

**COMISIONAMIENTO DE UN DINAMÓMETRO DE BAJA POTENCIA PARA EL  
LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**MARÍA ALEJANDRA CAMELO CERÓN  
HEIMER YADIR JAIMES JAIMES**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2019**

**COMISIONAMIENTO DE UN DINAMÓMETRO DE BAJA POTENCIA PARA EL  
LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**MARÍA ALEJANDRA CAMELO CERÓN  
HEIMER YADIR JAIMES JAIMES**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**Director  
JAVIER MAURICIO CASTELLANOS  
Ing. Mecánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2019**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bucaramanga 19 de noviembre de 2019**

Agradezco a Dios por siempre llevarme de su mano, por llenarme de bendiciones y rodearme de personas extraordinarias como mis padres Jairo y Xiomara y mis abuelos Carmen y Henry quienes forjaron la persona que soy en la actualidad, por confiar y apoyarme en mis sueños, mis logros se los debo a ustedes, entre los que se incluye este.

A Carlos Horacio por su apoyo e incondicionalidad durante mi crecimiento profesional, por aportarme cosas positivas no solo para mi carrera, sino también para mi vida.

A mi hermana Isabela por cambiarme la vida con su amor sincero y transparente, por ser mi motivación e inspiración para luchar por cada meta, por ser mi amiga y compañera de vida.

A todos gracias por enseñarme que no importa lo difícil que sea, todo con amor y perseverancia se logra.

**MARÍA ALEJANDRA CAMELO CERÓN**

Agradezco a Dios por mi vida, salud y sus bendiciones.

A mis padres José Alirio y Clara Inés, por sus enseñanzas, valores y por ser mi apoyo incondicional para todas las decisiones que he afrontado en mi vida. Por servirme de motivación para ser una mejor persona y por todo el afecto que me han brindado.

A Lauren Sareth, mi hermana. Porque con su llegada me enseñó lo maravillosa que es esta vida y por ser la fuente de mi inspiración para mejorar a diario y no desfallecer por más difícil que sea el camino. Las cosas realmente importantes requieren de un esfuerzo.

**HEIMER YADIR JAIMES JAIMES**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este proyecto expresan sus agradecimientos:

Al Ingeniero Javier Mauricio Castellanos, por permitirnos la oportunidad de realizar este proyecto con asesoría en base a sus conocimientos y por servirnos de guía durante todo el proceso.

Al señor Ludwing Casas, por sus conocimientos y la colaboración brindada durante el proceso de la construcción del proyecto.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por permitirnos ser parte de su comunidad de estudiantes y formarnos con principios y valores basados en el amor de Dios.

A todos los miembros de la Facultad de Ingeniería Mecánica que de una u otra forma nos instruyeron con sus conocimientos y experiencias durante la formación como Ingenieros Mecánicos y el desarrollo de nuestro proyecto de Grado.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>OBJETIVOS</b> .....	15
<b>1. MARCO TEORICO</b> .....	17
<b>1.1. DINAMOMETRO</b> .....	17
<b>1.2. PRUEBAS CON BANCOS DINAMOMÉTRICOS EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA</b> .....	18
<b>1.2.1. Torque y potencia</b> .....	19
<b>1.2.2. Consumo específico</b> .....	20
<b>1.3. CELDAS DE ENSAYO Y BANCOS DINAMOMÉTRICOS</b> .....	21
<b>1.4. COMISIONAMIENTO</b> .....	23
<b>1.4.1. Servicios Industriales</b> .....	23
<b>1.4.2. Espacio Físico</b> .....	24
<b>1.4.3. EPP (Seguridad industrial)</b> .....	26
<b>1.4.4. Software</b> .....	27
<b>1.4.5. Documentación</b> .....	27
<b>2. PROCESO DE DISEÑO</b> .....	28
<b>2.1. Bases de diseño</b> .....	28
<b>2.2. Consideraciones Para Diseño General</b> .....	29
<b>2.2.1. Análisis ergonómico.</b> .....	29
<b>2.2.2. Requerimientos</b> .....	31
<b>2.3. Software de diseño</b> .....	33
<b>2.4. Materiales</b> .....	33
<b>3. ANALISIS DE RESULTADOS.</b> .....	37
<b>3.1. Elementos constitutivos del banco de pruebas</b> .....	37
<b>3.1.1. Dinamómetro</b> .....	37
<b>3.1.2. Estructura</b> .....	38
<b>3.1.3. Apoyos</b> .....	40
<b>3.1.4. Soportes tipo corredera</b> .....	41
<b>3.1.5. Bomba Centrifuga</b> .....	41
<b>3.1.6. Tanque para suministro y almacenamiento de agua</b> .....	42
<b>3.1.7. Tanque abastecimiento de combustible</b> .....	43
<b>3.1.8. Motor GE-65 GASOLINA</b> .....	45
<b>3.1.9. Transmisión de Potencia</b> .....	47

3.1.10. Soportes Motor.....	50
3.1.11. Freno de Rueda.....	51
3.2. Montaje y pruebas de verificación.....	52
3.2.1. Aforar bomba.....	52
3.3. Pruebas de verificación de funcionamiento de componentes.....	57
4. COSTOS DE PROYECTO.....	64
CONCLUSIONES.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	70



## ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Dynamite .....	17
Ilustración 2 Dynamometry hidraulico .....	18
Ilustración 3 Banco de pruebas kart-dyno .....	22
Ilustración 4 Zona de adecuación 1 .....	25
Ilustración 5 Zona de adecuación 2 .....	25
Ilustración 6 Banco dynamite .....	28
Ilustración 7 Dinamómetro de absorción vista interior.....	38
Ilustración 8 Dinamómetro de absorción vista general.....	38
Ilustración 9 Estructura General .....	39
Ilustración 10 Apoyos banco dinamométrico .....	40
Ilustración 11 abastecimiento de agua .....	43
Ilustración 12 Tanque abastecimiento de combustible vista frontal .....	44
Ilustración 13 de combustible vista lateral.....	44
Ilustración 15 Motor 186 F Diesel .....	45
Ilustración 16 Motor a Gasolina .....	46
Ilustración 17 Transmisión de potencia .....	48
Ilustración 18 Soportes para motor .....	51
Ilustración 19 Freno de banco .....	52
Ilustración 20 Banco para motor Diesel.....	58
Ilustración 21 Banco para motor a Gasolina.....	59
Ilustración 22 Data logger Toma 1 .....	59
Ilustración 23 Data logger toma 2.....	60
Ilustración 24 Data logger toma 3.....	60
Ilustración 25 Data logger toma 4.....	60
Ilustración 26 Planos conexiones Data logger .....	61
Ilustración 27 Banco de pruebas motor a Gasolina .....	62
Ilustración 28 Montaje Dynamite .....	62
Ilustración 29 Montaje en madera dinamómetro .....	63

## TABLAS

Tabla 1 Promedio de alturas a nivel mundial.....	30
Tabla 2 Materiales UPB.....	34
Tabla 3 Materiales.....	35
Tabla 4 Características Generales Bomba Cpm 600.....	42
Tabla 5 Características Motor Diésel.....	45
Tabla 6 Motor GE-65.....	46
Tabla 7 Toma 1.....	53
Tabla 8 Toma 2.....	54
Tabla 9 Toma 3.....	55
Tabla 10 Toma 4.....	56
Tabla 11 Datos pruebas funcionamiento.....	59
Tabla 12 Costos transmisión de potencia.....	64
Tabla 13 Costos sistema hidráulico.....	64
Tabla 14 Costos celda de ensayo.....	65
Tabla 15 Costos motor Diésel.....	66
Tabla 16 Costos sistemas empleados.....	67

## GRAFICAS

Grafica 1 Bomba Cpm600 .....	53
Grafica 2 Aforo Toma 1 .....	54
Grafica 3 Aforo Toma 2 .....	55
Grafica 4 Aforo Toma 4 .....	56
Grafica 5 Aforo Toma 5 .....	57

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** COMISIONAMIENTO DE UN DINAMÓMETRO DE BAJA POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

**AUTOR(ES):** HEIMER YADIR JAIMES JAIMES  
MARIA ALEJANDRA CAMELO CERON

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** JAVIER MAURICIO CASTELLANOS OLARTE

### **RESUMEN**

Este proyecto comprende como entrega principal el comisionamiento de un banco dinamométrico el cual abarca actividades relacionadas con la revisión, verificación y documentación por medio de pruebas de funcionamiento, garantizando la correcta ejecución de los subsistemas que conforman el trabajo de grado en mención; de igual forma incluye temáticas de estudio, diseño y construcción referentes a la asignatura Motores de Combustión Interna de la Universidad Pontificia Bolivariana. Dicho banco de pruebas cumple con los requerimientos de quienes lo diseñan como con las capacidades y especificaciones de construcción e instalación en relación al fabricante del dinamómetro, afianzando la consistencia en los resultados obtenidos y la calidad del comportamiento de las variables a tratar.

### **PALABRAS CLAVE:**

Dinamómetro, Comisionamiento, Banco de pruebas, Motor, Celda de ensayo.

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** COMMISSIONING OF A LOW POWER DYNAMOMETER FOR THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE LABORATORY OF THE PONTIFICIA BOLIVARIANA SECTIONAL BUCARAMANGA UNIVERSITY

**AUTHOR(S):** HEIMER YADIR JAIMES JAIMES  
MARIA ALEJANDRA CAMELO CERON

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** JAVIER MAURICIO CASTELLANOS OLARTE

### ABSTRACT

This project includes as main delivery the commissioning of a dynamometric bank which includes activities related to the review, verification and documentation through performance tests, guaranteeing the correct execution of the subsystems that make up the mentioned grade work; Likewise, it includes themes of study, design and construction related to the subject of internal combustion engines of the Pontificia Bolivariana University. Said test bench meets the requirements of those who design it as with the capabilities and specifications of construction and installation in relation to the dynamometer manufacturer, strengthening the consistency in the results obtained and the quality of the behavior of the variables to be treated.

### KEYWORDS:

Dynamometer, Commissioning, Testing bench, Engine, Testing cell.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo hace relación al comisionamiento de los equipos de medición que intervienen en el diagnóstico de los motores de combustión interna. Las labores de comisionamiento efectuadas y los procesos que se llevan a cabo para obtener una celda de ensayos óptima para los equipos y elementos que intervienen en la evaluación de los parámetros técnicos de los diferentes motores asociados a la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga y que influyen en el aprendizaje y la formación instaurada a los estudiantes de Ingeniería Mecánica durante el proceso implementado por los docentes en la asignatura de Motores de Combustión Interna.

Las labores de comisionamiento para equipos incluyen planes detallados y estructurados que componen los sistemas que intervienen en su operación, comprobando funcionalidad para preservar la integridad técnica de los equipos, operación de elementos de control y servicios industriales que se necesitan, chequeos en los sistemas y subsistemas que interactúan con los equipos, preparación mecánica y puesta en marcha de cada elemento para cumplir estados de seguridad, confianza y eficiencia operativa.

Mediante la elaboración de este proyecto, se pretende fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Mecánica en el área de Motores de Combustión Interna de la Universidad Pontificia Bolivariana y por tal motivo; con la llegada de un equipo dinamométrico se diseña, construye y se pone a punto un banco de pruebas que facilite y mejore el desempeño de las actividades prácticas de la asignatura.

Se hace relación a la medición de las variables que influyen en el funcionamiento adecuado de los motores de combustión interna y mediante el comisionamiento de un dinamómetro de absorción hidráulico y los parámetros de funcionamiento brindados por el fabricante, se estructuró completamente una celda de ensayos que permitirá realizar mediciones eficientes a motores de combustión interna de diferentes características; garantizando la operabilidad del sistema y la seguridad tanto de los equipos como la del personal presente.

Finalmente, en los entregables que acompañan este trabajo se verá reflejado el fortalecimiento que brinda el desarrollo del proyecto al estudio y aprendizaje por parte de los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana en el área de Motores de Combustión Interna.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Comisionar un equipo Dinamométrico en el laboratorio de Motores de Combustión Interna, con el propósito de favorecer el aprendizaje de los estudiantes en el área práctica de la materia mediante los conocimientos adquiridos durante la carrera.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Preparar y modificar el espacio físico en el que quedará instalado el Banco de Pruebas Dinamométrico dentro del laboratorio de Motores de Combustión Interna de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, teniendo en cuenta las dimensiones de este y la ubicación de los demás elementos presentes en el laboratorio.

**Indicador:** Se utilizará como material de referencia documentación experimental de equipos de laboratorio afines; recomendaciones técnicas del fabricante; bibliografía especializada sobre comisionamiento de equipos industriales.

**Entregable:** Diagramas de distribución de planta del laboratorio de Motores de Combustión Interna, registro fotográfico de las adecuaciones implementadas en el laboratorio.

- Diseñar y producir una bancada adecuada para la instalación del equipo dinamométrico y sus componentes auxiliares.

**Indicador:** Criterios ergonómicos para la determinación de dimensiones, conceptos básicos de materiales para la selección de insumos y literatura especializada de elementos de máquinas y procesos de fabricación para cálculos, selección y construcción.

**Entregable:** Memorias de cálculo, planos constructivos y registros fotográficos del proceso de fabricación.

- Concebir y evaluar los protocolos experimentales y la documentación técnica necesaria para la correcta utilización del equipo experimental.

