.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

7. Conectar los cables USB en el computador.
8. Ejecutar el programa que contiene la programación en el computador (escritorio del PC).



Figura 5-4: Icono de la aplicación.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

9. Se ejecutará la interfaz principal, donde se requiere hacer clic en el botón “Prueba”.

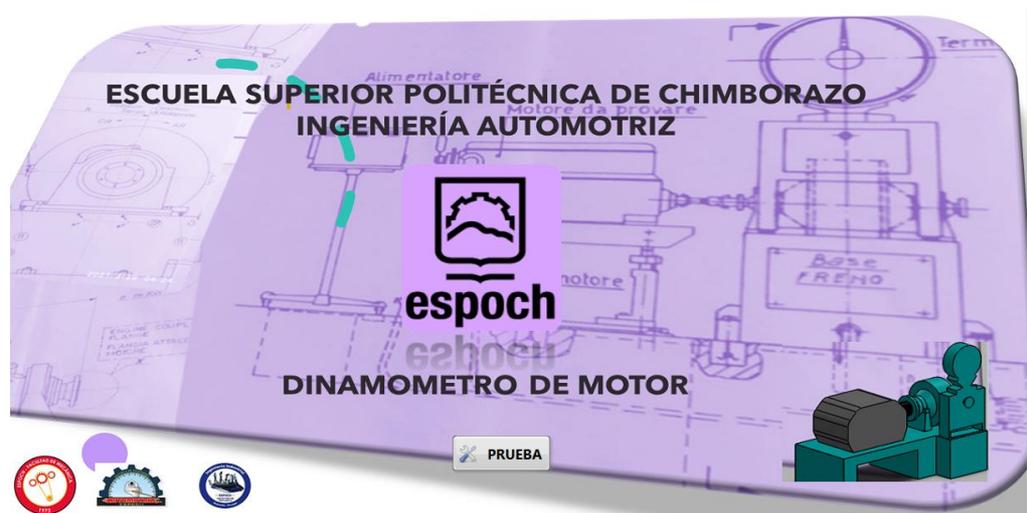


Figura 6-4: Interfaz principal.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

10. Elegir el puerto COM para la programación, y volver a ejecutar la aplicación. Si no se muestran datos aun, verificar que los cables USB estén bien conectados y presionar “refresh” para nuevamente escoger el puerto COM.



Figura 7-4: Selección de puerto COM.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

11. Establecer la temperatura del motor para la cual se deba encender la electroválvula para proceder con el enfriamiento del motor (45° - 60° centígrados para evitar daños en el motor).

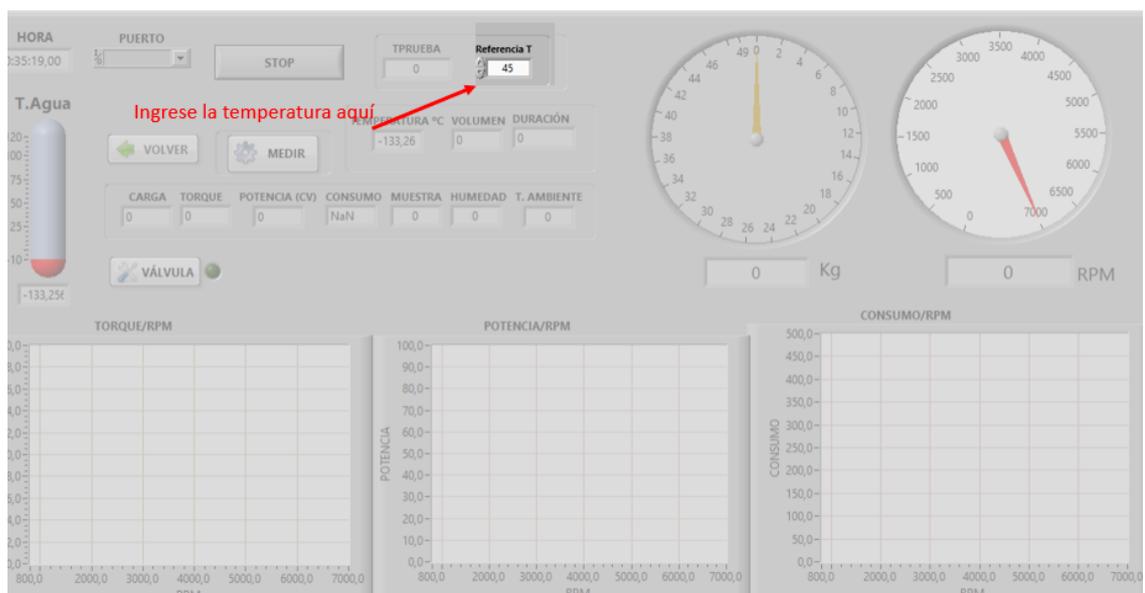


Figura 8-4: Ingreso de Temperatura de referencia.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

12. Encender la bomba de agua (ver figura) y esperar 2 minutos con la bomba de agua encendida, esto se realiza para asegurar que exista presión en el sistema de refrigeración del dinamómetro.