**Indicador:** Se utilizará la guía de uso suministrada por el fabricante del equipo dinamométrico, literatura sobre gestión de activos y de equipos experimentales y documentación de pruebas dinamométricas elaboradas por otras Universidades o Centros de investigación.

**Entregable:** Guía de laboratorio para estudiantes de Ingeniería Mecánica de la UPB seccional Bucaramanga y aplicativo informático para el procesamiento de la información obtenida con los instrumentos del Banco de Pruebas, documento de recomendación de uso, operación y mantenimiento del equipo experimental.



## 1. MARCO TEORICO

Este capítulo presenta una síntesis de aspectos relacionados con el funcionamiento, características y diseño de los elementos que conforman un banco de pruebas dinamométrico con fines académicos. Además de ello una compilación bibliográfica de los aspectos y elementos más importantes tratados en el desarrollo del proyecto de grado, relacionados con el funcionamiento de los motores de combustión interna sometidos a pruebas dinamométricas.

### 1.1. DINAMOMETRO

“El dinamómetro es un instrumento de medición mayormente empleado para determinar el par mecánico, la velocidad o la potencia de cualquier fuerza motriz rotatoria, como un motor de combustión interna o motor eléctrico.” [1] La Figura #1 muestra un dinamómetro de corrientes de Eddy, empleado corrientemente en celdas de medición y bancos de prueba.



Fig.1. Dynomite. Fuente: [2]

La Universidad Pontificia Bolivariana adquirió un dinamómetro hidráulico para cumplir con los propósitos académicos de la asignatura Motores de Combustión Interna. Considerado este

tipo de frenos, la capacidad para absorber energía depende fundamentalmente de la velocidad del motor y de la capacidad volumétrica del freno hidráulico.

La Figura #2 muestra una sección de corte de un dinamómetro hidráulico con los elementos que lo componen. La potencia mecánica recibida por el eje del dinamómetro tiende a hacer fluir el agua entre el rotor y el estator. Sin embargo, el patrón de flujo toroidal y el caudal que circula producen un efecto de frenado que induce la rotación de la carcasa. Esta rotación es limitada mediante un bloqueo mecánico conectado a un dispositivo de medición de fuerza, generalmente una celda de carga colocada al final de un brazo de reacción.

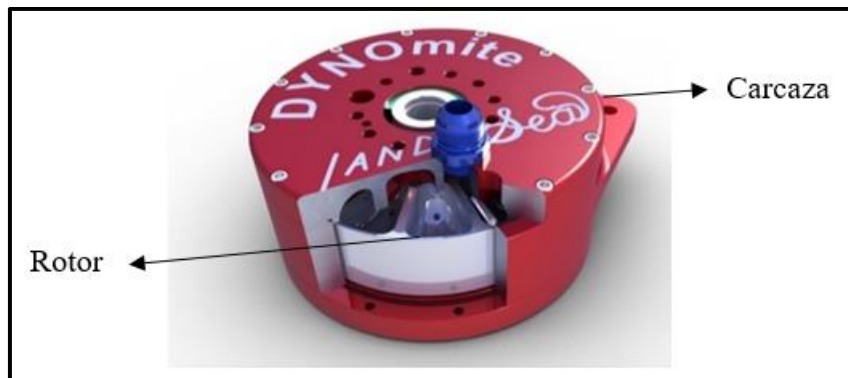


Fig.2 Dinamómetro hidráulico. Adaptado de: [2]

## 1.2.PRUEBAS CON BANCOS DINAMOMÉTRICOS EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Estos se efectúan en espacios debidamente equipados, siendo su objetivo el desarrollo de un motor o de algunos de sus componentes, o bien el análisis de alguno de los procesos que tienen lugar en el mismo.

Las principales pruebas experimentales son aquellas que sirven para determinar los valores de:

- Par motor (Torque). - Potencia. - Presión media efectiva. - Potencia absorbida por rozamiento.
- Consumo de Combustible. - Rendimientos.

También se efectúan otras pruebas con el objeto de investigar el desarrollo de los fenómenos físicos y químicos, determinando; por ejemplo:

- Evolución de las presiones en el cilindro. - Composición de los gases de escape. - Pérdidas de calor. [2]

De acuerdo a los parámetros establecidos dentro de la investigación del proyecto, los tipos de pruebas realizadas al Dinamómetro de Absorción obtenido por la Universidad Pontificia Bolivariana; se centraron en la medición de valores de Torque, Potencia y Consumo específico para los motores involucrados en el proceso de construcción del Banco dinamométrico. Los estudios para obtener otro tipo de valores por medio del dinamómetro se realizarán más adelante con supervisión de los docentes encargados en el área y los respectivos planes dentro de un proyecto de investigación.

### **1.2.1. Torque y potencia**

El torque y la potencia entregada por los motores, depende de la velocidad de la máquina. Aquellos parámetros aumentan a medida que la velocidad aumenta, hasta llegar al punto donde el motor entregará la mayor cantidad de potencia y torque posibles de acuerdo a su cilindrada.

Estos parámetros (Potencia, Torque) pueden ser medidos mediante un dispositivo de frenado usado para mantener la velocidad del motor en el valor conveniente. [3]

El torque está definido como [4]:

$$T = F \times D$$

Dónde:

- **F**= Fuerza de accionamiento (N).
- **D**= Distancia perpendicular a la fuerza de accionamiento (m).

La potencia freno del motor se puede determinar indirectamente por medio de la medición del torque de frenado y la velocidad angular en el eje del cigüeñal; mediante la relación de [5]:

$$bhp = T \times w$$

Dónde:

- **bhp** = Potencia al freno.
- **T**= Torque de frenado.
- **w**= Velocidad angular del motor.

Mediante el banco dinamométrico de pruebas, se someten a los motores a aceleraciones con diferentes rangos de velocidad (RPM) y el dinamómetro obtenido por la Universidad se encarga de registrar los valores de Torque y Potencia. Para la interpretación de los valores obtenidos por el dinamómetro, se toma por referencia la relación entre el Torque y la Potencia con la velocidad, estableciendo el valor de Torque más alto donde la potencia no aumenta más; como valor óptimo donde el motor es más eficiente.

### **1.2.2. Consumo específico**

Mediante este tipo de pruebas se puede conocer el rendimiento del motor en relación al combustible que gasta para realizar un trabajo. Existen diferentes tipos de medición que pueden realizarse en los motores de Combustión Interna: Medidor de Flujo Másico de Coriolis, Medidor de Flujo Másico Térmico, Medidor de Flujo Másico Electrónico, Medidor de Flujo Gravimétrico y Medidor de Flujo Volumétrico.

De acuerdo a las pruebas realizadas y al tipo de dinamómetro empleado para las mediciones en el banco de pruebas, se utiliza el método de Medidor de Flujo Volumétrico para conocer y evaluar el rendimiento de los motores involucrados en los ensayos. Lo anterior debido a que el Método Volumétrico es el más sencillo de realizar y el más exacto, pues consiste en realizar

mediciones del tiempo que emplea un motor en consumir un determinado volumen de combustible.

Para efectuar la correcta medición es necesario tener un recipiente con capacidad conocida conectado a una válvula al tubo que transporta el combustible del tanque principal.

Para que la medida del tiempo sea exacta, es necesario controlar visualmente el nivel del medidor del combustible; de modo que los niveles indicadores del volumen deben encontrarse en tubos de pequeña sección, para así evitar filtraciones de aire. De esta forma se evitan alteraciones en las medidas del volumen.

La medida del tiempo se realiza en segundos, aquellos que demora el motor en consumir la cantidad de combustible en litros, mientras el dinamómetro indica que está entregando la potencia requerida. La determinación que se efectúa es la de consumo específico de combustible y se mide en gramos por C.V. hora, y se indica  $C_e$ .  $C_e = \text{Gramos de combustible por hora} / \text{potencia (Ne)}$  [6].

### **1.3. CELDAS DE ENSAYO Y BANCOS DINAMOMÉTRICOS**

Es una estructura utilizada para realizar experimentos que se llevan a cabo en la industria, permitiendo entender el comportamiento de los elementos presentes y comprobando científicamente su funcionamiento.

La Figura #3 muestra un Banco de Pruebas Dinamométrico empleado por DYNO mite para Motores pequeños con los respectivos componentes de medición que integran a un Dinamómetro de Absorción ofrecido para realizar prácticas de laboratorio.



Fig.3.Banco de pruebas kart-Dyno. Fuente: [2]

Existen dos tipos de ensayos que se llevan a cabo en los Motores de Combustión Interna: Ensayos de Investigación y Desarrollo, los cuales se llevarán a cabo para el desarrollo del presente proyecto y los Ensayos de Producción que permiten verificar las características que corresponden a prototipos, y al mismo tiempo; efectuar un periodo de rodaje o asentamiento de un motor.

Los Bancos de Pruebas deben constar con ciertas especificaciones y características para el adecuado funcionamiento de los elementos presentes. A continuación, se listan las consideraciones más importantes a tener en cuenta para la construcción de un banco de pruebas para laboratorio:

- Una Cimentación que absorba las vibraciones que se producen debido fuerzas de inercia no equilibradas y de los correspondientes momentos resultantes.
- Una Bancada, cuya misión es soportar el motor.

- Unos Soportes para montar y fijar el motor en la bancada, así como regular la altura y alinear el motor con el freno.
- Freno dinamométrico que absorba la potencia desarrollada por el motor, ofreciendo una resistencia al giro de éste, y que esté provisto de un dispositivo para medir el par motor.
- Un acople o una Transmisión que permita la conexión freno-motor con una cierta elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones.
- Un sistema de alimentación de combustible con instrumentos de medición de consumo.
- Un sistema de refrigeración del motor:
- Una Red de agua para el Dinamómetro.
- Un sistema de evacuación de los gases de escape.
- Un sistema de ventilación para la sala de ubicación del Banco de Pruebas.[7]

## **1.4. COMISIONAMIENTO**

Comprende la información relacionada con los parámetros necesarios para efectuar los requerimientos obtenidos por parte del fabricante y la construcción de un banco ideal para el funcionamiento adecuado de un dinamómetro de absorción para motores de combustión interna.

### **1.4.1. Servicios Industriales**

Para la correcta ejecución de los procesos a desarrollar en el banco dinamométrico se tuvieron en cuenta los siguientes sistemas de control:

- a. Agua: Para el proceso de frenado este líquido es el elemento indispensable. Al considerarse en un estándar de importancia alto se realizó la construcción de un tanque de aluminio sección (capítulo 4, apartado 4.6) que proporcione al Sistema en general dicha sustancia, la cual es distribuida por todo el proceso por medio de una bomba sección (capítulo 4, apartado 4.5); de esta forma se garantizó la presencia de este elemento evitando la apertura de ductos que suministraran agua en el lugar de ubicación del banco en mención.
- b. Luz eléctrica: La bomba seleccionada para este proceso mencionada en el apartado anterior debe mantenerse conectada a una red eléctrica para su funcionamiento, por lo tanto, en el espacio adecuado para el banco dinamométrico se encuentra una toma de corriente para facilitar el desarrollo de las prácticas a realizar.
- c. Combustible: El suministro de acpm o gasolina debe ser constante para el motor que se encuentre en funcionamiento, por este motivo se fabricó un tanque sección (capítulo 4 apartado 4.4) destinado a este servicio con una capacidad de horas de trabajo considerables en relación a las prácticas semestrales a realizar.

#### **1.4.2. Espacio Físico**

Para la evaluación del espacio físico se realizó un previo análisis del lugar en el cual se situaría el banco dinamométrico.

En las siguientes imágenes se puede evidenciar como se encontró la zona en la cual se situaría el banco dinamométrico.





Fig.4.Zona de adecuación 1.



Fig.5. zona de adecuación 1.

Esta área situada en el laboratorio de motores de combustión interna localizado en el centro de desarrollo tecnológico CDT Agro-IN, de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, el cual se encuentra en muy buenas condiciones en relación a su infraestructura y las facilidades de adecuación que este mismo ofrece.

Se logró identificar que dicha área debía ser sometida a cambios en relación a:

- Ventilación: Para el correcto uso de dicho banco dinamométrico se deben manejar niveles de ventilación en un área de trabajo tipo temperatura ambiente. Se identificó que este espacio es muy cerrado; por lo que maneja temperaturas superiores a las normales en la ciudad de Bucaramanga y las cuales se encuentran en un rango entre los (20°-27°C). Por lo tanto, es aconsejable el uso de la ventana situada al fondo de dicho recinto o en su defecto la apertura de una nueva en la pared posterior a la misma.

Dicha área maneja unas dimensiones de:

- Ancho: 3 [m]
- Largo: 3.5 [m]
- Alto: 2.5 [m]

Las cuales se encuentran en las medidas adecuadas para situar el banco dinamométrico y para la adecuada realización de las practicas dentro de dicho recinto.

#### **1.4.3. EPP (Seguridad industrial)**

Como en toda practica es necesario el uso de implementos que guarden la salud de quienes manipulan o se encuentran en el área de trabajo dentro de una práctica de carácter educativo, se estudiaron dichos parámetros y se evidenció que es necesario el uso de:

- Guantes de carnaza: Deben ser este tipo de guantes para garantizar la protección de los operarios, tanto para el uso de las herramientas como para evitar accidentes durante la práctica.
- Bata: El uso de la bata es necesario, ya que se manejan fluidos tanto en el dinamómetro como en los motores que podrían experimentar altas temperaturas o causar daños en la piel del estudiante o docente encargado.

- Botas punta de acero: El uso de botas de protección es inexcusable; ya que se usan herramientas, sustancias e intercambio de elementos que podrían causar daños perjudiciales a la salud de quienes se encuentren operando el equipo.

#### **1.4.4. Software**

**1.4.4.1. Diseño:** El software SolidWorks CAD fue el seleccionado para realizar el área de diseño del banco dinamométrico, ya que por medio de este; se puede crear una perspectiva más precisa y real para generar así una demostración al equipo docente evaluador del rumbo que se le está dando al proyecto del banco dinamométrico.

Se seleccionó este software ya que por medio del mismo se logra evidenciar el diseño de dicho banco desde una óptica de 360°, siendo así una metodología mucho más efectiva para quien evalúa y detalla el diseño general.

Este tipo de software tiene una particularidad de efectividad a grande escala ya que permite ediciones en relación a correcciones o a futuros cambios que se generen sobre el equipo.

#### **1.4.5. Documentación**

La mayor fuente de instrucción para el desarrollo del proyecto, se obtuvo del **manual del fabricante** otorgado por la compra del dinamómetro; dentro del cual se encontraban especificaciones de partes, conexión, uso, confiabilidad, exactitud, prolongación de vida del equipo, conexiones anexas (agua), y manejo de la toma de datos por medio del sistema de control de medición.

## 2. PROCESO DE DISEÑO

En la formulación del anteproyecto se manifestaron diferentes parámetros a cumplir y tener en cuenta para efectuar el correcto desempeño del banco de pruebas dinamométrico. De esta forma se generó un punto de partida para determinar que la base debe tener una estructura móvil con fácil modificación y de esta forma garantizar el factible uso por medio de los estudiantes de la materia motores de combustión interna. De igual forma dispondrá de un soporte para los utensilios necesarios en la toma de datos y la formulación de graficas de torque, potencia y consumo específico. Tales como un computador portátil y un control numérico.

Para el cumplimiento de dichos parámetros se dispuso del uso del programa de diseño SOLIDWORKS con el objetivo de modelar las piezas necesarias para ensamblar dicha base dinamométrica y de esta forma poder dar al diseño un aspecto mucho más estético, cómodo y satisfactorio para las respectivas prácticas de los estudiantes cursantes de dicha materia.

### 2.1. Bases de diseño

Uno de los puntos de partida para el diseño en relación a la base de este proyecto; fueron las referencias de la misma propuesta por la empresa DYNO MITE (Fig. 6.) en la cual se pudo identificar la importancia que se da a la toma de datos, seguridad de la persona que se encuentra manipulando la base dinamométrica y a los elementos que componen a la misma:

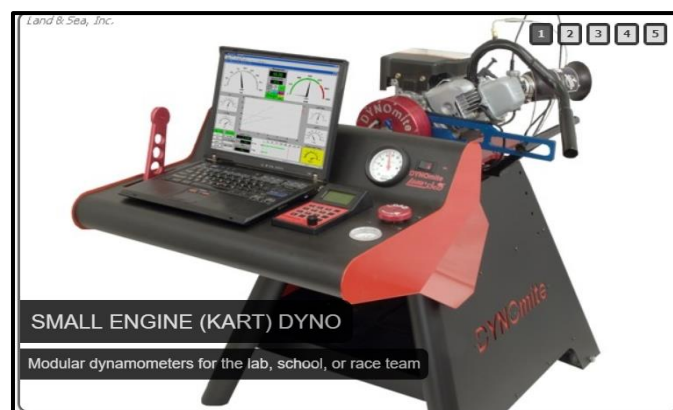


Fig.6. Banco Dynamite [2]

A partir de lo anterior se generó un diseño que incluye todos los parámetros a tener en cuenta para la práctica al igual que la estética y confiabilidad del proceso; generando así el dimensionamiento del banco dinamométrico en relación a los tres tipos de motores que se instaurarían en el mismo durante las diferentes prácticas, los sistemas de medición, la base fija que sostendría al dinamómetro y los criterios ergonómicos que harían del conjunto de elementos un funcionamiento adecuado y eficiente para los diferentes procesos a realizar en la misma.

## **2.2. Consideraciones Para Diseño General**

### **2.2.1. Análisis ergonómico.**

Dentro de este análisis se evitan factores ergonómicos negativos en relación al usuario que emplee o requiera posiciones inadecuadas, al igual que movimientos repetitivos o aplicación de fuerzas considerables durante la realización de la práctica. [9]. Dicho análisis es de gran importancia para prevenir futuras lesiones en relación a “posturas forzadas, la inadecuada manipulación, manual de cargas y la incorrecta aplicación de fuerzas durante las tareas laborales” ya que este tipo de condiciones físicas puede generar daños a futuro a los estudiantes que hacen uso de la base dinamométrica durante (1 semestre) y aún más para el operario docente quien realiza la explicación repetitiva para los diferentes cursos y durante varios semestres de pregrado de la Universidad pontifica Bolivariana.

Según la ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales es necesario que toda planta, maquinaria o área en general en la cual una persona se desempeñe laboralmente debe cumplir con requisitos para garantizar la salud y seguridad de los operarios. Según este proyecto se pueden especificar de la siguiente forma:

- Riesgos: Dentro de la guía de trabajo se especifican los riesgos que se presentan en relación a:

- Usar manos, piernas o cualquier parte del cuerpo como elemento de frenado del dinamómetro o motor.
  - Hacer mal uso de las herramientas que se encuentran en el laboratorio para intervenir el motor o dinamómetro al momento de estar en funcionamiento.
  - Situar sustancias inflamables cerca a el sistema.
- Informar: Se da a conocer a los estudiantes y el cuerpo docente que operara dicho banco dinamométrico los posibles riesgos que se pueden presentar durante el uso del mismo.
  - Formar: Por medio de la guía de trabajo se presenta el funcionamiento teórico y práctico del banco de forma clara y específica.
  - Consulta y participación: Por medio de la guía de laboratorio se pretende que los estudiantes cursantes de la materia motores de combustión interna fomenten su capacidad investigativa para observar el correcto uso de dicho banco antes de realizar cada práctica por medio de pre-informes, durante la misma por medio del docente a cargo y después por medio de informes.

De acuerdo a lo planteado anteriormente se definieron las siguientes medidas con el objetivo de considerar un diseño adecuado tanto para el sistema en general como para el operario, teniendo como referencia los estándares de dimensiones promedio para los colombianos entre los veinte y cincuenta años de edad se encontró que según estudios realizados por un banco de pruebas de investigación que la altura promedio de los hombres colombianos es de 1.69 [m] y de las mujeres colombianas de 1.56 [m] como se puede identificar en la siguiente tabla: [10]
























 Ecuador	1.67 m	74.2 kg	26.6	1.54 m	66.2 kg	27.9
 Belarús	1.78 m	84.0 kg	26.5	1.66 m	74.1 kg	26.9
 Bosnia y Herzegovina	1.81 m	86.5 kg	26.4	1.67 m	70.6 kg	25.3
 Barbados	1.76 m	81.8 kg	26.4	1.65 m	79.8 kg	29.3
 Dinamarca	1.81 m	86.2 kg	26.3	1.68 m	69.4 kg	24.6
 Portugal	1.73 m	78.7 kg	26.3	1.63 m	67.5 kg	25.4
 Brasil	1.73 m	78.7 kg	26.3	1.60 m	68.6 kg	26.8
 Kazajstán	1.72 m	77.8 kg	26.3	1.60 m	68.1 kg	26.6
 Perú	1.65 m	71.3 kg	26.2	1.53 m	63.4 kg	27.1
 Países Bajos	1.83 m	87.4 kg	26.1	1.69 m	72.3 kg	25.3
 Groenlandia	1.74 m	79.0 kg	26.1	1.61 m	69.2 kg	26.7
 Francia	1.79 m	83.3 kg	26.0	1.65 m	66.4 kg	24.4
 Rusia	1.76 m	80.2 kg	25.9	1.65 m	72.7 kg	26.7
 Jamaica	1.75 m	79.0 kg	25.8	1.63 m	78.6 kg	29.6
 Colombia	1.69 m	73.7 kg	25.8	1.56 m	65.0 kg	26.7
 Túnez	1.74 m	77.5 kg	25.6	1.60 m	69.6 kg	27.2
 Marruecos	1.71 m	74.3 kg	25.4	1.58 m	66.4 kg	26.6
 Irán	1.73 m	75.7 kg	25.3	1.59 m	68.8 kg	27.2
 Cuba	1.72 m	74.8 kg	25.3	1.59 m	66.0 kg	26.1
 Bolivia	1.67 m	70.6 kg	25.3	1.53 m	64.8 kg	27.7
 Malasia	1.68 m	71.1 kg	25.2	1.56 m	63.5 kg	26.1
 Granada	1.77 m	78.6 kg	25.1	1.65 m	78.4 kg	28.8
 Sudáfrica	1.68 m	70.8 kg	25.1	1.59 m	74.6 kg	29.5

Tabla 1. Promedio de alturas a nivel mundial. Fuente [10]

Por lo tanto, este tipo de investigaciones sirve de base para el desarrollo del diseño general del banco dinamométrico.

Dentro de este proyecto se hizo uso de un banco preexistente en la universidad Pontificia Bolivariana ya que al realizar el análisis del mismo desde los diferentes parámetros mencionados anteriormente se diagnosticó:

- a) Dimensiones: Se evidencio una correcta altura con respecto al banco ya existente
- b) Materiales: Algunos obtenidos de la Universidad Pontificia Bolivariana y otros adquiridos por los estudiantes que desarrollaron el proyecto.
- c) Estado del banco: El banco se encontró en un estado favorable, los materiales del mismo no se encontraban herrumbrosos, las ruedas que dan soporte tenían una movilidad normal al igual que los pines usados para el frenado.

Al terminar este análisis general, se seleccionó este banco para ser desmontado, pulido y pintado. Después, se dio paso a la construcción ya diseñada para el banco dinamométrico.

## 2.2.2. Requerimientos

Para el diseño general del banco dinamométrico se plantearon ciertas exigencias las cuales fue necesario cumplir para el buen funcionamiento del mismo, dentro de estas se encontró que:

- a. El banco será manipulado por personal estudiantil (cursantes séptimo semestre) y el personal docente a cargo. Por este motivo fue importante para el diseño del banco la protección de quienes vayan a manipular el mismo, ya que los estudiantes se enfrentarán a la puesta en marcha del proceso. Se instauró una banda protectora o guarda de seguridad situada en la parte posterior a la cadena que tiene como función la relación motor- dinamómetro la cual alcanza velocidades elevadas en relación al motor; siendo así un proceso repetitivo en las practicas a realizar. Por lo tanto, podría convertirse en un desgaste físico para la misma, de igual forma el área en la cual está situado el eje unido al dinamómetro se encuentra recubierto por una caja en fibra de vidrio, por medio de la cual se asegura una mayor protección para quienes manipulan el proceso.
- b. Dentro de los motores que se manipularon en el banco dinamométrico se encontraban dos para la toma de datos en relación al Proyecto de grado en mención, los cuales se especifican en (capitulo 4, apartados 4.8 y 4.9), pero de igual forma se quiso dar una cobertura mucho más amplia para futuras adecuaciones en el banco, por este motivo se realizó una base que proporcionará un cambio de dimensiones por medio de unos rieles en vertical y paralelo (capitulo 4, apartado 4.11) los cuales facilitan la adecuación de diferentes motores.
- c. La crisis ambiental que se vive actualmente en el país; en relación a la gran pérdida de agua ha llegado a niveles elevados, aunque Colombia tenga gran riqueza hídrica la disminución de este recurso se ha visto afectada en un 43% de pérdidas de la misma a nivel nacional según un estudio realizado por la universidad de La Sabana [11]. Como estudiantes se evidencia la responsabilidad que se tiene al generar un activo o producto



con respecto al cuidado del medio ambiente, por este motivo se instauro un tanque (capitulo 4, apartado 4.6) ya que el dinamómetro presento un alto consumo de agua en las primeras pruebas a realizar, de esta forma se evidencio un déficit al no reutilizar el agua para diferentes pruebas. Por lo tanto, el nivel de eficiencia tanto para el proceso como para el medio ambiente se vería reflejado en añadir un tanque que ayudará a almacenar dicha agua para diferentes pruebas durante las prácticas de laboratorio a realizar.

- d. Según lo mencionado anteriormente, para conformar el conjunto de recirculación de agua por el Sistema fue necesario la implementación de una bomba (capitulo 4, apartado 4.5) que ayudara a complementar el proceso ahorrativo del recurso hídrico en mención.

### **2.3. Software de diseño**

Para la realización del diseño del banco de pruebas dinamométrico se usaron diferentes parámetros de evaluación correspondientes a las dimensiones tomadas de cada uno de los elementos que componen a dicho banco.

Se utilizó el software CAD de diseño SolidWorks el cual es usado en su mayoría para diseño en 2D Y 3D. Por medio de las herramientas que brinda este tipo de software, se logra diseñar con una mayor facilidad cada uno de los parámetros necesarios para un diseño optimo, eficiente y estético.