Figura 9-4: Braker de encendido de Bomba de agua.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

13. Encender la fuente de voltaje, en valor cero.
14. Ubicarse a una distancia prudente, nunca perpendicular al eje de rotación.
15. Encender el dinamómetro (switch posición “on”).
16. Encender el motor a ser probado, accionamiento por medio un switch ubicado en el comando del dinamómetro (también se cuenta con un pulsador de encendido ubicado en el soporte de instrumentos del motor).



Figura 10-4: Switch del motor.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

17. Para tomar muestras se debe presionar el botón “medir” en la interfaz gráfica.

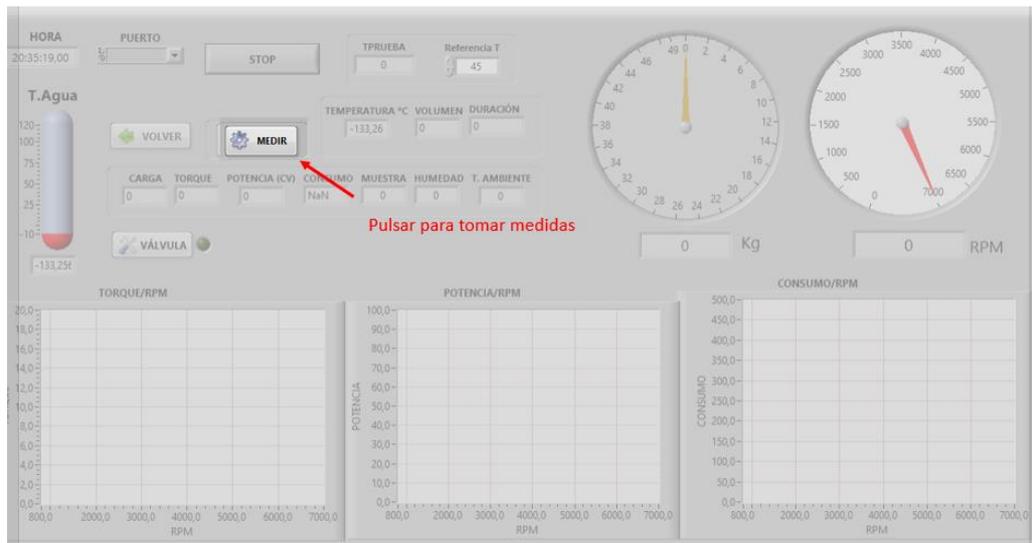


Figura 11-4: Botón para tomar muestras.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

4.1.3. *Obtención de curva Potencia*

Para la obtención de la curva de potencia del motor instalado (ver tabla 1-3) se deben seguir los pasos indicados en el apartado 4.1.2 y a continuación:

1. Se establece un voltaje en la fuente, dicho voltaje debe permitir que el motor pueda llegar a máximas revoluciones o a las revoluciones que estén indicadas en la ficha técnica del motor para la obtención de potencia máxima (para el motor que se encuentra instalado, su máxima potencia se la puede llegar a obtener a 5800 rpm, ver tabla 1-3), por lo tanto, el valor de voltaje utilizado esta entre 10 vcc. y 10.5 vcc.



**POTENCIÓMETRO
PARA ESTABLECER
VOLTAJE**

Figura 12-4: Calibración de Voltaje

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

2. Se debe acelerar por medio de la palanca de ubicada en el mando del dinamómetro, esta aceleración se la va a realizar de manera suave hasta llegar al corte de inyección del motor o a su vez a los rpm indicados por la ficha técnica del motor.



Figura 13-4: Posición del acelerador de motor

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

3. En la interfaz debemos presionar el botón de “DETENER” con el fin de que los datos tomados durante la prueba se guarden.