### **2.4. Materiales**

Para el desarrollo del proyecto, mediante el análisis y estudio de todos los elementos que intervienen en la incorporación del sistema en conjunto para el Banco Dinamométrico de Pruebas, se formulan una lista de materiales indispensables en la construcción de tipo mecánico y de los cuales algunos de ellos son suministrados por la Universidad Pontificia Bolivariana.

ITEM	MATERIALES
1	Estructura Metálica en Acero diseñada para bancada de motor
2	Dinamómetro Hidráulico de Absorción
3	Lámina de Aluminio 2mx1m (Tanques, Guarda para cadena)
4	Perfil de Acero en L 5x5cm 1m
5	Motor Diesel 406cc 10Hp
6	Bomba Centrifuga Pedrollo 0,5 Hp
7	Engranaje 40B18
8	Platina en Acero Espesor 4mm 1mx0,06m
9	1/4 Poliuretano Rojo
10	1/2 Galón de Thinner
11	1 Galón de ACPM
12	Soldadura Tic
13	Soldadura Mic
14	Acrílico Azul translucido
15	1 Cinta Teflón 12mmx0,075mmx10m
16	Tubo en Acero calibre 18 1"1/4"x40cm

Tabla 2. Materiales UPB.

Con respecto al planteamiento del Banco Dinamométrico de Pruebas y al estudio instaurado para la obtención de un Banco de Pruebas funcional, seguro y confiable para el fortalecimiento del Laboratorio de Motores de la Universidad Pontificia Bolivariana; se establece el uso de elementos que generan una mayor destreza al momento de operar los equipos involucrados. Estos elementos son suministrados por parte de los estudiantes que integran el proyecto.

ITEM	MATERIALES
1	Tubería PVC 3/4x3m
2	Manguera Translucida 1/4x2m
3	Perfil de Acero en U 3mx0,06m
4	1 eje de Acero 1"x1m
5	1 Piñón 40B18 Intermec
6	1 piñón 40B30
7	40 Tornillos Punta Broca 8*19 1"
8	1 Cable Dúplex 2x12 3m
9	1 Clavija codelca macho grande
10	1/4 Base Gris en laca
11	2 Unión en Aluminio roscada 1/2
12	8 Tornillos 3/8x2"
13	10 Machos PVC 3/4
14	10 Codos PVC Presión 3/4
15	4 Universales PVC 3/4
16	2 Válvulas Bola PVC 3/4
17	2 Machos PVC 1"

18	2 Bujes PVC Presión 1"x3/4
19	1 Limpiador PVC frasco
20	1 Soldadura PVC frasco
21	1/4 Catalizador
22	4 Tornillos 1/2x1"
23	2 Uniones en Aluminio roscada 3/4
24	1 Lámina de Madecor 120cmx15mm
25	2 Rieles para Gabeta
26	4 Patas para Mueble
27	1 Cadena paso 40
28	2 Chumaceras 1"
29	3 Codos para Manguera en cobre 3/4
30	1 Niple en cobre
31	2 Niples en Galvanizado
32	2 Tapones para tanque
33	1 Galón de Aceite
34	4 Abrazaderas
35	1 Válvula Bola PVC roscada 3/4
36	1 Lámina en Acero para cubrir 2mx1m
37	1 Y Galvanizada 3/4 rosca interna
38	1/4 Acrilico color negro
39	1/4 de Thinner

Tabla 3. Materiales.

### **3. ANALISIS DE RESULTADOS.**

Dentro de este capítulo se evalúan los planteamientos mencionados anteriormente en relación al cumplimiento de los objetivos. Se justifica el desarrollo de los procesos referentes a los elementos que componen el banco en mención y las pruebas realizadas con sus respectivos comportamientos y resultados obtenidos.

#### **3.1. Elementos constitutivos del banco de pruebas**

##### **3.1.1. Dinamómetro**

El dinamómetro adquirido por la universidad pontificia Bolivariana es de tipo “Dinamómetro de absorción de agua” como se especifica en el (capítulo 1. Apartado 1.1.1.) con mayor detenimiento.

Teniendo en cuenta el parámetro general que se encuentra en el manual del fabricante “Por lo general, tienen uno o más rotores con ranuras que giran entre las carcasas del estator embolsadas. La carga se controla al variar el volumen de agua que recircula dentro del freno con válvulas de entrada y / o salida ajustables y orificios. El aumento de este nivel de agua aumenta la resistencia a la rotación del rotor de la bomba, lo que aplica más resistencia al motor al girarlo” [12].

Las dimensiones del mismo se especifican en los planos anexos al documento.

La Figura 7 y 8 muestran un plano general de un dinamómetro de absorción para de esta forma dar a conocer al lector la estructura por medio de la cual se desencadenó el proyecto en mención.

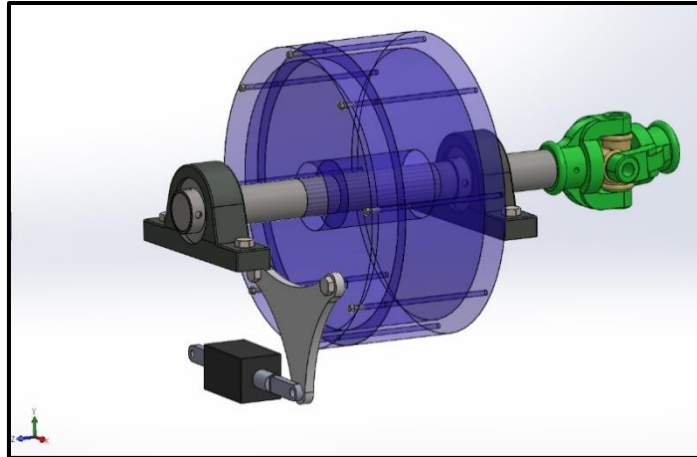


Fig.7. Dinamómetro de absorción vista interior

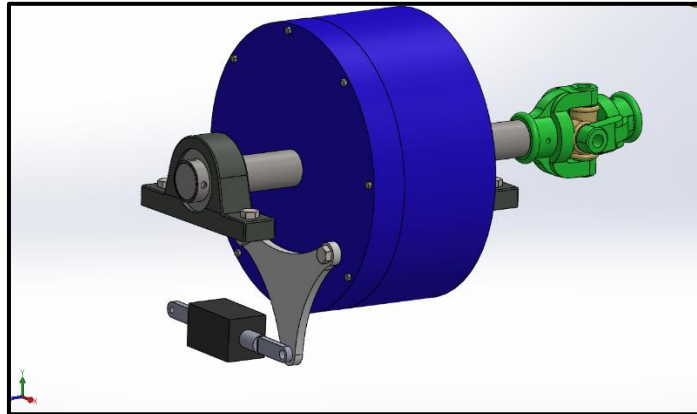


Fig.8. Dinamómetro de absorción vista general

### 3.1.2. Estructura

Como fue mencionado anteriormente la estructura principal seleccionada a partir de un banco ya diseñado al cual se le realizaron diferentes adecuaciones que proporcionaron complacencia con el objetivo del proyecto de grado en mención.

Para esta estructura se adecuaron sobre la misma los apoyos del eje sección (capítulo 4, apartado 4.3), apoyos para el freno que acompaña al dinamómetro, bases en la parte superficial que ayudan a generar un mayor soporte de peso a peso en comparación con el motor, frenos de rueda sección (capítulo 4, apartado 4.12), adicional a ello se agregaron cuatro soportes tipo

corredera sección (capítulo 4, apartado 4.4) para una mayor comodidad en el movimiento del motor en relación a quienes se encuentren haciendo uso del mismo.

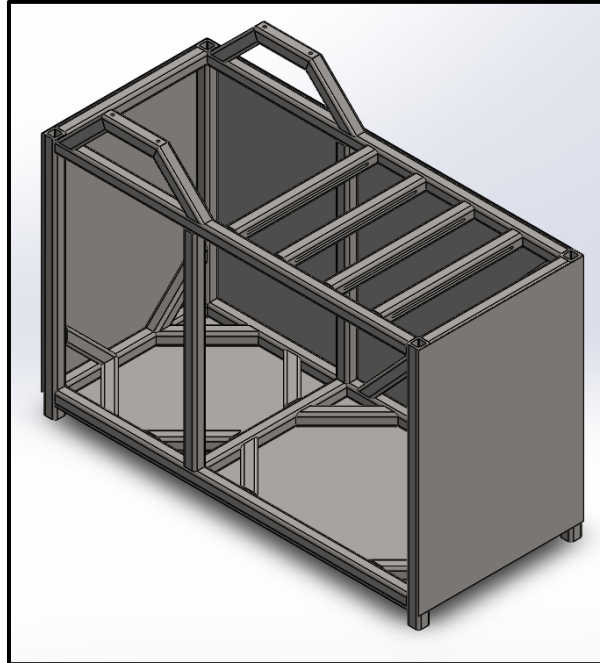


Fig.9. Estructura General.

Se logra evidenciar en la Figura 9 como en los costados y la cara principal se encuentran cubiertas por láminas galvanizadas, las cuales generan un mejor diseño estético acorde al banco en mención; adicional a ello se pensaron para este tipo de estructura en relación con el cuidado y protección de quienes hagan uso del mismo, ya que los dos cajones inferiores se encuentran abordados por una bomba sección (capitulo 4, apartado 4.5) y un tanque encargado del suministro de agua sección (capitulo 4, apartado 4.6) los cuales se componen de diferentes conexiones que implican enlaces compuestos por PVC y cableado por lo tanto solo debe ser manipulado en caso de que requiera un cambio o reparación, de lo contrario durante las pruebas deben estar completamente aislados y protegidos de eventualidades que se presenten durante el proceso.

### 3.1.3. Apoyos

En el banco dinamométrico se instauraron dos apoyos principales con el objetivo de proporcionar estabilidad al proceso, con una mayor rigidez, menor vibración, y un análisis de resistencia eficiente.

En la Figura 10 se muestra con mayor detenimiento la forma triangular en la cual se ubicaron los apoyos la parte superior del banco.

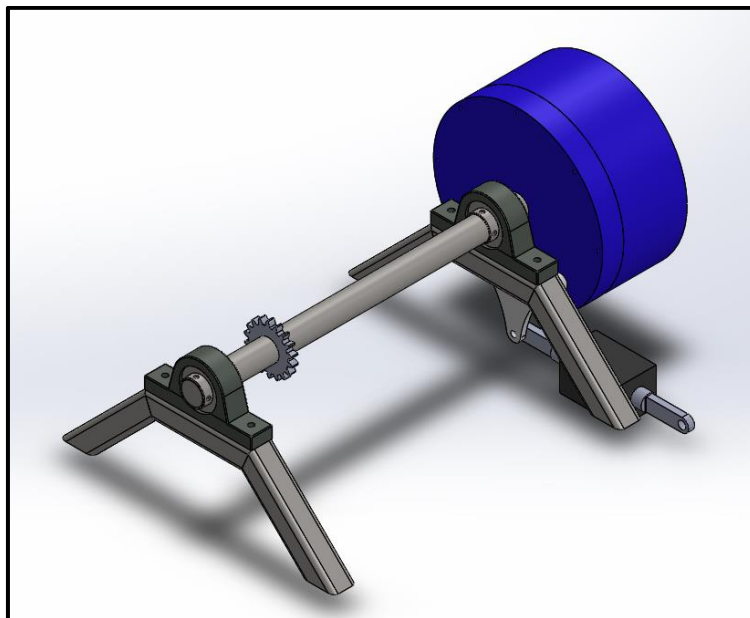


Fig.10. Apoyos Banco dinamométrico

Este tipo de diseño se seleccionó en relación a diferentes parámetros:

- En voladizo: La principal razón por la cual se seleccionó este tipo de mecanismo para el soporte del dinamómetro y el despliegue de la transmisión fue por ser la estructura más adecuada para el uso correcto de este dispositivo, el cual tendría que estar sujeta al parámetro de en voladizo en relación al dinamómetro; ya que por medio de este tipo de esqueleto estructural se lograron evitar niveles de vibración que están sujetos a la transmisión compuesta por eje-motor. Este problema nació al identificar que el motor



Diésel sección (capítulo 4, apartado 4.8) al ser un motor robusto y de grandes dimensiones en su puesta en marcha generaba niveles de frecuencia natural altos en todo el banco; lo cual producía un déficit en la toma de datos proporcionada por el dinamómetro.

Una característica del Sistema en voladizo es que genera un contrapeso al soportar en un extremo el dinamómetro, generando una fuerza vertical contrarrestando de esta forma el peso del objeto en mención y un momento flector que evita la vibración del eje. [13]

- Ubicación del eje: Gracias a este tipo de diseño se logró ubicar el eje en medio de los dos apoyos en mención, permitiendo de esta forma la facilidad de tener una movilidad en la ubicación del piñón que inicia la transmisión directa con el motor ensamblado.

#### **3.1.4. Soportes tipo corredera**

En el sistema se instauraron cuatro soportes tipo corredera en la parte superior del banco de largo 57 [cm] y ancho 17 [cm] por medio de las cuales se logró dar facilidad al montaje del motor mencionado en el apartado (4.8) y en adición a esto, a futuros motores que se quieran adecuar en el banco dinamométrico para su respectivo análisis.

Este tipo de soportes logran una amplitud de 49 [cm] en forma horizontal y una de 55 [cm] de forma vertical logrando de esta forma la posibilidad de anclar cualquier tipo de motor a la transmisión adecuada para el correcto funcionamiento del dinamómetro.

#### **3.1.5. Bomba Centrifuga**

Para el sistema hidráulico instalado en el banco de pruebas se adaptó una electrobomba de tipo centrifugo para el abastecimiento del agua requerida en el adecuado frenado del Dinamómetro

de Absorción con base a la potencia de los motores. Aquellas consideraciones son relevantes debido a las especificaciones brindadas por el fabricante para cumplir condiciones de caudal y presión a la entrada del dinamómetro.

Características generales bomba Cpm 600

Cuerpo de bomba mesurado por hierro completamente fundido al igual que la tapa del objeto en mención
Eje del motor que atraviesa de extremo a extremo la carcasa de la bomba fue diseñado de acero inoxidable según el manual del fabricante.
Sello mecánico compuesto de grafito en el anillo móvil y cerámica en su anillo fijo.
Rodamientos
Condensador
Motor eléctrico de 220 V – 60Hz proporciona una protección eléctrica incorporada en el bobinado.
Caudal con noveles de hasta 160 [l/min]
Altura manométrica de hasta 56 [m]

Tabla 4. Características generales Bomba Cpm 600

Según los parámetros del fabricante para el correcto uso del dinamómetro el bombeo de agua que debe generar este elemento es de 1 Galón por minuto en relación a 20 [Hp] por este motivo se aforo la bomba en mención dando el análisis mencionado en (Capitulo 6, apartado 6.1)

**3.1.6. Tanque para suministro y almacenamiento de agua**

Se realizó la construcción de un tanque de aluminio con el objetivo de abastecer el agua necesaria para el funcionamiento adecuado del dinamómetro, para ello se fabricó un tanque de dimensiones 40 cm ancho x 40 cm largo x 40 cm profundidad, con una capacidad de 64 Litros. Teniendo en cuenta el espacio definido para la ubicación del objeto en mención se adecuo su diseño con la finalidad de situarlo posterior al dinamómetro y bajo el motor para de esta forma lograr una nivelación de pesos en el banco en general y así evitar con anterioridad el aumento de la frecuencia natural del banco al realizar las diferentes prácticas.



Fig.11. Tanque abastecimiento de agua

Se identificó la necesidad de proporcionar dos boquillas en la parte superior de 1 pulgada de diámetro y 2 pulgadas respectivamente, las cuales facilitan al proceso la regulación de la presurización del tanque en mención.

### **3.1.7. Tanque abastecimiento de combustible**

Se creó un tanque con la finalidad de suministrar el combustible al motor anclado al banco en mención. Este se encuentra constituido por dimensiones de 15 cm ancho x 35.5 cm alto x 15 cm profundo, con una capacidad de 8 litros. Contiene dos orificios uno ubicado en el parte superior denominado (entrada de combustible) y el segundo situado en el costado derecho-inferior por medio del cual se realiza la distribución del combustible a el motor que se encuentre anclado al tanque por medio de una manguera de 1 [m] con un diámetro de punta-punta de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. En relación a esto se adecuo una mirilla que lograra proporcionar detalladamente como observar el consumo de combustible en las diferentes pruebas a realizar; adicional a lo

mencionado anteriormente este elemento se ubicó fuera del banco principal ya que las vibraciones proporcionadas por el motor en funcionamiento afectaban las condiciones naturales del tanque y de esta forma la sustancia que se encontraba en su interior se vio afectada para lograr una toma de datos enlazada con la mirilla ubicada en la cara principal del objeto.

Las Figuras 12y 13 presentan la cara principal en la cual se encuentra situada la mirilla mencionada y en su costado las boquillas de igual forma nombradas respectivamente.



Fig.12. Tanque Abastecimiento de combustible vista frontal.



Fig.13. Tanque abastecimiento de combustible vista lateral

## Motor 186F DIESEL

10 Horse power [Hp]
velocidad de 3600 revoluciones por minuto (rpm)
Desplazamiento de 406 (cc).
N.W 48 [kg]
G.W 55 [kg]
4 tiempos vertical
Diámetro x carrera:[mm] 86x70
Desplazamiento: 406cc
Relación de compresión: 20:01
Max potencia de salida: [6,6 KW]/3600 rpm
Rotación: Derecha
Capacidad del tanque de combustible: [L/gal] 5,5/1,45
Consumo de combustible:270 g/kW-h
Combustible: Diesel
Aceite lubricante: SAE 10W30
Peso neto [Kg/lb]:53/116,9

Tabla 5. Características motor Diesel Fuente [15]

En la Figura 14 se observa un prototipo del motor en mención, abarcando la cara frontal del mismo.



Fig.14. Motor 186 Diesel. Fuente [15]

### 3.1.8. Motor GE-65 GASOLINA

EL Banco Dinamométrico de Pruebas tiene como objetivo permitir a los estudiantes interactuar con diferentes tipos de motores pequeños menores a 30 Hp y estudiar el comportamiento que presenta cada uno de ellos al momento de ser sometidos a pruebas de torque, potencia y consumo específico en diversas situaciones. Al igual que el motor Diésel mencionado en la sección 4.8, el motor descrito a continuación hace parte de los elementos presentes que incorporan el banco de pruebas:

Motor Gasolina 485-GE65 GPM Estacionario
velocidad de 3600 revoluciones por minuto (rpm)
Cilindrada de 208 (cc).
Peso Neto 16 [kg]
Diámetro del pistón: 70[mm]
Max potencia de salida: [4,0 KW]/3600 rpm
Rotación: Derecha
Combustible: Gasolina

Tabla 6. Motor GE-65.



Fig.15. Motor a Gasolina

### **3.1.9. Transmisión de Potencia**

La transmisión utilizada para el Banco Dinamométrico de Pruebas es un mecanismo de cadenas empleado a través de engranajes, el cual permite una alta eficiencia de operación para prácticas de laboratorio. La elección de este tipo de transmisión se realiza de acuerdo al cumplimiento de los objetivos planteados en la elaboración del proyecto, aquella transmisión busca satisfacer o cumplir con los requerimientos instaurados para que la bancada permita evaluar parámetros a diferentes tipos de motores pequeños menores a 30 Hp; pero que varían en su rango de velocidades de operación.

La transmisión consta de un engranaje conectado al eje del motor, un piñón instalado en la flecha que conduce al dinamómetro y la cual se encuentra apoyada en dos chumaceras y una cadena que se encarga de transmitir la potencia entre el mecanismo. Los engranajes utilizados en el montaje principal generan una relación 1:1 y son tipo 40B18, indicando que poseen un paso de 40 mm con 18 dientes.

Este tipo de transmisión permite que el Banco Dinamométrico pueda evaluar diferentes motores y para ello se modifica únicamente los piñones instalados en la flecha que conduce al Dinamómetro. Entre los motores seleccionados para evaluar, se encuentra un motor de motocicleta que excede los niveles de RPM soportados por el Dinamómetro y para el cual es necesario modificar la relación de transmisión de potencias.

Se elige un piñón tipo 40B30 variando únicamente el número de dientes, lo que incide en el cambio de relación, logrando que por cada vuelta que dé el motor, la flecha avance casi la mitad menos y mediante esa relación se pueda evaluar todo tipo de motores pequeños de combustión interna menores a 30 Hp; protegiendo la vida útil del equipo dinamométrico y siendo este mecanismo un sistema altamente práctico para las pruebas requeridas.

La cadena posee un sistema que permite extender o reducir sus dimensiones y el diseño del Banco de Pruebas permite tensionarla adecuadamente. Además, el mecanismo de transmisión cuenta con la suficiente seguridad tanto para los equipos involucrados en la operación como para los operarios.

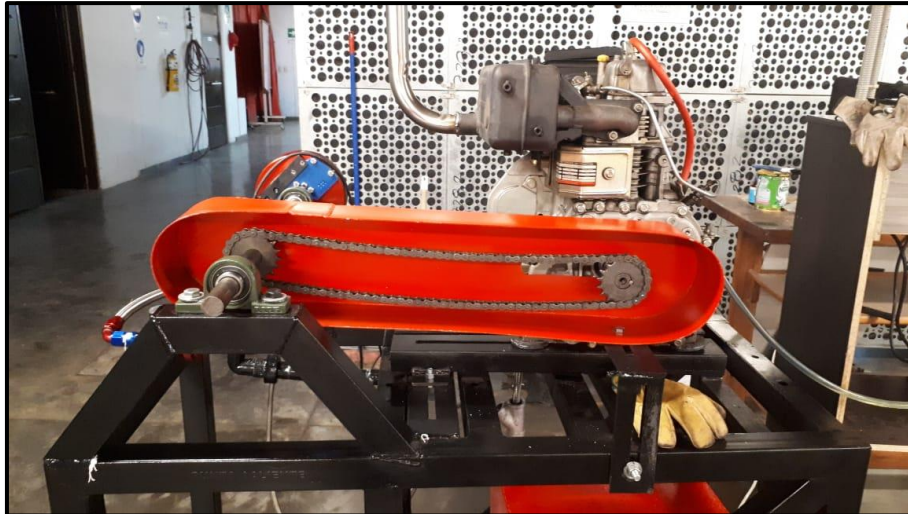


Fig.16 Transmisión de potencia

Para el desarrollo del proyecto se analizó, estudio y se llegó a la conclusión de utilizar un sistema de transmisión mecánico de potencia. Esto debido a los conocimientos adquiridos durante el proceso llevado a cabo como estudiantes de Ingeniería Mecánica y a la percepción de que un Banco de Pruebas donde intervengan motores de Combustión Interna proporciona Ruidos, Vibraciones y situaciones externas que afectan directa o indirectamente las mediciones y experimentos realizados.

El sistema de transmisión de potencia es instaurado en este proyecto con la finalidad de reducir las vibraciones en el equipo de medición empleado (Dinamómetro Hidráulico) para evitar alteraciones en los datos hallados y de igual forma para permitir un acondicionamiento de diferentes motores en la bancada, protegiendo al equipo de medición adquirido por la



Universidad Pontificia Bolivariana y sin sobrepasar los límites de velocidad en RPM máximos de operación de este.

El sistema mecánico empleado está compuesto por un mecanismo de piñones (Sprocket) conducidos por una cadena y que permite transmitir la potencia mediante ellos desde un elemento motriz a un elemento conducido donde se proporciona la medición.

Los análisis realizados en las pruebas permiten observar la velocidad entregada en el elemento motriz y el elemento conducido a través de un tacómetro y así conocer la fiabilidad que presenta el sistema en la toma de datos registradas por el equipo dinamométrico.

Los cálculos realizados establecen la relación de transmisión o la relación entre la velocidad angular de los dos elementos conectados entre sí. Estos cálculos se pueden determinar gracias al tamaño de los elementos, amplificando o reduciendo las velocidades.

$$i = \frac{Z1}{Z2} = \frac{D1}{D2} = \frac{N2}{N1}$$

**Z**= Número de Dientes **D**= Diámetro **N**= Velocidad Angular Rpm

El número 2 representa la salida del sistema y el número 1 la entrada a este

Para el cumplimiento de los objetivos se utilizan 2 relaciones de transmisión:

La primera se realiza con 2 Sprocket de igual diámetro y número de dientes. Ambos pasos 40 mm y de 18 dientes. Por lo tanto, la relación de potencia es 1:1. Esta relación es utilizada para el motor de combustión interna 186F Diésel. Esta relación es utilizada debido a que el motor no sobrepasa las revoluciones permitidas por el Dinamómetro.

La segunda se realiza con un sprocket 40B18 y otro tipo 40B30 donde se observa la variación en el número de dientes y el diámetro de los sprocket. Este sistema mecánico es empleado para aquellos motores pequeños menores a 30 Hp, pero que sus RPM sobrepasan las permitidas por

el equipo dinamométrico. Por lo tanto, se busca con el sistema de transmisión reducir la velocidad de operación al eje conectado al equipo de medición y así poder realizar análisis a todo tipo de motores pequeños sin importar sus rangos de operación por minuto.

Para estos casos se realizan cálculos como los siguientes:

$$i = \frac{N2}{N1} = \frac{30}{18} = \frac{5}{3}$$

Al necesitar reducir velocidades por medio de la transmisión, se busca que por cada vuelta que dé el eje motriz; el eje conducido realice una menor cantidad de vueltas dado el caso. Según lo anterior, el sprocket 40B18 para estos casos; es la entrada al sistema, el cuál va instalado en el eje motriz y el sprocket 40B30 es la salida del sistema instalado en el eje conducido. Lo que significa que la relación de potencia para estos casos es 5:3, indicando que por cada 5 vueltas que se realicen en el eje motriz; el eje conducido realiza 3.

### **3.1.10. Soportes Motor.**

Se instauraron sobre los soportes tipo corredera cuatro apoyos compuestos por caucho de diámetro 8 [cm] con una altura de puntual de 2 [cm], los cuales proporcionan un aislamiento entre la frecuencia natural del motor y la estructura base principal del banco; generando así una disminución en la frecuencia natural que se producía entre el motor y el banco en general.

En la Figura 17 se observa como los soportes se anclan al motor por medio de tornillos universales de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.