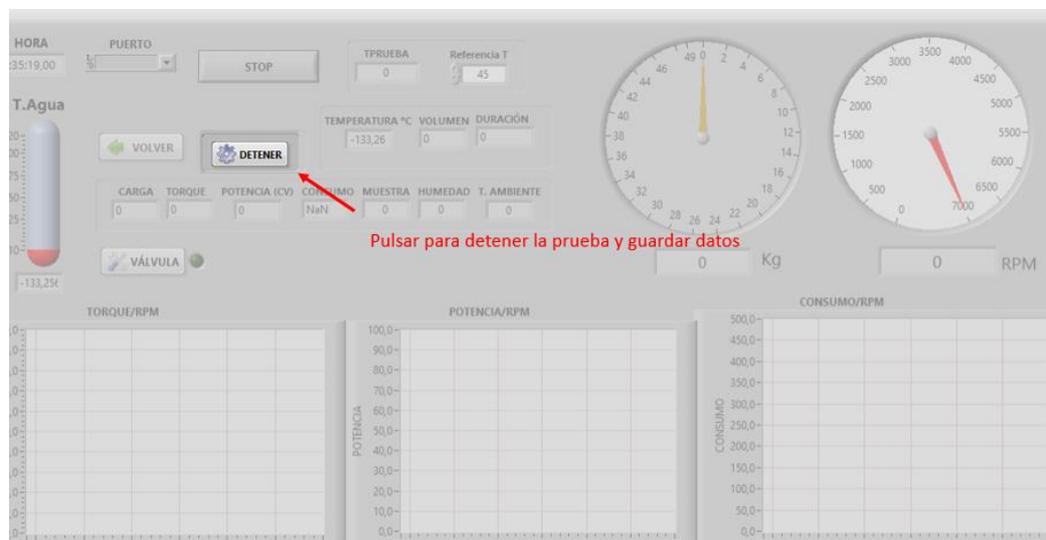


Figura 14-4: Botón detener

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

4. Los datos se van registrando en formato Excel de forma automática y se muestra en la interfaz gráfica.

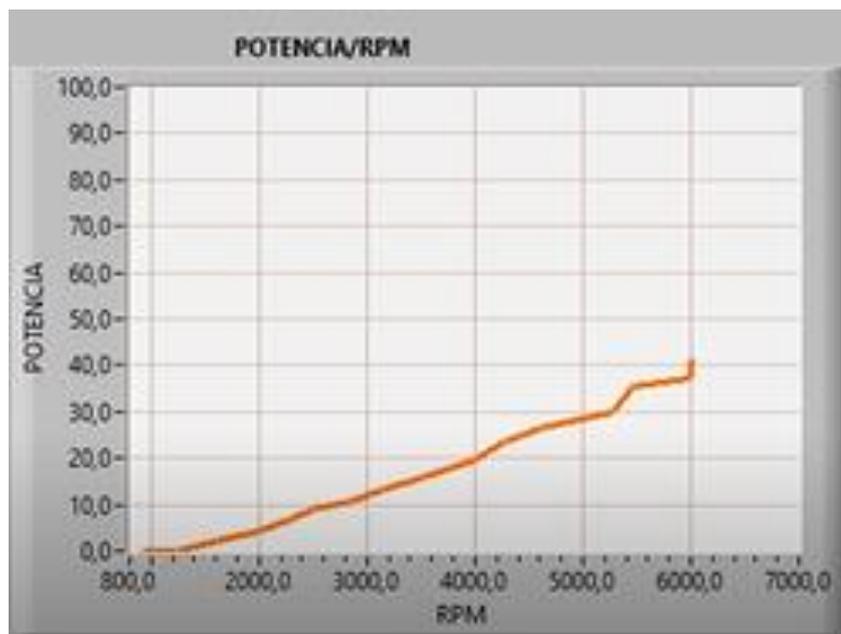


Figura 15-4: Resultado de la prueba de potencia

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

5. Se debe apagar la fuente de voltaje.
6. Se disminuye las revoluciones del motor hasta llegar a las revoluciones de ralentí, esperamos un momento y procedemos a apagar el motor si este fuera el caso.
7. Para garantizar la correcta refrigeración del dinamómetro se debe dejar encendida la bomba de agua durante 2 a 3 minutos y luego apagarla.

4.1.4. *Obtención de curva de torque*

Para la obtención de la curva de torque del motor instalado (ver tabla 1-3) se deben seguir los pasos indicados en el apartado 4.1.2 y a continuación:

1. Se debe tener en cuenta que para la obtención de la cura de torque se acelera el motor a no más de 4 mil revoluciones y de igual manera se debe ir subiendo paulatinamente el voltaje de la fuente con el fin de que el acelerador llegue al su punto máximo y las revoluciones se puedan mantener en 3600 rpm (las revoluciones vienen establecidas en la ficha técnica) esto para el motor que está instalado.
2. Se procede a desacelerar suavemente hasta llegar a ralentí del motor
3. En la interfaz debemos presionar el botón de “DETENER” con el fin de que los datos tomados durante la prueba se guarden.
4. Los datos se van registrando en formato Excel de forma automática y se muestra en la interfaz gráfica.