Fig.17. Soportes para motor

### 3.1.11. Freno de Rueda

Al terminar de sujetar y situar todos los elementos que complementaban al banco dinamométrico se evidencio la necesidad de proporcionar frenos a las ruedas que componían el mismo, dos en la parte posterior del banco justo bajo el espacio destinado para el motor sección (capitulo 4, apartado 4.8) ya que por medio de estas se adquirió una mayor estabilidad del banco en general y de igual forma aprisionar el mismo en el lugar en el que se deseaba situar.

En la Figura 18 se observa el tipo de freno que se instauro en el banco, identificando las dos situaciones en la cual se acciona y en la que está en posición completamente vertical respectivamente.



Fig.18. Freno de banco

### **3.2. Montaje y pruebas de verificación.**

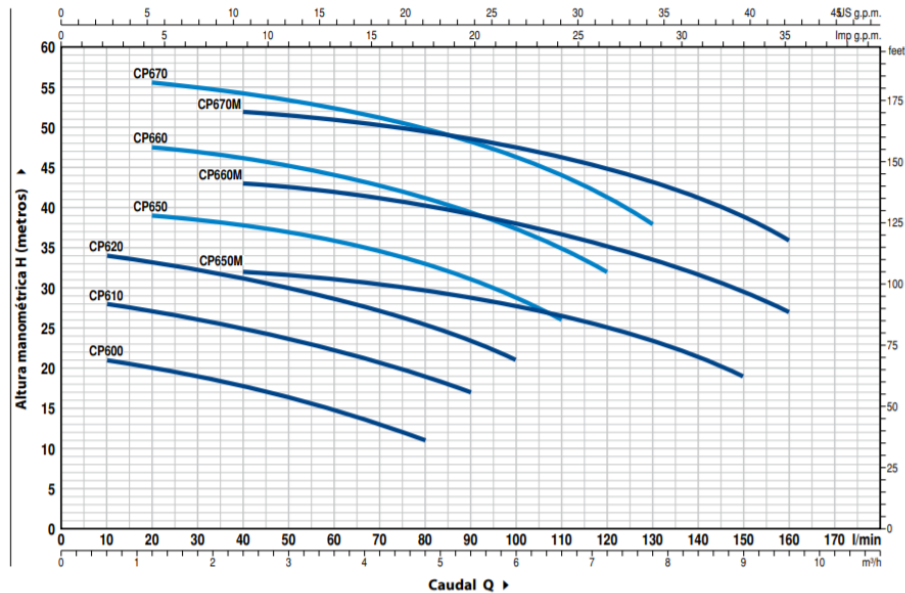
#### **3.2.1. Aforar bomba**

En el procedimiento de aforar la bomba mencionada en el apartado (4.4) se evidencio la facilidad con la que la misma logra un llenado eficaz en un tiempo mínimo, siendo útil para cumplir los parámetros planteados por el fabricante en relación a:

- 1 GPM A 12 PSI. Para 28 [Hp]
- 8 GPM A 15 PSI para 160[Hp]
- 10 GPM A 18 PSI para 200 [Hp]

Se realizaron cuatro tomas diferentes graduadas en la válvula de paso de agua ubicada en la parte superior del tanque y en la válvula reguladora de presión relacionada con el dinamómetro.

En la (Grafica 1.) se observa la altura manométrica [m] vs el caudal [l/min] de la bomba (apartado 4.5) y por medio de esta se especificaron los diferentes puntos de caudal [l/min] en las tomas de datos presentadas a continuación.



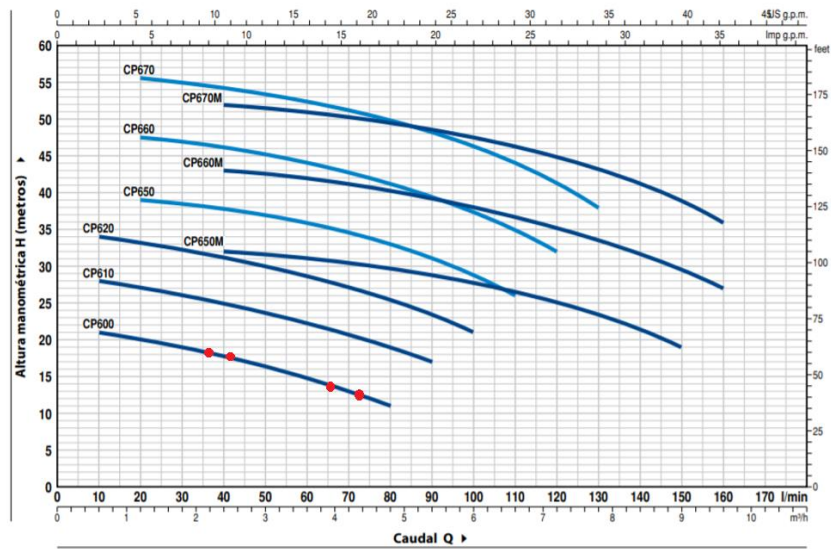
Grafica 1. Bomba Cpm 600 Adaptado de [6]

### 3.2.1.1. Primer aforo

En este caso la válvula de paso se dispuso en posición totalmente abierta.

Posiciones	Tiempo (minutos)	Galones (G)	Caudal (G/min)	Caudal (L/min)
Posición 1	0.1402	26.417	188,42	71,33
Posición 2	0.1643	26.417	160,79	60,86
Posición 3	0.2385	26.417	110,76	41,93
Posición 4	0.2772	26.417	95,29	36,08

Tabla.7. Toma 1



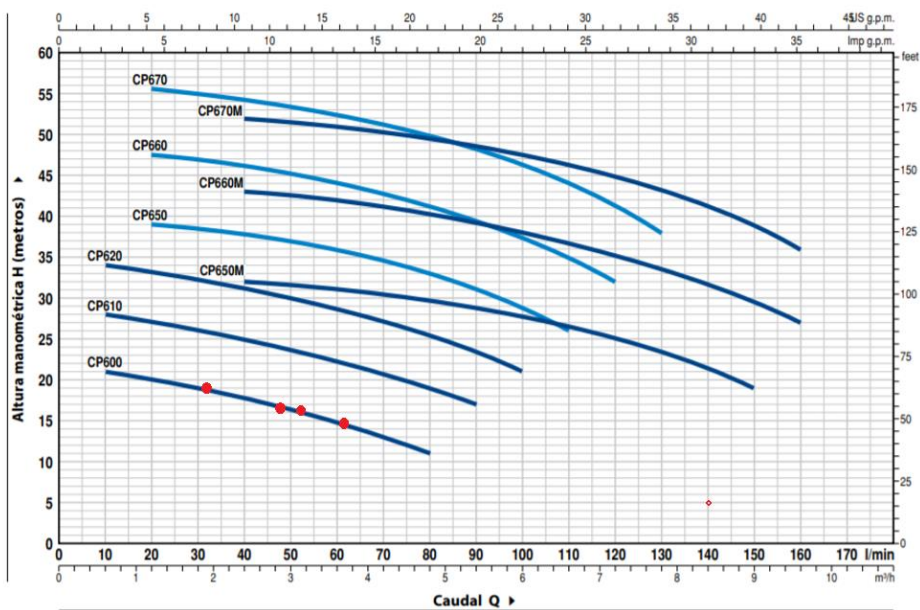
Grafica 2. Aforo Toma 1 Adaptado de [6]

### 3.2.1.2. Segundo aforo

En este caso la válvula de paso se dispuso en posición parcialmente cerrada (Aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de la posición totalmente abierta)

Posiciones	Tiempo (minutos)	Galones	Caudal (G/min)	Caudal (L/min)
Posición 1	0.1593	26.417	165,83	62,77
Posición 2	0.1875	26.417	140,89	53,33
Posición 3	0.2033	26.417	129,94	49,19
Posición 4	0.3062	26.417	86,27	32,66

Tabla 8. Toma 2



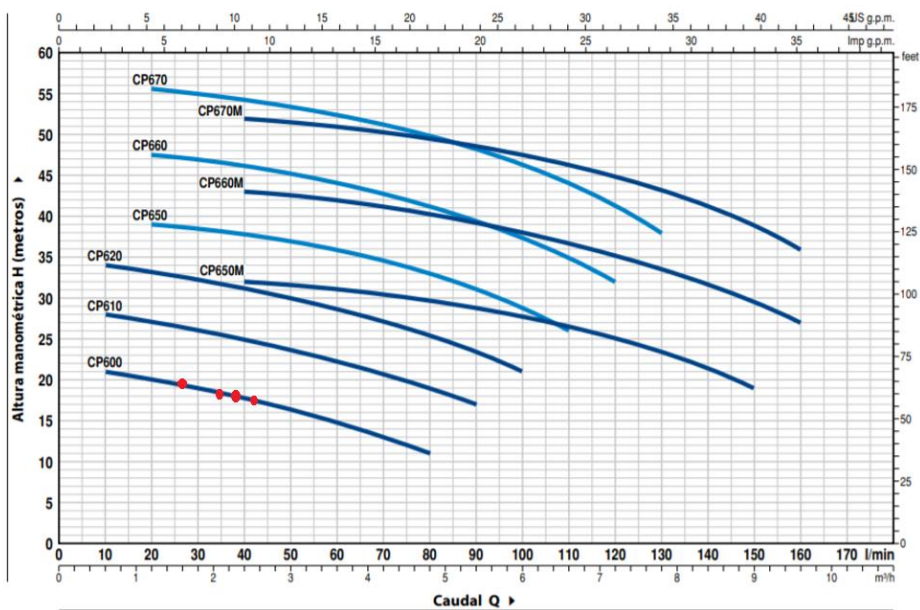
Gráfica 3. Aforo toma 2. Adaptado de [6]

### 3.2.1.3. Tercer aforo

En este caso la válvula de paso se dispuso en posición parcialmente cerrada (Aproximadamente 8/4 de la posición totalmente abierta)

Posiciones	Tiempo (minutos)	Galones	Caudal (G/min)	Caudal (L/min)
Posición 1	0.2395	26.417	110,3	41,75
Posición 2	0.27	26.417	97,84	37,04
Posición 3	0,284	26.417	93,02	35,21
Posición 4	0.368	26.417	71,79	27,17

Tabla 9. Toma 3



Grafica 4. Aforo Toma 4. Adaptado de [6]

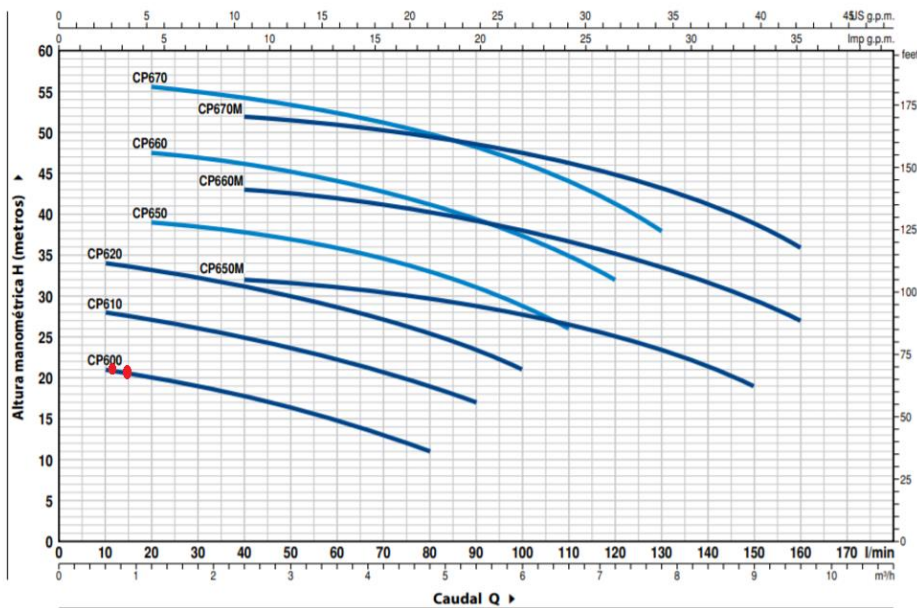
### 3.2.1.4. Cuarto aforo

En este caso la válvula de paso se dispuso en posición aproximadamente cerrada

Posiciones	Tiempo (minutos)	Galones	Caudal (G/min)	Caudal (L/min)
Posición 1	1.002	26.417	26,36	9,98
Posición 2	1.007	26.417	26,23	9,93
Posición 3	2.000	26.417	13,21	5
Posición 4	2.005	26.417	13,17	4,97

Tabla 10. Toma 4





Gráfica 5. Aforo Toma 5. Adaptado de [6]

### 3.3. Pruebas de verificación de funcionamiento de componentes

En el proceso de toma de análisis y de datos se realizaron diferentes pruebas en las que se evidenció el funcionamiento del banco dinamométrico las cuales se desarrollaron de la siguiente forma:

- A. Chequeo general de la correcta posición de los elementos que componen el Sistema
- B. Ajuste de la tornillería que sujeta el motor, guarda de seguridad, chumaceras, dinamómetro, bomba y tanque combustible.
- C. Adecuada ubicación de la cadena que compone la transmisión dinamómetro-motor
- D. Brazo de dinamómetro correctamente anclado.
- E. Tanques de abastecimiento de agua y combustible con la suficiente cantidad de sus respectivas sustancias.
- F. Conexiones de mangueras de frenado en posiciones establecidas en relación al dinamómetro (entrada y salida) y al tanque de abastecimiento de agua.