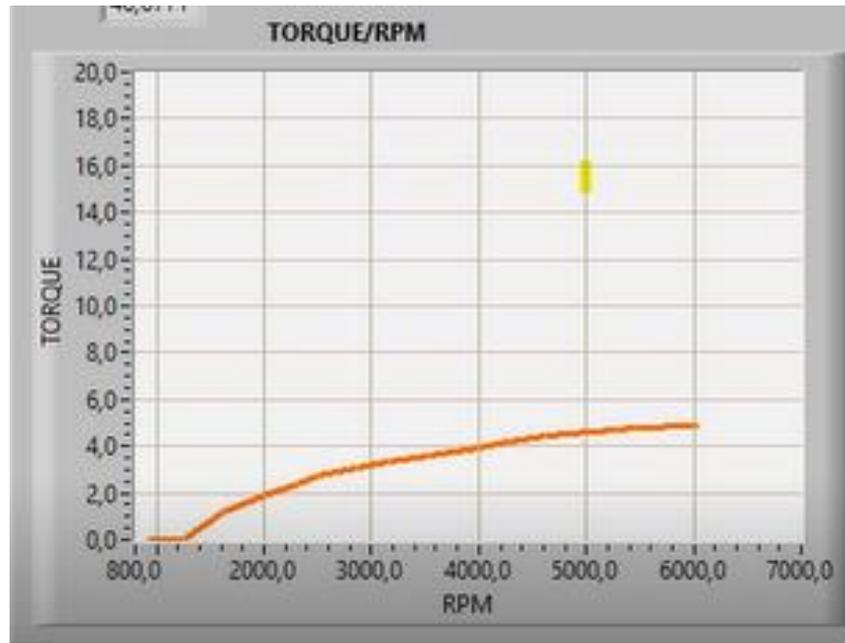


Figura 16-4: Resultado de prueba de Torque.

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

5. Se procede a apagar la fuente de voltaje.
6. Apagar el motor.
7. Para garantizar la correcta refrigeración del dinamómetro se debe dejar encendida la bomba de 3 a 5 minutos debido a que en esta prueba demanda que se le ponga un voltaje alto y por lo tanto el dinamómetro se va a sobrecalentar, luego de que haya transcurrido este tiempo se procede a apagar la bomba.

4.1.5. *Obtención de curva de consumo específico de combustible*

Para la obtención de la curva de consumo específico de combustible del motor instalado (ver tabla 1-3) se deben seguir los pasos indicados en el apartado 4.1.2 y a continuación:

1. En cada prueba se toma automáticamente muestras del consumo de combustible, las mismas que se van registrando en formato Excel y se muestra en la interfaz gráfica también.

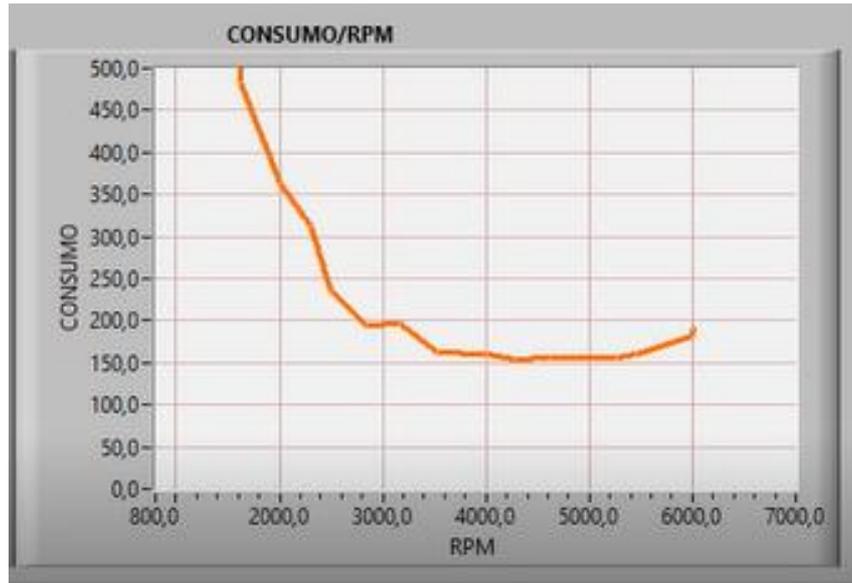


Figura 17-4: Resultado de la prueba de consumo de combustible

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

4.2. Interfaz gráfica

La interfaz gráfica tiene la finalidad de proyectar los datos del motor en tiempo real, se aprecia los botones y visualizadores de la aplicación.