- G. Inspección de tubería que recorre bomba-válvula de frenado, no se evidenciaron fugas de goteo de la sustancia.
- H. Se verifico la manguera de conexión de abastecimiento de combustible motor-tanque, sin fugas.
- I. Se comprobaron las conexiones entre la celda de carga y el dispositivo medidor (data logger.)

En la Figura 19 se evidencia el resultado posterior a realizar el procedimiento de verificación, listo para ser puesto en marcha.



Fig.19 Banco para motor Diesel

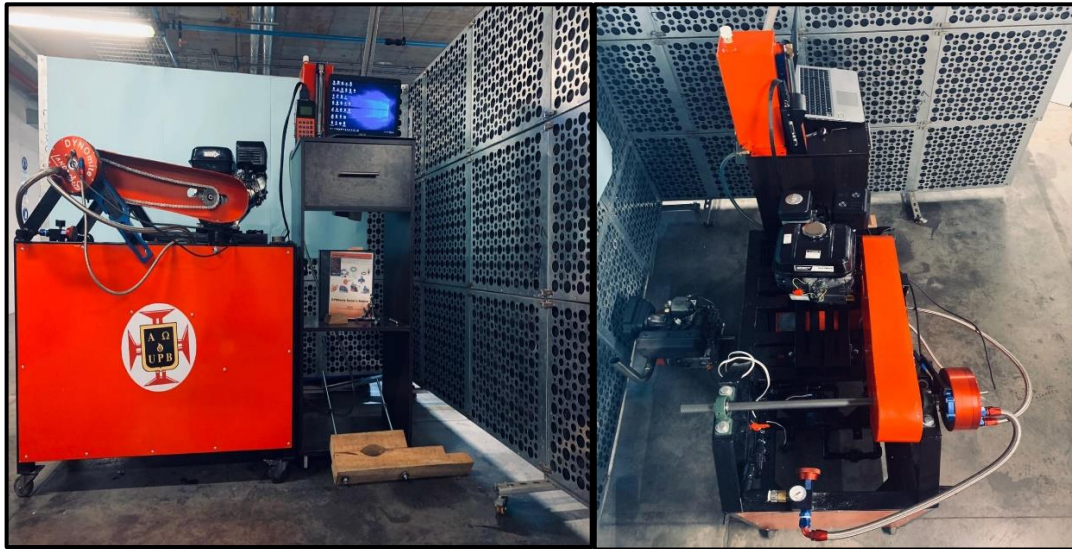
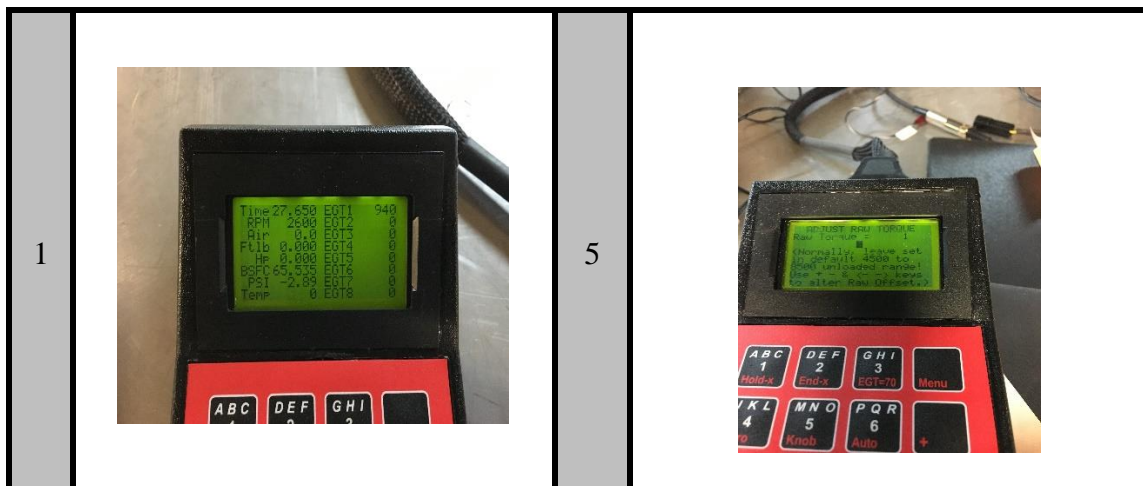


Fig.20. Banco para motor a Gasolina

En la Tabla 11 se evidencia la verificación de datos en los resultados obtenidos por medio de la computadora (DAQ Data acquisition Hardware) después de realizar las pruebas de funcionamiento.










2	 <p>Fig.21.</p>	6	
3	 <p>Fig.22</p>	7	
4	 <p>Fig.23.</p>	8	

Tabla 11. Datos pruebas de funcionamiento

Se logró identificar por medio de los datos obtenidos como los resultados del torque generan valores entre negativos y positivos (Tabla 11, figura 21,22,23) y valores irreales en la potencia del motor, por tal motivo se accedió a la configuración de fábrica verificando las conexiones en los planos otorgados por dynamite, los cuales se evidencian en la figura 25.

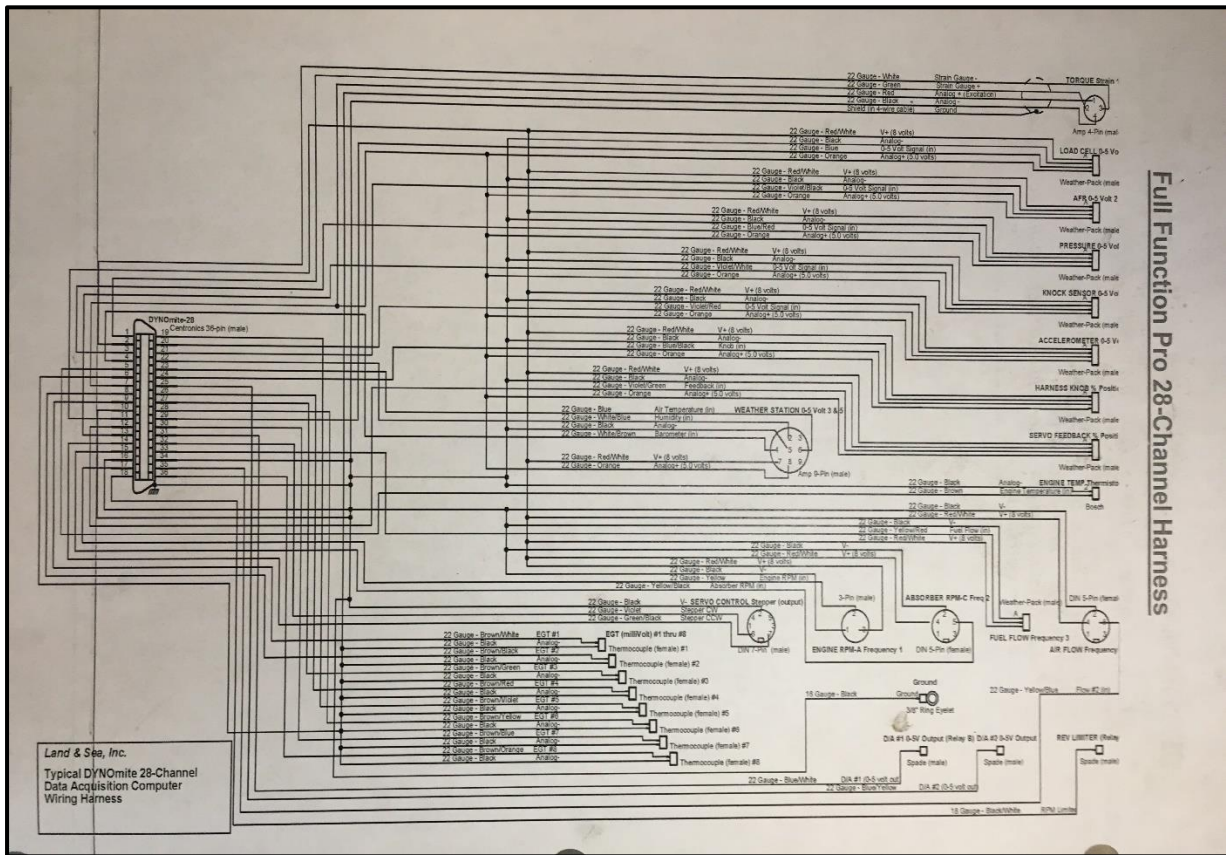


Fig.25. Manual del fabricante (Dynomite)

Se reconoció que las conexiones eran adecuadas y acorde a los datos obtenidos por el fabricante, por tal motivo se descartó la posibilidad de identificar un error relacionado al empalme entre los dispositivos.

Continuando con los consejos y pasos a seguir por medio del manual identificando niveles bajos (Raw torque) indicando 1 (Figura 21 columna derecha) en sustitución de 4500 a 8500; adicional a esto se empleó la posibilidad de dar valor 0 (cero) al torque sin obtener resultados favorables ya que la computadora indicaba “Raw torque bajo”. Por tal motivo se realizó una verificación en la celda de carga por medio un montaje ya propuesto dentro del manual del fabricante como se identifica en la (figura 26).

De igual forma antes de realizar este procedimiento se efectuó una prueba preliminar (figura 26) en un banco de menores dimensiones y con un motor a gasolina en la cual se observó de igual

forma la variación del torque durante la prueba de frenado, las cuales fueron corroboradas en el procedimiento anterior (tabla 11).



Fig.26. Banco de pruebas Motor a gasolina

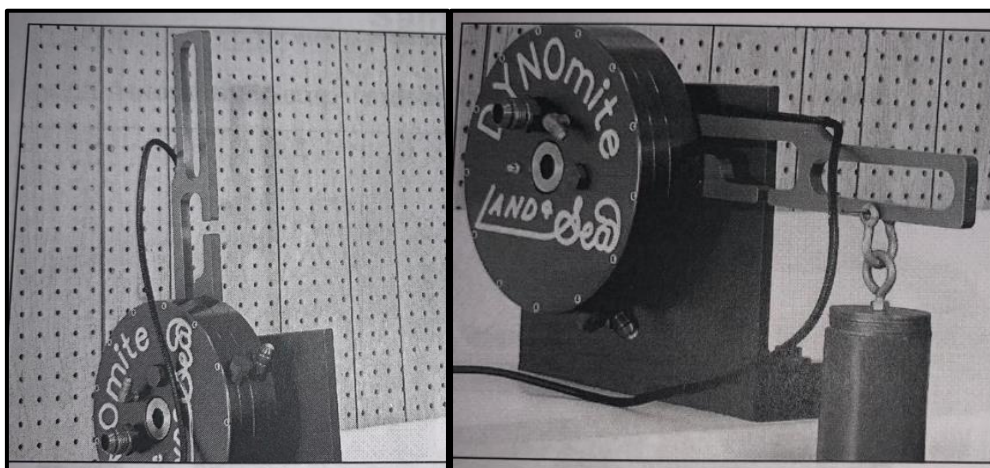


Fig.27. DYNOMITE (Manual del fabricante)

De esta forma por medio de dos bloques de madera resistente se realizó un montaje que se representa en la Figura 27; se efectuaron las conexiones necesarias en el rango dinamómetro-



DAQ (Data acquisition hardware) identificando de esta forma que el funcionamiento de la celda de carga no se encontraba en condiciones de configuración adecuadas.



Fig.28. Montaje madera

#### 4. COSTOS DE PROYECTO

A continuación, se presenta una secuencia de tablas con la mayor cantidad de elementos adquiridos por parte de los estudiantes que llevan a cabo el desarrollo del proyecto de grado. Aquellos elementos son necesarios para una construcción adecuada de la bancada y los sistemas que intervienen en ella, para que facilite las destrezas de operación en el Banco de Pruebas.

La Tabla 12 muestra los materiales obtenidos por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana con un costo NA (No Aplica) y los demás adquiridos por medio de los estudiantes encargados para la construcción del sistema de transmisión de potencia.

Sistema de Transmisión de Potencia			
Item	Unidades	Materiales	Costos
1	1	Engranaje 40B18	NA
2	1	Lámina de Aluminio 2mx1m (Tanques, Guarda para cadena)	NA
3	1	Eje de Acero 1045 1"x1m	\$ 45.000
4	1	Piñon 40B18 Intermec	\$ 34.000
5	1	Piñon 40B30T	\$ 45.000
6	4	Tornillos 1/2x1"	\$ 2.400
7	1	Cadena paso 40	\$ 22.000
8	2	Chumaceras 1"	\$ 40.000
TOTAL			\$ 188.400

Tabla 12. Costos Potencia.

En la Tabla 13 se evidencia los materiales obtenidos por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana con un costo NA (No Aplica) y los demás adquiridos por medio de los estudiantes encargados para la construcción del Sistema Hidráulico del Banco Dinamométrico.