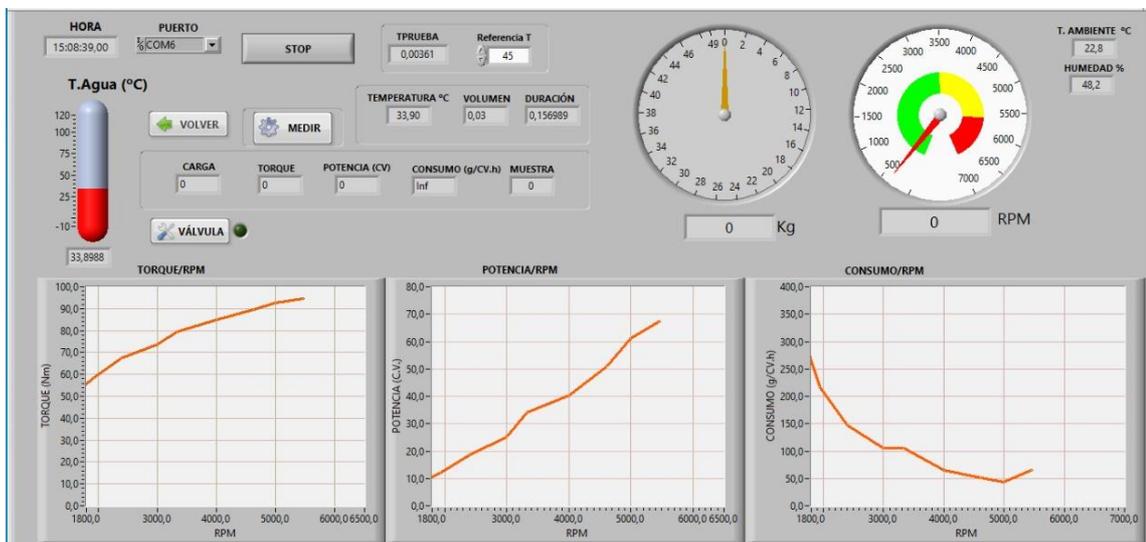


Figura 18-4: Interfaz gráfica que se muestra al momento de realizar la prueba

Realizado por: Cusanguá P., Asqui C. 2021

CONCLUSIONES

- Gracias a la investigación en manuales, tesis realizadas anteriormente y conceptos básicos que rigen el principio de funcionamiento del dinamómetro de corrientes parasitas, se pudo comprender su desempeño, la importancia de todos los sistemas que lo conforman, así como también las aplicaciones para las cuales fue creado.
- Tras una inspección exhaustiva del banco dinamométrico se llegó a determinar que el acople para el montaje del motor debía ser más grandes para lo cual se diseñó un acople que cumplía con todos los requerimientos para el correcto funcionamiento del motor. También se pudo determinar que el sistema utilizado para refrigerar el motor se encontraba deteriorado por esta razón se hizo las correcciones necesarias.
- Se obtuvo las curvas características de un motor de inyección electrónica, de manera digital, las mismas que muestran la potencia y torque que caracteriza al motor de prueba, con ello se pudo comprobar el correcto desempeño del dinamómetro.
- Se elaboró un manual de uso para el equipo reacondicionado y se proporcionó las guías de prácticas correspondientes para que el estudiante pueda operar correctamente el equipo con el fin de evitar daños prematuros por el mal uso.
- La interfaz gráfica desarrollada es amigable con el usuario y fácil de manejar, permite al operario de la maquina tener control y un ahorro de tiempo.
- Este proyecto es un aporte al desarrollo de los futuros estudiantes, pues con un dinamómetro de banco habilitado se puede aplicar estudios teóricos de una manera práctica.

RECOMENDACIONES

- El voltaje recomendado variara dependiendo del motor a probar, para el motor en cuestión se aplicarán 8 Vcc, dicho voltaje no deberá superar los 18 Vcc. para evitar que se recalienten las bobinas que conforman el dinamómetro
- En caso de ocupar otro computador, se recomienda que tenga instalado el software LabVIEW, Arduino y seguir las instrucciones del desarrollador para activar las librerías requeridas
- Antes de realizar las pruebas del motor, se recomienda mantener encendido el motor 15 minutos para que alcance una temperatura de funcionamiento adecuada y no existan errores al momento de realizar las aceleraciones.

GLOSARIO

Dinamómetro: Es un instrumento utilizado para medir una fuerza. También se define así a una máquina de ensayos capaz de ejercer fuerzas con una precisión determinada.

Carga: Es la fuerza que se ejerce a través del voltaje la misma se opone al giro del motor, esta se traduce en kg.

Voltaje: Fuerza Electromotriz que pone en movimiento los electrones en el caso de la presente investigación envía los electrones a través de las bobinas del dinamómetro.

Torque: Se refiere a la fuerza máxima que puede hacer un motor para mover el cigüeñal y los pistones, este puede variar dependiendo de las condiciones a las que se someta el motor.

Potencia: Hace la referencia a la velocidad con que es aplicada el torque y se relaciona con las máximas revoluciones por minuto a las cuales un motor es capaz de alcanzar.

Caudal: Hace referencia a la cantidad de fluido que circula a través de una sección sea esta tubería, cañería, oleoducto, río, canal, etc. por unidad de tiempo. Regularmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Corrientes Parasitas: Son corrientes inducidas se generan en masas metálicas que se mueven en el interior de un campo magnético o que se encuentran fijas y el campo es variable.

Cardán: Es un componente mecánico que permite unir dos ejes no colineales para transmitir el movimiento de rotación de un eje a otro.

Histéresis: Es la tendencia de un material a mantener una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado.

BIBLIOGRAFÍA

- APRENDIENDO ARDUINO.** *Sonda DS18B20* [blog]. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/sensor-de-temperatura/>.
- ARDUINO.CC,** *Arduino Nano user manual.* [blog]. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>.
- ASTUYAURI SAAVEDRA, Y.C.** Análisis de factibilidad para la Implementación de un Dinamómetro de Motores Diesel, en la Empresa Ferreyros S.A, C.(Trabajo de titulación) *Universidad César Vallejo, Cajamarca, Peru, 2016.* pp.15-30.
- AUTO-DATA.NET.** *Chevrolet Aveo Sedan 1.6 i 16V (106 CV).* [blog]. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.auto-data.net/es/chevrolet-aveo-sedan-1.6-i-16v-106hp-14430>.
- BALLADARES SAETEROS, L.D.** Implementación de un sistema de adquisición de datos y pruebas de funcionamiento de un banco dinamométrico. (trabajo de Titulación). ESPOCH, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 5-80.
- BORGHI & SAVERI.** *Manuale Distruzioni Freni Dinamometrici a correnti parassite.* Bologna-Italia, pp. 13.101.
- CABALLERO, C; & VALLE, A.** Implementación y montaje de un banco de pruebas de inyección electrónica para el taller de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH mediante la utilización de un motor Chevrolet Aveo de combustión interna a gasolina. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 20
- CHANCUSIG, J. & JAITIA, L.** Rehabilitación y mantenimiento del banco dinamométrico marca BORGHI y SAVERI modelo FA 200 SP del facultad mecánica esPOCH. (Trabajo -de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 8-15
- COMPONENTS101.** *DHT22 – Temperature and Humidity Sensor.* [blog]. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet>.
- GALLO, O. & GONELA, R.** "Freno de corrientes parásitas para ensayo de motores eléctricos. Ciencia, Docencia y Tecnología". *Redalyc* [en línea], 2016, (Argentina) 145(7), [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/145/14551170012/html/>
- GARCÍA, B.I.C.** Diseño de un módulo de evaluación para identificar el correcto funcionamiento de sensores y actuadores de vehículos menores (Trabajo de titulación).Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Peru, 2019 pp 15-25 [Consulta: 12 diciembre 2020] Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35902/Calle_GI.pdf?sequence

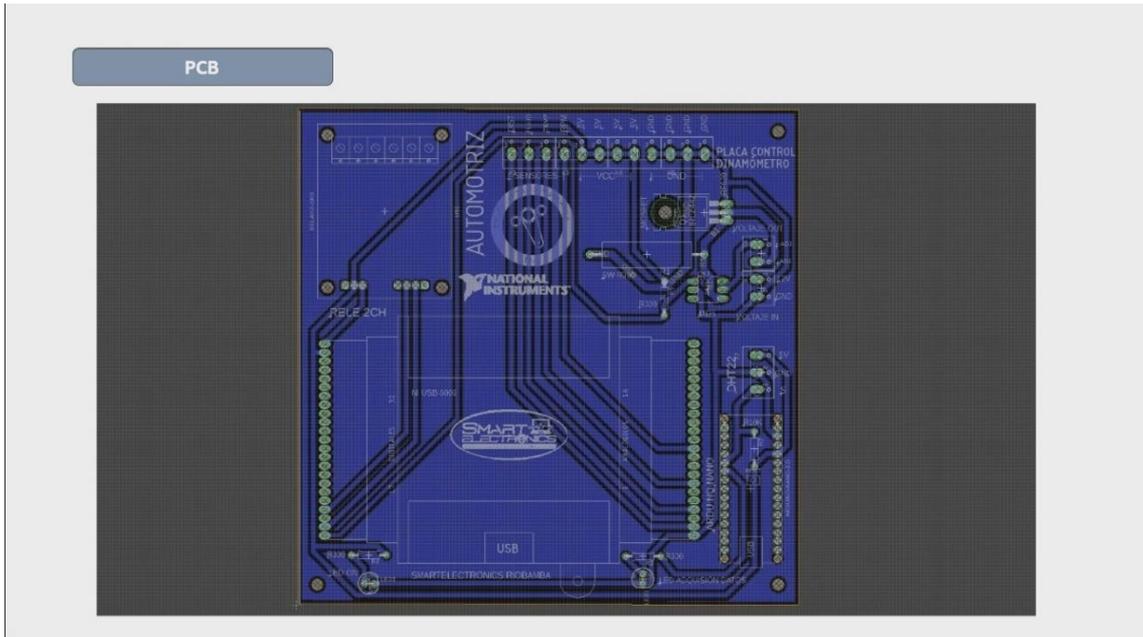
=1.

- GOMEZ, C.** *DIGITALIZACION DE SEÑALES*. [blog]. [Consulta: 20 diciembre 2020] Disponible en: <http://carlosgomez098.blogspot.com/2012/08/43-digitalizacion-de-senales.html>.
- INSTRUMENTS, N USER GUIDENI USB-6008/6009.** Texas-USA: National Instruments. 2015. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ni.com/pdf/manuals/371303n.pdf>.
- MARRUEDO, E.** Banco de ensayos para motores de combustión interna y curvas características [en línea](trabajo de titulación). Universidad Tecnológica Nacional –Facultad Regional de la Plata, Buenos Aires, Argentina. 2016. pp 5-50. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3056/Banco%20de%20ensayos%20para%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna%20y%20curvas%20caracter%C3%ADsticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MARTYR, A. & PLINT, M.** *Engine Testing*. 4ta ed. San Diego CA. Elsevier, 2012, pp 55-70.
- MAXIM INTEGRATED.** *DS18B20* [blog]. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
- MERCADO LIBRE ECUADOR.** *Sensor De Peso Fuerza Celda De Carga De 50kg + Hx711 Arduino*. [blog]. [Consulta: 20 diciembre 2020] Disponible en: <https://listado.mercadolibre.com.ec/celda-de-carga-50-kg>.
- PARERA, A.M.** *Inyección Electrónica en Motores de Gasolina*. [en línea] Barcelona- España Marcombo Boixasreu Editores, 1990. [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: https://books.google.es/books?id=YFghI1bGeKsC&lpg=PA1&ots=qI2l_AW1hI&dq=motores%20de%20inyeccion%20electronica&lr&hl=es&pg=PA4#v=onepage&q&f=false: s.n.
- PAYRI, F. & DESANTES, J.** *Motores de Combustion Interna Alternativos*. Valencia- España. Editorial Reverté. 2011. pp 25-50
- RAMIREZ, E.** et al. "Automatización de un dinamómetro de corrientes parásitas". *amca memorias*, 2014, Mexico
- RANDLE, J.** et. Diseño y construcción de un banco de ensayos para un motor diesel.[Trabajo de titulación] *ITBA*, Facultad de Mecánica, Buenos Aires- Argentina, pp. 1-67.
- REYES, L. & GUALOTUÑA, H.**, 2019. *Sensor ECT* [en línea]. S.l.: ESPE. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3209/1/T-ESPEL-0187.pdf>.
- ROBOTS DIDÁCTICOS, VL53L0X: Sensor de distancia que mide por la velocidad de la luz (Time-of-Fly).** [blog]. Buenos Aires- Argentina 2018. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/vl53l0x-sensor-de-distancia-que-mide-por-la-velocidad-de-la-luz-time-of-fly/>.
- ROSAS, A. & BARAHORA, G.**, 2011. *Elaboración de un manual de mantenimiento para el Dinamómetro de chasis LPS 3000, instalado en el centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)*. [Trabajo de

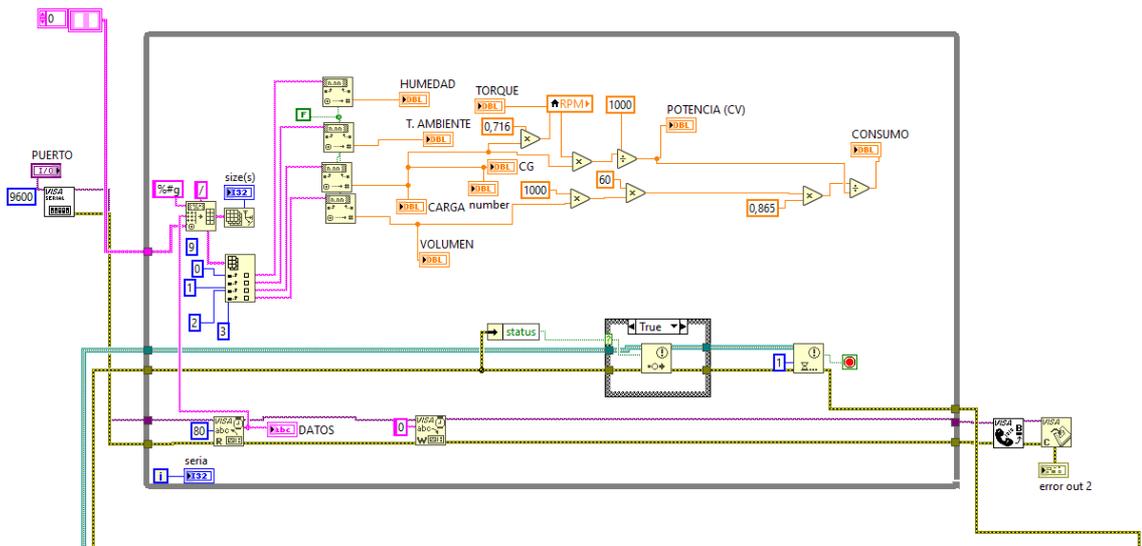
titulación] [en línea]. Quito, Ecuador 2011, pp. 25-29. [Consulta: 19 diciembre 2020].
Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4457/3/CD-4067.pdf>.

WIEDERICK, H. GAUTHIER, D. ROCHON, P. Magnetic braking: Simple theory and experiment. *AAPT Physics Education*. [En línea].1998 (USA) .[Consulta: 18 diciembre 2020] Disponible en: <https://aapt.scitation.org/doi/abs/10.1119/1.15103>

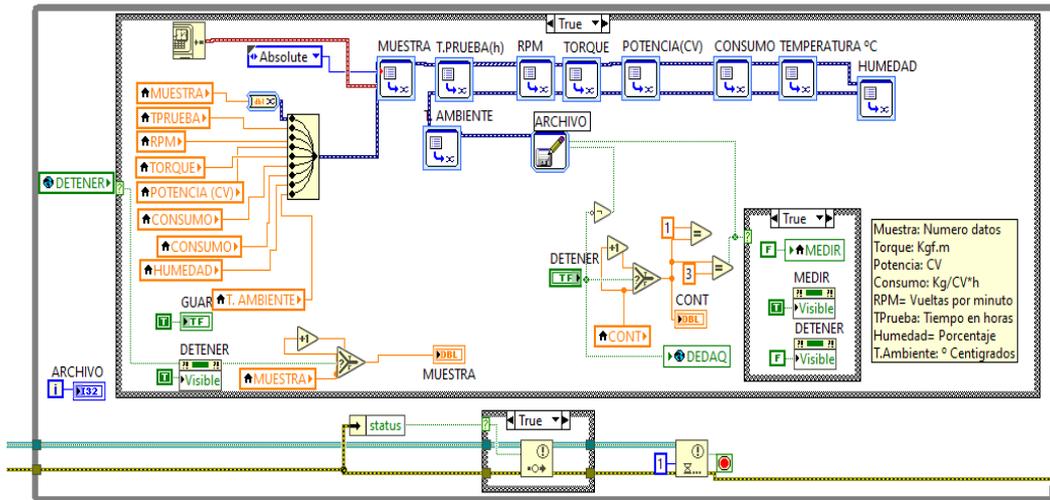
NATIONAL INSTRUMENTS, *USB-6009*. [blog]. [Consulta: 17 Diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6009.html>.



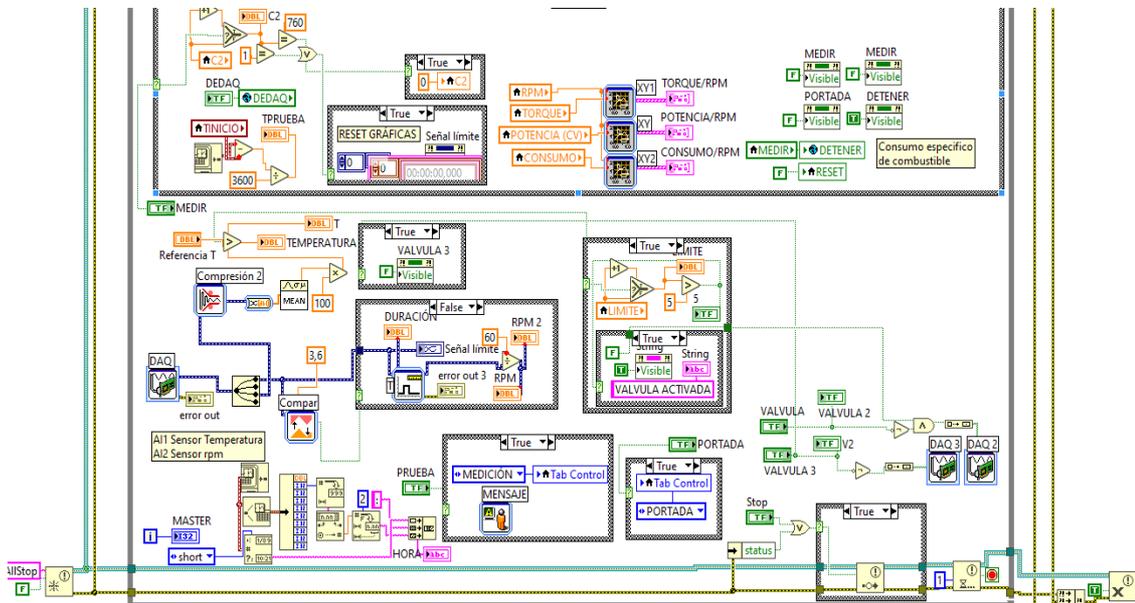
ANEXO C: Placa PBC



ANEXO D: Bloque de LabVIEW para la obtención de señales



ANEXO E: Bloque de LabVIEW para exportación de datos a Excel



ANEXO F: Bloque de LabVIEW para visualización y control de interfaz gráfica