Sistema Hidráulico			
Item	Unidades	Materiales	Costos
1	1	Dinamometro Hidráulico de Absorción	NA
2	1	Bomba Centrifuga Pedrollo 0,5 Hp	NA
3	1	1/4 Poliuretano Rojo	NA
4	1	1/2 Galón de Thinner	NA



5	1	Soldadura Tic	NA
6	1	Soldadura Mic	NA
7	1	Cinta Teflón 12mmx0,075mmx10m	NA
8	1	Lámina de Aluminio 2mx1m (Tanques, Guarda para cadena)	NA
9	1	Lámina Acrílico Azul translucido	NA
10	3	Tubería PVC 3/4x1m	\$ 12.000
11	1	Manguera Translucida 1/4x2m	\$ 8.000
12	1	Cable Duplex 2x12 3m	\$ 9.600
13	1	Clavija codelca macho grande	\$ 2.300
14	2	Unión en Aluminio roscada 1/2	\$ 20.200
15	10	Machos PVC 3/4	\$ 5.900
16	10	Codos PVC Presión 3/4	\$ 7.600
17	4	Universales PVC 3/4	\$ 18.000
18	2	Válvulas Bola PVC 3/4	\$ 8.400
19	2	Machos PVC 1"	\$ 2.400
20	2	Bujes PVC Presión 1"x3/4	\$ 1.900
21	1	Limpiador PVC frasco	\$ 6.800
22	1	Soldadura PVC frasco	\$ 13.600
23	2	Uniones en Aluminio roscada 3/4	\$ 36.400
24	3	Codos para Manguera en cobre 3/4	\$ 12.000
25	1	Niple en cobre	\$ 3.600
26	2	Niples en Galvanizado	\$ 4.000
27	2	Tapones para tanque	\$ 4.000
28	4	Abrazaderas	\$ 2.000
29	1	Válvula Bola PVC roscada 3/4	\$ 5.000
30	1	Y Galvanizada 3/4 rosca interna	\$ 6.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 189.700</b>

Tabla 13. Costos Hidráulica.

La Tabla 14 muestra los materiales obtenidos por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana con un costo NA (No Aplica) y los materiales adquiridos por parte de los estudiantes encargados para la construcción de la respectiva Celda de Ensayos.

Celda de Ensayos			
Item	Unidades	Materiales	Costos
1	1	Estructura Metálica en Acero diseñada para bancadas de motor	NA
2	1	Perfil de Acero en L 5x5cm 1m	NA
3	1	Platina en Acero Espesor 4mm 1mx0,06m	NA
4	1	Soldadura Mic	NA
5	1	Perfil de Acero en U 3mx0,06m	\$ 70.000

6	40	Tornillos Punta Broca 8*19 1"	\$ 4.000
7	1	1/4 Base Gris en laca	\$ 12.800
8	1	1/4 Catalizador	\$ 37.000
9	1	Lámina de Madecor 120cmx15mm	\$ 130.000
10	2	Rieles para Gabeta	\$ 18.000
11	4	Patas para Mueble	\$ 15.000
12	1	Lámina Galvanizada para cubrir 2mx1m	\$ 25.000
13	1	1/4 Acrilico color negro	\$ 54.000
14	1	1/4 de Thinner #1	\$ 25.000
15	40	Tornillos 3/8 cabeza hexagonal con Tuerca y Arandela	\$ 40.000
TOTAL			\$ 430.800

Tabla 14. Costos Bancada.

En la Tabla 15 se evidencian los materiales obtenidos por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana con un costo NA (No Aplica), al igual que los materiales adquiridos por medio de los estudiantes encargados para el acondicionamiento del motor principal del Banco de Pruebas.

Motor Diesel			
Item	Unidades	Materiales	Costos
1	1	Motor Diesel 406cc 10Hp	NA
2	3	Galón de ACPM	NA
3	1	Tubo en Acero calibre 18 1"1/4"x40cm	NA
4	8	Tornillos 3/8x2"	\$ 4.000
5	1	Galón de Aceite	\$ 80.000
TOTAL			\$ 84.000

Tabla 15. Costos Motor.

Los anteriores costos son dirigidos a la compra de materiales llevado a cabo por los estudiantes que desarrollan el proyecto, debido a que no son cubiertos por la Universidad Pontificia Bolivariana y aquellos elementos no se encuentran disponibles dentro del almacén de materiales previsto por la Facultad de Ingeniería Mecánica en el laboratorio de Procesos Industriales.

Item	SISTEMAS EMPLEADOS	COSTOS
1	Sistema de Transmisión de Potencia	\$ 188.400
2	Sistema Hidráulico	\$ 189.700
3	Celda de Ensayos	\$ 430.800
4	Motor Diesel	\$ 84.000
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 892.900</b>

Tabla 16. Costos Totales.

El total de los costos es un valor aproximado a la inversión realizada por parte de los estudiantes en los materiales de mayor impacto en el proyecto, pues dichos costos no representan el valor total de la construcción; ya que no se hace referencia a las horas Hombre dispuestas en el trabajo, los materiales aportados por la Universidad Pontificia Bolivariana y a los defectos e imprevistos presentados con los elementos; durante el proceso de comisionamiento al Banco Dinamométrico de Prueba.

## CONCLUSIONES

Gracias a la información recopilada sobre los diferentes parámetros de diseño a tener en cuenta para el correcto funcionamiento del dinamómetro de absorción obtenido por la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se obtuvo la configuración de un banco de pruebas dinamométrico funcional y de carácter académico; que cumple con las necesidades para su puesta en marcha sin requerir conexiones externas a él mismo que suministren servicios industriales básicos para un manejo óptimo, seguro y eficaz de procesos como la toma de datos de torque vs potencia y consumo específico para motores de combustión interna menores a 30 [Hp].

Se logró la correcta adecuación del banco experimental de pruebas de un motor Diésel de 10 Hp y la producción de componentes necesarios con parámetros ergonómicos e insumos apropiados, para la instalación de elementos auxiliares requeridos en la medición de las variables involucradas en el tipo de pruebas dinamométricas llevadas a cabo en los procedimientos de operación.

Al finalizar el diseño y su respectivo análisis en relación al funcionamiento y los requerimientos del banco para su uso adecuado se realizó una guía completa con un instructivo de su puesta en marcha, precauciones antes, durante y después de su operación y cuidados a tener en cuenta de los elementos que conforman el equipo.

Mediante las pruebas de verificación de operación realizadas a elementos y sistemas empleados en el Banco de pruebas, se observa y concluye que los procesos realizados para cumplir con

las labores de comisionamiento fueron exitosas, ya que no se evidenciaron ningún tipo de fugas en los sistemas de tipo hidráulico, el sistema de transmisión de potencia instaurado evidencia un adecuado comportamiento, la frecuencia natural de la bancada no genera alteraciones que afecten los procesos de medición, los motores se encuentran en estado óptimo de operación y el Banco de Pruebas Dinamométrico representa una seguridad operacional para los equipos involucrados en los procesos que se lleven a cabo en este; como para los operarios que lo manipulen.

Al ejecutar las pruebas de verificación del banco dinamométrico se detectó un déficit en los datos obtenidos por medio del Data logger (Elemento que proporciona el resultado del promedio de datos que se generan en un tiempo determinado durante una prueba) ya que no eran consecuentes con el motor de combustión interna diésel de 10 [Hp], por tal motivo se efectuaron pruebas de verificación al equipo dinamométrico en relación a sus conexiones, celda de carga y medidor de datos; observando un defecto de fábrica en la calibración del equipo en mención. Debido a esta problemática no se lograron realizar las respectivas curvas de Torque vs potencia y consumo, ya que los datos adquiridos no permitían el análisis correcto de la prueba realizada.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] E. M. M. Galicia, Acondicionamiento de un dinamometro para pruebas de flujo de potencia, Mexico , 2012.
- [2] Dynamitedynamometer, «Kart Small-Engine Dyno,» s.f.
- [3] Márquez Benavides, F., Rojas Tarazona, Miller., «Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores mono cilíndricos de cuatro tiempos a gasolina.,» Bucaramanga, 2011.
- [4] W. H. Crouse, Mecánica del Automovil, Marcombo S.A..
- [5] R. C. Hibbeler, Mecánica Vectorial para Ingenieros, Pearson, 2004.
- [6] W. W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Pearson.
- [7] Ruiz, R; Bermudez, S, Prácticas de Motores de Combustion, Mexico: Alfaomega, 2005.
- [8] Millán, J. A., Gómez, I., & Gutiérrez de Rozas, J. L., «Ensayo de motores de combustión interna alternativos-curvas características».
- [9] F. p. l. p. d. r. laborales, Riesgos ergonómicos y medidas preventivas, Madrid: Prevalia cgp, 2013.
- [10] Eglitis-media, Tallas medidas hombres y mujeres, Alemania : Lars Eglitis, 2018.
- [11] U. d. l. sabana, En el país se desperdicia el 43 % del agua, Bogotá: Caracol Radio, 2017.
- [12] D. mite, Dynamometer water brakes, USA: Land & sea, 2019.
- [13] J. G. L. T. R. I. S. A. castillo, Estructura en envoladizo, Rocio ibañez , 2014.
- [14] A. h. rueda, Diseño y construccion de un banco de pruebas de un motor diesel, bucamanga : Escuela de ingenieria , 2011.
- [15] Pedrollo, CP 680, 2014.
- [16] N. industrious, freno/ Dinamometro de corrientes de foucault, s.f.
- [17] Suárez, J. D. A., & Mendoza, M. A. M., Guía de elaboración de un manual de prácticas de laboratorio, 2006.
- [18] F. p. l. p. d. r. laborales, Riesgos ergonómicos y medidas preventivas, Madrid: aje, 2013.

**ANEXO A GUÍA LABORATORIO**  
**GUIA BANCO DINAMOMETRICO DE BAJA POTENCIA PARA EL LABORATORIO**  
**MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.**

Campus Centro de desarrollo tecnológico CDT Agro-IN

Facultad ingeniería Mecánica.

Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Este documento comprende los requerimientos necesarios para el uso del banco dinamométrico, ubicado en el laboratorio de motores de combustión interna.

### **I. Introducción**

El uso de los dinamómetros para caracterizar y estudiar motores de combustión interna se ha convertido en un método práctico para conocer y entender el principio de medición de los dinamómetros. Esta práctica busca que los estudiantes conozcan el funcionamiento real de los equipos de medición y adquieran destrezas de operación con elementos mecánicos que les permiten realizar análisis de Ingeniería en el área de Motores.

### **II. Objetivos**

- El estudiante al finalizar la practica debe tener un conocimiento claro del funcionamiento de un dinamómetro de absorción dentro del banco en mención y en usos adicionales dentro la industria.
- Conocer los pasos principales para el uso de la data ship y de esta forma garantizar una toma de datos segura y confiable.
- Generar las curvas de torque-potencia y las curvas de consume total de combustible de un motor Mono cilíndrico.

### **III. Duración**

Se estima una cantidad horaria de 6 horas de trabajo dentro del laboratorio

de motores de combustión interna, por lo tanto; se requieren de tres sesiones dentro del recinto para culminar las actividades exitosamente.

#### **IV. Normas generales para la utilización del banco**

los estudiantes y cuerpo docente deben atender a los requerimientos de seguridad para el cuidado propio y de quienes se encuentran en el aula, para ello es necesario el uso de:

- Guantes de carnaza.
- Botas punta de acero.
- Overol o bata de drill-jean.
- Pantalón largo completamente cubierto.

#### **V. Procedimiento general**

- a. Chequee la correcta posición de los elementos que componen el Sistema.
- b. Ajuste la tornillería que sujeta el motor, guarda de seguridad,

chumaceras, dinamómetro, bomba y tanque de combustible.

- c. Adecue la ubicación de la cadena que compone la transmisión dinamómetro-motor Brazo de dinamómetro y verifique que este correctamente anclado.
- d. Observe que los tanques de abastecimiento de agua y combustible estén con la suficiente cantidad de sus respectivas sustancias.
- e. Revise que las conexiones de mangueras de frenado se encuentren en las posiciones establecidas en relación al dinamómetro (entrada y salida) y al tanque de abastecimiento de agua.
- f. Inspeccione la tubería que recorre bomba-válvula de frenado, y notifique la no presencia de fugas de goteo de alguna sustancia.



- g. Verifique la manguera de conexión de abastecimiento de combustible motor-tanque, sin fugas.
- h. Compruebe las conexiones entre la celda de carga y el dispositivo medidor (data logger.)
- i. Asegúrese de verificar que la guarda de seguridad de la cadena este correctamente ubicada y atornillada.

**Nota:** si alguno de los parámetros mencionados anteriormente no se cumple en su totalidad, detenga el proceso y verifique con el docente a cargo la búsqueda de una solución antes de continuar con el encendido del motor.

- j. Verifique la clavija que compone la extensión presupuestada para la bomba del proceso y conéctela.

- k. Encienda el motor ubicado y previamente verificado que se encuentra ubicado en el banco.
- l. Observe los datos obtenidos por medio de la data ship y continúe con la realización de los cálculos.

**Nota:** el banco debe observarse como en la imagen a continuación en un área completamente despejada y limpia para el correcto funcionamiento y cuidado de quienes lo están operando.



## VI. Informe y sustentación de resultados

Al finalizar las actividades planteadas, los estudiantes deben entregar un informe escrito con el recuento de las actividades desarrolladas, datos obtenidos y análisis gráfico de las curvas características obtenidas de los motores analizados. Todos los informes serán sustentados oralmente.

## **VII. Material complementario.**

- Guía de laboratorio.
- Manual del fabricante
- Documento de trabajo de grado “Comisionamiento de un dinamómetro de baja potencia para el laboratorio de motores de combustión interna de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga”