



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESTAURACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE MEDICIÓN DE FUERZA DE PLATOS
DE PRESIÓN DE EMBRAGUE DEL LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ

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

AUTORES: JUAN ESTEBAN CÁRDENAS CORDERO
SANTIAGO NICOLÁS GUERRERO TORRES
TUTOR: ING. JUAN PABLO SINCHI RIVAS, MSc.

Cuenca - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Juan Esteban Cárdenas Cordero con documento de identificación N° 0106057490 y Santiago Nicolás Guerrero Torres con documento de identificación N° 0105242275; manifestamos que:

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

Cuenca, 26 de julio del 2023

Atentamente,



Juan Esteban Cárdenas Cordero

0106057490



Santiago Nicolás Guerrero Torres

0105242275

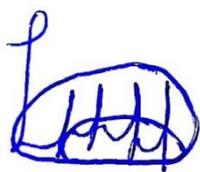
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Juan Esteban Cárdenas Cordero con documento de identificación N° 0106057490 y Santiago Nicolás Guerrero Torres con documento de identificación N° 0105242275, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Restauración del banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión de embrague del laboratorio de Tren de Fuerza Motriz”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 26 de julio del 2023

Atentamente,



Juan Esteban Cárdenas Cordero

0106057490



Santiago Nicolás Guerrero Torres

0105242275

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Sinchi Rivas con documento de identificación N° 0104168794, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: RESTAURACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE MEDICIÓN DE FUERZA DE PLATOS DE PRESIÓN DE EMBRAGUE DEL LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ, realizado por Juan Esteban Cárdenas Cordero con documento de identificación N° 0106057490 y por Santiago Nicolás Guerrero Torres con documento de identificación N° 0105242275, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Juan Pablo Sinchi Rivas, MSc.

0104168794

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico a mi madre Blanca Leonor Cordero Condo por su apoyo incondicional en toda mi vida, por su paciencia, por toda su confianza, por haber creído en mí, por su sacrificio que hoy se ve reflejado en toda mi carrera

Así mismo se lo dedico a mis amigos y profesores que día a día me guiaron y acompañaron en un diario aprendizaje.

Juan Esteban Cardenas Cordero

DEDICATORIA

El presente proyecto quiero dedicarle a mi madre, Rosa Torres, que siempre busco la forma de ayudarme en y a mis tíos, Miguel Guerrero y Martha Barros que con su cariño lograron ser un pilar fundamental en mis logros alcanzados depositando su confianza en mí dándome la fuerza para alcanzar este logro profesional, sacrificando su tiempo y esfuerzo para que logre superar los obstáculos que se han presentado durante todo este recorrido.

Es por ello, que dedico todo el esfuerzo realizado a ellos ya que siempre supieron encontrar la forma adecuada de motivarme incluso cuando había alcanzado mis límites.

Santiago Nicolas Guerrero Torres

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por no haberme ayudado a superar cada obstáculo presentado a lo largo de los años de estudio, por darme las fuerzas necesarias para continuar con este proyecto de investigación, a mi madre por haberme obsequiado este regalo como es el estudio. Agradezco a mis compañeros, amigos y profesores que me ayudaron en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A nuestro tutor Ing. Juan Sinchi por su asesoría y disposición, quien que con sus conocimientos y apoyo nos guio durante cada una de las etapas de este proyecto

Juan Esteban Cardenas Cordero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar que me permitió llegar a este momento, a mis padres que, por apoyarme en cada instancia de este recorrido académico, a mis tíos que siempre buscaron la forma de ayudarme en todo lo posible y no permitirme que deje de lado todo el esfuerzo echo durante todo este camino y poder culminar de la mejor manera el aprendizaje adquirido.

A mis docentes que a lo largo de la carrera supieron compartir sus conocimientos de la mejor manera ya que siempre buscaron que logre aprender de la mejor manera y por último a mis compañeros que en momentos complicados siempre buscaron apoyarme incondicionalmente que a lo largo logramos formar lazos de amistad solidos que espero y duren durante un largo tiempo.

Santiago Nicolas Guerrero Torres

RESUMEN

El presente proyecto tiene la finalidad de restaurar el banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión de embrague del laboratorio de tren de fuerza motriz de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca el cual tiene como función mejorar la enseñanza y el aprendizaje para hacerlo de una forma más didáctica, para lo cual, se establece un proceso de restauración el cual consta de tres partes.

En primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica la cual permite establecer los componentes que constituyen un sistema de embrague, así como, los que forman parte del banco de pruebas y establecer su principio de funcionamiento, por último, se detallan diversas averías y comprobaciones que se deben realizar en los componentes del sistema de embrague.

La segunda parte consta del proceso de restauración en la cual se realiza un análisis estructural para verificar el estado del banco y proceder con la implementación y renovación de los elementos y componentes, además, se realiza la implementación de un nuevo ordenador el cual consta con una versión actualizada del software en su interfaz con la finalidad de mejorar la maniobrabilidad al operar el banco y lograr visualizar los resultados de cada prueba de una mejor manera.

La última parte consta de una serie de pruebas realizadas en el banco que permiten comprobar la funcionalidad de la parte estructural, así como de la informática.

Palabras clave: Banco didáctico, Embrague, Platos de presión, Restauración, Tren de fuerza, Volante de inercia.

ABSTRAC

The purpose of this project was to restore the clutch pressure plate force measurement didactic bench of the power train laboratory of the Automotive Engineering course at the Salesian Polytechnic University of Cuenca, whose function is to improve teaching and learning in a more didactic way, for which a restoration process is established which consists of three parts.

First, a bibliographic review is carried out, which allows establishing the components that make up a clutch system, as well as those that are part of the test bench and establish its principle of operation, finally, various breakdowns and checks to be performed on the components of the clutch system are detailed.

The second part consists of the restoration process in which a structural analysis is performed to verify the condition of the bench and proceed with the implementation and renovation of the elements and components, in addition, the implementation of a new computer is performed which consists of an updated version of the software interface in order to improve the maneuverability when operating the bench and to visualize the results of each test in a better way.

The last part consists of a series of tests carried out on the bench to check the functionality of the structural part, as well as the computer.

Keywords: Didactic bench, Clutch, Pressure plates, Restoration, Power train, Flywhee

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRAC	X
INDICE GENERAL.....	1
INDICE DE FIGURAS.....	3
INDICE DE TABLAS	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. PROBLEMA.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Importancia y alcances.....	9
2.3. Delimitación.....	9
3. OBJETIVOS	10
3.1. Objetivo General.....	10
3.2. Objetivos Específicos.....	10
4. CAPITULO I. BANCO DE PRUEBAS DE PLATOS DE PRESIÓN	11
4.1. Descripción de los componentes y partes del sistema de embrague.....	11
4.1.1. Disco de embrague.....	11
4.1.2. Volante motor o de inercia.....	12
4.1.3. Maza o plato de presión	13
4.1.4. Collarín de empuje.....	16
4.2. Funcionamiento del embrague.....	16
4.3. Tipos de embrague.....	17
4.4. Accionamientos del embrague.....	20
4.5. Cálculos del embrague.....	22
4.6. Descripción de los componentes y partes que constituyen el banco de pruebas	28
4.6.1. Componentes neumáticos	28
4.6.2. Componentes electrónicos	31

4.7.	Averías, anomalías y comprobaciones en platos de presión de sistemas de embragues.....	35
4.7.1.	Averías	35
4.7.2.	Anomalías en el conjunto del embrague.....	37
4.7.3.	Comprobaciones	38
5.	CAPITULO II. REACONDICIONAMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO DE MEDICIÓN DE FUERZA DE PLATOS DE PRESIÓN	40
5.1.	Restauración estructural.....	40
5.1.1.	Descripción del estado inicial del banco de pruebas	40
5.1.2.	Análisis estructural del banco de pruebas.....	40
5.2.	Evaluación e identificación de daños estructurales del banco de pruebas.....	48
5.2.1.	Metodología de reacondicionamiento.....	51
5.2.2.	Descripción de procesos mecánicos.....	52
5.2.3.	Pasos de restauración	57
5.2.4.	Materiales, herramientas y equipos utilizados	62
5.3.	Software	65
5.3.1.	Código del software del banco.....	65
5.3.2.	Código nuevo del banco.....	72
6.	CAPITULO III. ANALISIS DE RESULTADOS DEL BANCO DE PRUEBAS.....	81
6.1.	Pruebas de funcionamiento	81
6.2.	Metodología de análisis	84
6.3.	Calculo fuerza de apriete	84
6.4.	Platos de embrague nuevos.....	87
6.5.	Datos obtenidos mediante el software	87
6.6.	Análisis y comparación de resultados.....	89
6.7.	Guía de funcionamiento del banco	94
7.	CONCLUSIONES.....	91
8.	RECOMENDACION	92
9.	BIBLIOGRAFÍA	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del taller donde se reacondiciono el banco de pruebas...	9
Figura 2	Partes del sistema de embrague.....	11
Figura 3	Componentes del disco de embrague.....	12
Figura 4	Volante motor	13
Figura 5	Componentes del plato de presión de diafragma.....	14
Figura 6	Plato de presión por muelles.....	15
Figura 7	Plato de presión por diafragma	15
Figura 8	Collarín de empuje con la horquilla de accionamiento.....	16
Figura 9	Conjunto de embrague de fricción.....	17
Figura 10	Embrague centrifugo.....	18
Figura 11	Embrague electromagnético	19
Figura 12	Funcionamiento del embrague hidráulico.....	19
Figura 13	Accionamiento por varillaje.....	20
Figura 14	Accionamiento por cable de acero.....	21
Figura 15	Accionamiento hidráulico	21
Figura 16	Accionamiento automático.....	22
Figura 17	Esquema del accionamiento por cable de un embrague de fricción	26
Figura 18	Esquema del accionamiento hidráulico de un embrague de fricción	27
Figura 19	Esquema neumático del cilindro neumático DNC-100.50-PPV- 163481.....	28

Figura 20	Esquema neumático de la válvula reguladora de presión LR-3/8-D-MINI.....	29
Figura 21	Esquema neumático del regulador de caudal	29
Figura 22	Racores, conectores y cañerías	30
Figura 23	Silenciadores	31
Figura 24	Bobina de inducción eléctrica.....	31
Figura 25	Display	32
Figura 26	Sensor de desplazamiento lineal.....	33
Figura 27	Computador	33
Figura 28	Microcontrolador 18F2550.....	34
Figura 29	Datasheet microcontrolador 18F2550.....	34
Figura 30	Circuito electrónico de transmisión de datos	35
Figura 31	Mallado del análisis estructural	41
Figura 32	Estado inicial de los componentes auxiliares del cilindro neumático	49
Figura 50	Nueva interfaz del programa del banco	65
Figura 51	Cambios agregados en la interfaz.....	80
Figura 52	Primera prueba de funcionamiento tras la restauración del banco	81
Figura 53	Segunda prueba de funcionamiento	82
Figura 54	Display encendido.....	84
Figura 55	Platos de presión de embrague nuevos.....	87
Figura 56	Fuerza de apriete Hyundai Accent.....	88

Figura 57 Fuerza de apriete Cherry QQ.....	88
Figura 58 Fuerza de apriete Chevrolet Aveo Activo	89
Figura 59 Fuerza de apriete plato de presión a media vida Hyundai Accent	89
Figura 60 Fuerza de apriete en el plato de presión nuevo Hyundai Accent ..	90
Figura 61 Fuerza de apriete plato de presión a media vida Cherry QQ.....	91
Figura 62 Fuerza de apriete en el plato de presión nuevo Cherry QQ.....	92
Figura 63 Fuerza de apriete plato de presión a media vida Chevrolet Aveo Activo.....	92
Figura 64 Fuerza de apriete en el plato de presión nuevo Chevrolet Aveo Activo.....	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coeficientes de adherencia según el tipo de superficie de contacto	23
Tabla 2	Averías en el conjunto de embrague	35
Tabla 3	Anomalías en el conjunto de embrague.....	37
Tabla 4	Comprobaciones del conjunto de embrague.....	38
Tabla 5	Resultados de la deformación máxima del banco	41
Tabla 6	Graficas de la deformación del banco.....	42
Tabla 7	Resultados del Stress equivalente del banco.....	43
Tabla 8	Graficas del Stress equivalente del banco	43
Tabla 9	Resultados del esfuerzo de Von-Mises del banco	45
Tabla 10	Graficas del esfuerzo de Von-Mises del banco	45
Tabla 11	Resultados del factor de seguridad del banco.....	47
Tabla 12	Graficas del factor de seguridad del banco.....	47
Tabla 13	Proceso de restauración del banco.....	57
Tabla 14	Valores de tolerancia del Display.....	82
Tabla 15	Resultados de la fuerza de apriete	93

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se enfoca en la restauración y actualización del banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión de embrague, asegurando su óptimo funcionamiento, para lo cual, se establecen las características funcionales requeridas para el banco con el respaldo de una revisión bibliográfica que permita realizar un estudio, para que el banco cumpla con los estándares requeridos para la enseñanza-aprendizaje de estudiantes como maestros de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Dentro de la restauración es necesarios establecer los parámetros de funcionamiento y rendimiento con el fin de verificar el estado de la estructura, así como, del circuito con el fin de realizar las reparaciones pertinentes para finalmente realizar pruebas de funcionamiento que permitan validar el correcto desempeño del banco.

2. PROBLEMA

El banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión de embrague que posee la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca se encuentra obsoleto debido a fallas mecánicas y analógicas, estas fallas se generaron por falta de mantenimiento y su utilización, esto ha provocado limitaciones en el uso de material didáctico en el desarrollo de diferentes investigaciones y pruebas.

A esto se le suma, una base de datos desactualizada y un equipo obsoleto, que restringe el uso del banco de pruebas además de limitar el desarrollo de las diferentes comprobaciones en platos de presión de embrague.

2.1. Antecedentes

La presente investigación se enfocará en el reacondicionamiento del banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión de embrague, partiendo desde el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (Educación de Calidad), el cual establece que las instituciones educativas cuenten con instalaciones que les permita adquirir conocimientos teóricos y prácticos, por lo tanto, es indispensable que los equipos que posee la universidad para realizar diferentes pruebas e investigaciones, se encuentren en las mejores condiciones de funcionamiento, de esta forma cumpliendo con los resultados de aprendizaje establecidos en las diferentes asignaturas (Tren de Fuerza Motriz) y garantizando la obtención de datos reales que nos ayuden a determinar el estado de funcionamiento de los platos de presión del embrague, consecuentemente estimar el tiempo restante de vida útil del mismo con esto se contribuirá a realizar un diagnóstico objetivo.

2.2. Importancia y alcances

El presente proyecto va dirigido para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, que requieran utilizar el banco de pruebas que se encuentra en el laboratorio de Tren de Fuerza.

2.3. Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 Km² y una población aproximada de 580000 habitantes.

Figura 1

Ubicación del taller donde se reacondiciono el banco de pruebas



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Restaurar del banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión de embrague del laboratorio de tren de fuerza motriz de la carrera de Ingeniería Automotriz de la sede Cuenca.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un marco teórico mediante una revisión bibliográfica para su determinación de las características funcionales del banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión del embrague.
- Realizar el reacondicionamiento del banco didáctico de medición de fuerza de platos de presión para volverlo operativo.
- Desarrollar pruebas de funcionamiento en diferentes platos de presión.

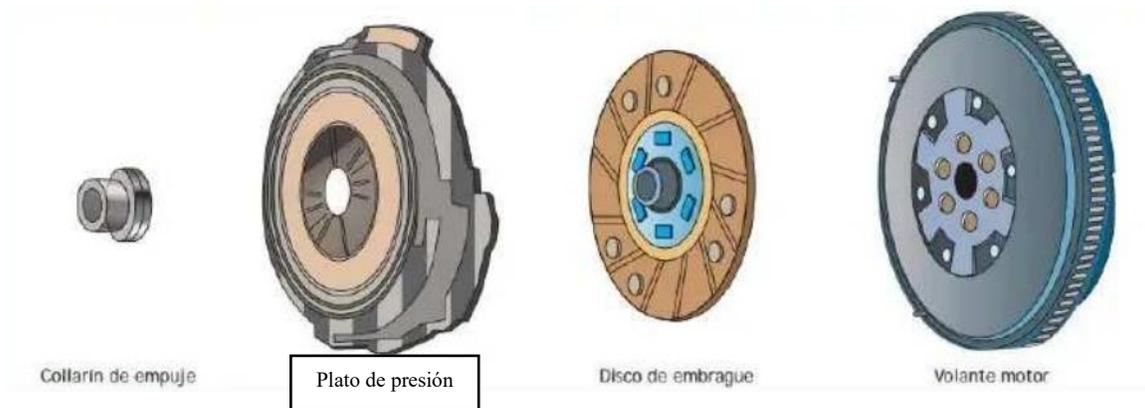
4. CAPITULO I. BANCO DE PRUEBAS DE PLATOS DE PRESIÓN

4.1. Descripción de los componentes y partes del sistema de embrague

El sistema de embrague (Fig. 2) tiene como misión interrumpir la transmisión del movimiento dirigido desde el motor de combustión hacia la caja de cambios, terminando en el sistema diferencial del vehículo. El sistema de embrague está constituido por los siguientes elementos.

Figura 2

Partes del sistema de embrague



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.12), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

4.1.1. Disco de embrague.

Es el elemento de fricción del sistema, transmite el par y potencia; el que inicia desde el motor de combustión, pasa a la caja de cambios y termina en el sistema de transmisión, por lo cual, posee un alto coeficiente de rozamiento.

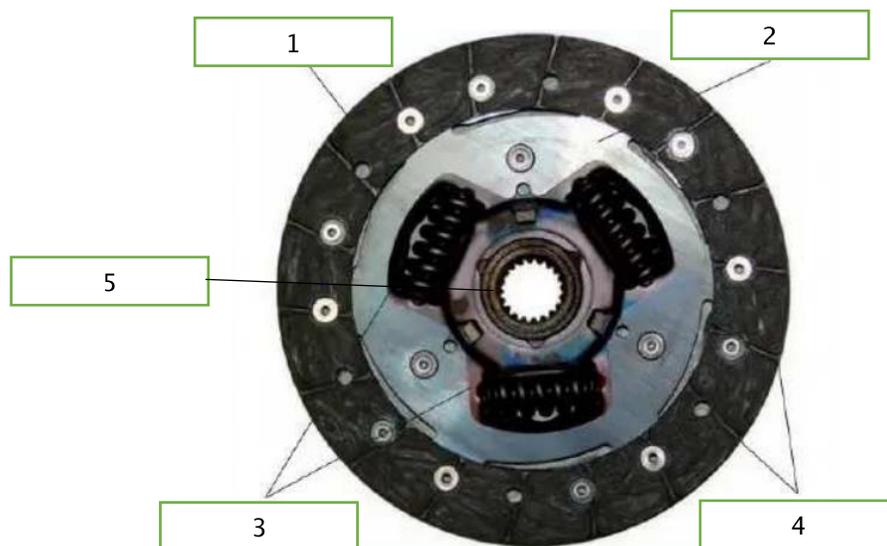
La geometría del disco de embrague es circular y su composición es la siguiente (Fig. 3):

- **Forros de fricción (1):** Son los elementos de fricción. Son dos: el uno hace contacto con maza de presión y el otro con el volante motor.
- **Alma o núcleo (2):** Encargado de brindar rigidez mecánica al disco de embrague.

- **Muelles (3):** Tiene la misión de absorber las vibraciones transversales y longitudinales que se generan cuando se embraga o desembraga.
- **Forros (4):** Compensa la diferencia de revoluciones entre el motor y la caja de cambios, logrando transmitir el par motor.
- **Manguito estriado (5):** Conecta el eje primario de la caja de cambios con el sistema de embrague.

Figura 3

Componentes del disco de embrague



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.12), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

4.1.2. Volante motor o de inercia

Elimina desequilibrios del motor para mejorar el funcionamiento del mismo. Este elemento (Fig. 4) pertenece al motor, sin embargo, se le considera parte del sistema de embrague debido a que en él fricciona el disco de embrague.

Figura 4

Volante motor



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.13), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

4.1.3. Maza o plato de presión

Presiona el disco de embrague contra el volante motor, logrando transmitir el movimiento del motor a la caja de cambios.

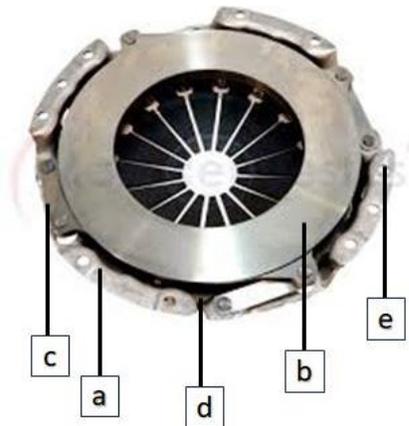
Sus componentes son los siguientes:

- **Carcasa de embrague (Fig. 5):** Es la encargada de rodear y cubrir el muelle de diafragma y la placa de apriete (a).
- **Placa de apriete (Fig. 5):** Su función es unir la carcasa a la placa de apriete mediante muelles laminados tangenciales (b)
- **Muelle de diafragma (Fig. 5):** Disminuye las fuerzas ejercidas sobre el pedal de embrague manteniendo un funcionamiento lineal (c).

- **Muelle laminado tangencial (Fig. 5):** Su función es transmitir el par motor de la carcasa hacia la placa de apriete, también cumple la función de elevar la plaza de apriete al desembragar (d).
- **Taladrado de centrado (Fig. 5):** Son agujeros situados en los extremos de la carcasa que tiene la finalidad de asegurarse que el plato de presión sea colocado de forma correcta (e).

Figura 5

Componentes del plato de presión de diafragma



Su clasificación es la siguiente:

- **Por muelles (Fig. 6):** Este plato de presión está compuesto entre 6 y 8 muelles de presión y 3 palancas de accionamiento que se encuentran ubicadas a 120 grados cada una. Actualmente, se emplean únicamente en sistemas de embrague de maquinaria pesada.

Figura 6

Plato de presión por muelles



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.13), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

- **Por diafragma (Fig. 7):** Se basa en un disco de acero en forma de cono que posee un resorte elástico, el cual ejerce presión sobre la maza. Posee las siguientes ventajas:
 - La presión se ejerce de forma uniforme en toda la superficie del disco.
 - Accionamiento suave y progresivo.

Figura 7

Plato de presión por diafragma



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.13), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

4.1.4. Collarín de empuje

Rodamiento que empuja o acciona el plato de presión, logrando el acople y desacople del disco de embrague.

La horquilla (Fig. 8) de mando es la encargada de accionar el collarín de empuje (Fig. 8). Los accionamientos del collarín pueden ser mecánico, por cable o hidráulico.

Figura 8

Collarín de empuje con la horquilla de accionamiento



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.13), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

4.2. Funcionamiento del embrague

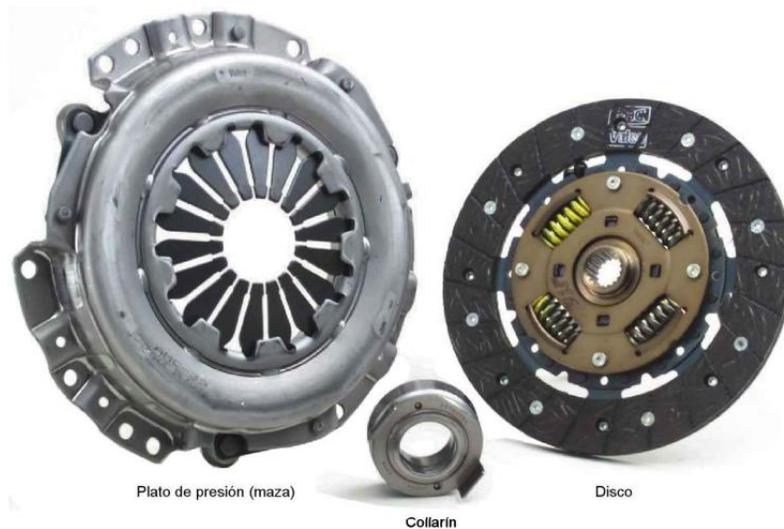
El mecanismo de embrague es el encargado de interrumpir o permitir el paso de la energía mecánica desde el motor hacia la caja de cambios; a voluntad del conductor (en el caso de embragues manuales) o automáticamente (en el caso de embragues automáticos). Por la misión que desempeña dentro de la cadena cinemática, el conjunto de embrague está sujeto a las mayores exigencias en su funcionamiento, puesto que está directamente relacionado con las prestaciones de los automóviles.

4.3. Tipos de embrague

- **Fricción:** Sistema más utilizado por los fabricantes de automóviles. Su proceso de transmisión de par depende de las cualidades del material de fricción de los discos. Las principales características del disco de embrague de fricción (Fig. 9) deben ser:
 - Alto coeficiente de fricción,
 - Capacidad para resistir el desgaste,
 - Resistencia a las condiciones de usos,
 - Propiedades térmicas altas,
 - Soportar elevadas presiones de contacto,
 - Resistencia a los esfuerzos cortantes,
 - Elevada durabilidad y,
 - Características respetuosas con el medio ambiente.

Figura 9

Conjunto de embrague de fricción

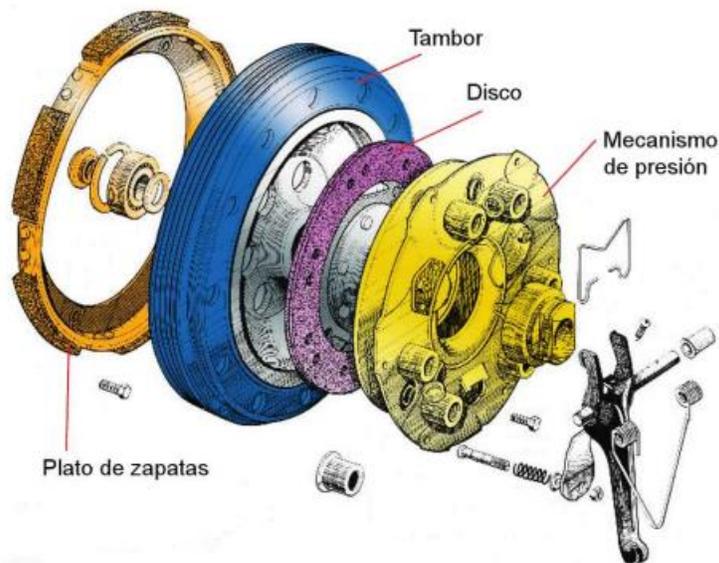


Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.7), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

- **Centrífugos:** Este embrague (Fig. 10) realiza las operaciones de embrague y desembrague automáticamente. Consta de contrapesos que, cuando el motor alcanza un determinado régimen de giro, actúa la fuerza centrífuga provocando que las palancas que están unidas a ellos basculen presionando el tambor de embrague, consiguiendo así el embragado.

Figura 10

Embrague centrifugo

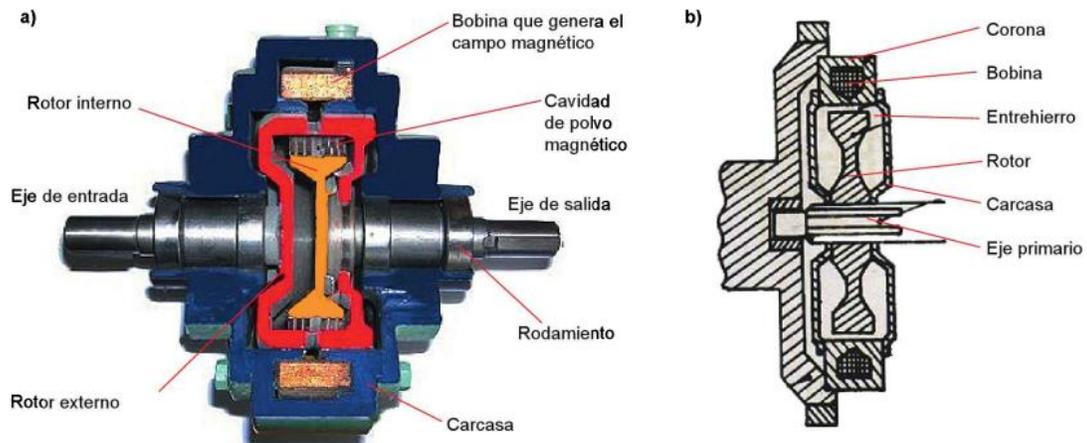


Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.36), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

- **Electromagnéticos:** Este embrague (Fig. 11) aprovecha las características de los campos magnéticos para desarrollar su funcionamiento. Utiliza partículas metálicas, que en el momento que se activa un campo magnético, las mismas transmiten el movimiento del motor.

Figura 11

Embrague electromagnético

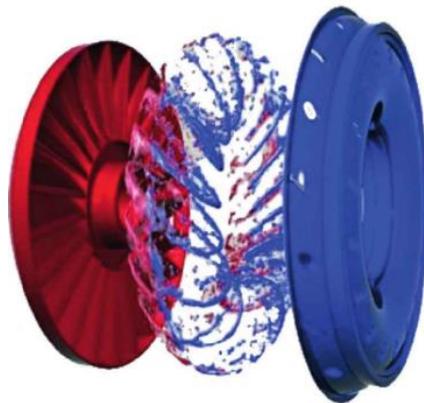


Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.37), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

- **Hidráulicos:** Utiliza la fuerza centrífuga del aceite para transmitir energía desde el motor a la caja de cambios. Este embrague (Fig. 12) se emplea en vehículos con caja de cambios automática y su función es como un embrague automático.

Figura 12

Funcionamiento del embrague hidráulico



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.38), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

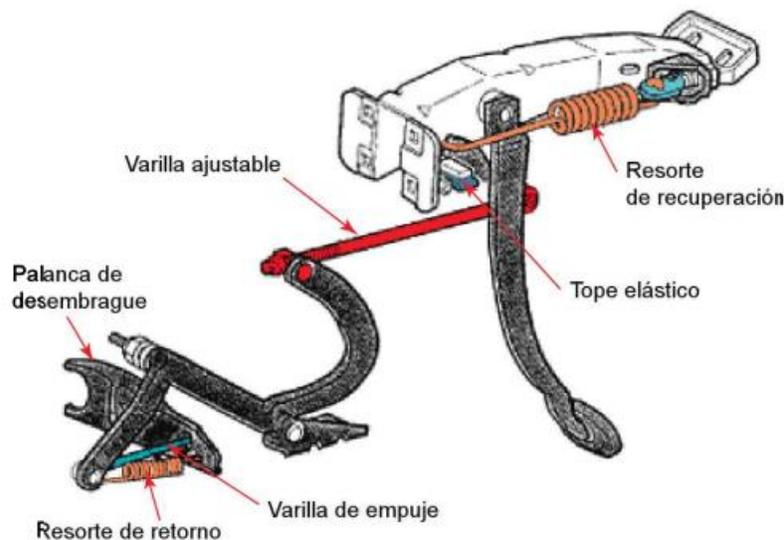
4.4. Accionamientos del embrague

El mando de accionamiento de un embrague de fricción está conformado por los elementos del pedal de embrague situados dentro del habitáculo hasta la horquilla de mando del embrague.

- **Accionamiento por varillaje:** En este accionamiento (Fig. 13) la fuerza que se ejerce sobre el pedal se transmite hasta la horquilla mediante un conjunto de varillas.

Figura 13

Accionamiento por varillaje

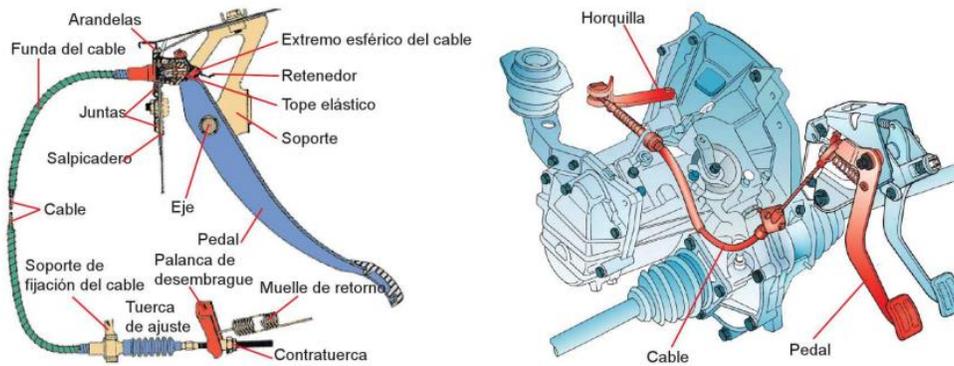


Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.29), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

- **Accionamiento por cable de acero:** Este sistema (Fig. 14) está conformado por un cable de acero recubierto por una funda plástica. Su mayor inconveniente es el destensado del cable, producido por el desgaste del disco de embrague por su normal funcionamiento.

Figura 14

Accionamiento por cable de acero

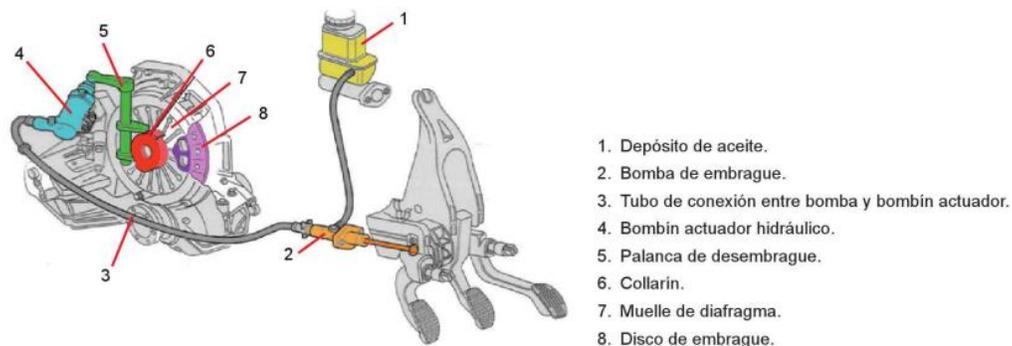


Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.30), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

- **Accionamiento hidráulico:** Este accionamiento (Fig. 15) ofrece un buen tacto del pedal, por lo tanto, aumenta la fiabilidad del sistema. Dispone de un depósito líquido independiente o compartido con el depósito de líquido de frenos conectado por tuberías flexibles. Este sistema es autorregulable por lo cual posee un mayor grado de fiabilidad.

Figura 15

Accionamiento hidráulico

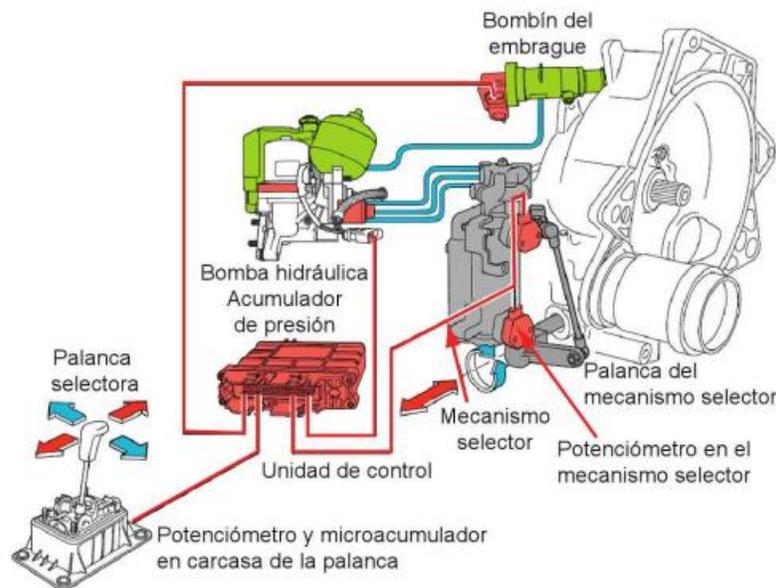


Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.31), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

- **Accionamiento automático:** Este sistema (Fig. 16) funciona conjuntamente con la unidad de control electrónica, cuando el conductor desea cambiar de velocidad, un sensor situado en la palanca de cambios conjuntamente con una serie de sensores que interpretan las intenciones del conductor, envían señales eléctricas a un elemento actuador que acciona el collarín contra el diafragma de la maza realizando el desembrague.

Figura 16

Accionamiento automático



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.33), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

4.5. Cálculos del embrague

- **Coefficiente de adherencia:** Este valor es directamente proporcional del material utilizado en las superficies de contacto.

Tabla 1

Coefficientes de adherencia según el tipo de superficie de contacto

Material	Coefficiente de rozamiento
Acero	0,15-0,20
Amianto	0,30-0,60
Fieltro	0,22
Grafito	0,25
Metal sinterizado	0,40-0,50
Kevlar	0,40-0,60
Material carbocerámico	0,30-0,45

- **Presión superficial:** Presión que pueden soportar los materiales con los que se fabrican los forros de los discos. Normalmente, es un dato que los fabricantes brindan y el mismo indica la carga que deben soportar los forros del disco.

$$\rho = \frac{F_c}{S}$$

Donde:

F_c = Fuerza.

S = Superficie.

- **Par motor:** El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. Este dato nos ayuda a conocer los esfuerzos que debe soportar el embrague.

$$M = 716 \frac{W}{n}$$

Donde:

M = Par motor.

W = Potencia al freno.

$n = r.p.m. \text{ del motor.}$

- **Fuerza de rozamiento:**

$$R = \pi \cdot \rho \cdot \mu \cdot (R^2 - r^2)$$

Donde:

$\rho = \text{Presión superficial.}$

$\mu = \text{coeficiente de rozamiento del disco.}$

$R = \text{radio exterior del forro.}$

$r = \text{radio interior del forro.}$

- **Fuerza de transmisión:**

$$F_t = F_a \cdot \mu \cdot n$$

Donde:

$F_a = \text{Fuerza de apriete.}$

$\mu = \text{Coeficiente de rozamiento.}$

$n = \text{Número de caras o superficies.}$

- **Fuerza de apriete**

$$F_a = \rho \cdot \mu \cdot A$$

Donde:

$\rho = \text{Presión superficial.}$

$\mu = \text{Coeficiente de rozamiento.}$

$n = \text{Número de caras o superficies.}$

- **Par de giro transmisible:**

$$M = F_t \cdot R_m \cdot \mu \cdot F_a$$

Donde:

$F_t =$ Fuerza de transmisión.

$R_m =$ Radio medio.

$\mu =$ Coeficiente de rozamiento.

$F_a =$ Fuerza de apriete.

- **Cálculo de la fuerza generada en un conjunto de embrague por cable**

Ley de la palanca

$$F_2 = \frac{d_1 \cdot F_1}{d_2}$$

$$F_4 = \frac{d_3 \cdot F_3}{d_4}$$

$$F_2 = F_3$$

Donde:

$F_1 =$ Fuerza ejercida en el pedal.

F_2 y $F_3 =$ Fuerza que llega al conjunto de embrague.

$F_4 =$ Fuerza de empuje de la horquilla hacia el collarín.

$d_1 =$ Distancia del pedal al punto de apoyo.

$d_2 =$ Distancia del punto de apoyo hacia el extremo superior.

$d_3 =$ Distancia del extremo de la horquilla hacia el punto de apoyo.

$d_4 =$ Distancia del punto de apoyo hacia el extremo inferior.

Caso práctico

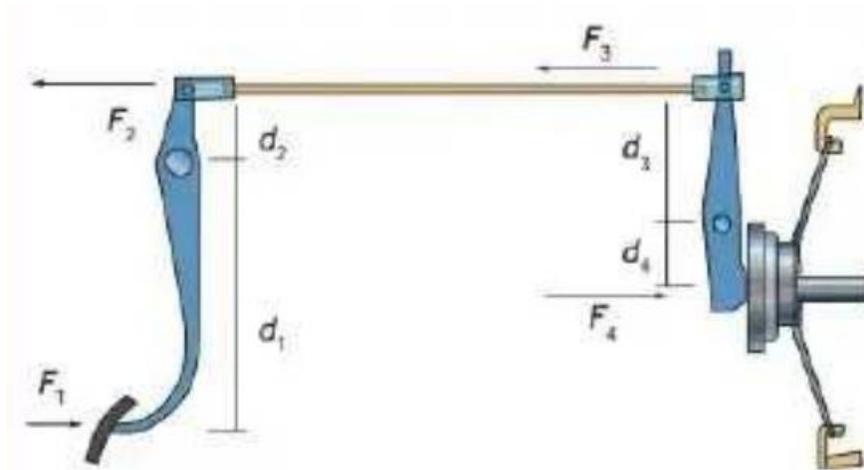
Calcular la fuerza que llega a un conjunto de embrague accionado por cable (Fig. 17)

al pisar el pedal con una fuerza de 80 N, teniendo en cuenta que las medidas son: 140

mm del pedal al punto de apoyo, 40 mm de este al otro extremo, 50 mm del primer extremo de la horquilla a su punto de apoyo y 15 mm del punto de apoyo al otro extremo.

Figura 17

Esquema del accionamiento por cable de un embrague de fricción



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.16), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

Resolución

Datos:

$$F_1 = 80 \text{ N}$$

$$F_2 = F_3$$

$$d_1 = 140 \text{ mm}$$

$$d_2 = 40 \text{ mm}$$

$$d_3 = 50 \text{ mm}$$

$$d_4 = 15 \text{ mm}$$

$$F_2 = \frac{140 \text{ mm} \cdot 80 \text{ N}}{40 \text{ mm}} = \mathbf{280 \text{ N}}$$

$$F_4 = \frac{50 \text{ mm} \cdot 280 \text{ N}}{15 \text{ mm}} = 933,32 \text{ N}$$

- **Cálculo de la fuerza generada en un mando de accionamiento hidráulico**

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \cdot A_2$$

Donde:

F_1 = Fuerza en el pedal.

F_2 = Fuerza final de la presión hidráulica.

A_1 = Área del pistón emisor.

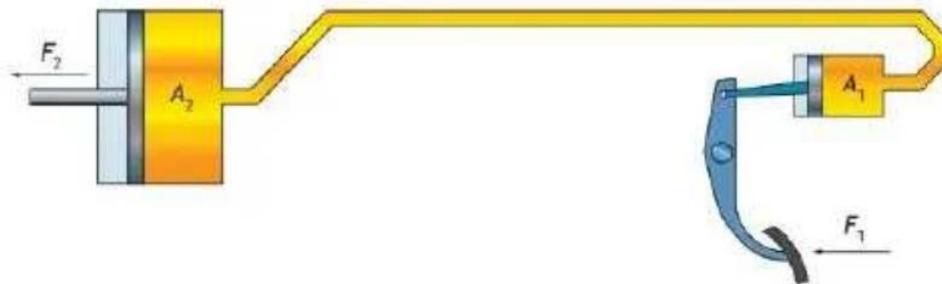
A_2 = Área del pistón receptor.

Caso práctico

Calcular la presión producida en el mando de accionamiento hidráulico (Fig. 18) de un embrague con un pistón emisor de 10 mm de diámetro y un pistón receptor de 30 mm de diámetro al pisar el pedal con una fuerza de 80 N.

Figura 18

Esquema del accionamiento hidráulico de un embrague de fricción



Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.17), por J. C. Borja, J. Fenoll, J. S. Herrera, 2013, MACMILLAN.

Resolución

Datos:

$$F_1 = 80 \text{ N}$$

$$d_1 = 10 \text{ mm}$$

$$d_2 = 30 \text{ mm}$$

$$A_1 = \pi \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 3,14 \cdot 25 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \pi \cdot \left(\frac{30}{2}\right)^2 = 3,14 \cdot 225 = 706,5 \text{ mm}^2$$

$$F_2 = \frac{80 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2} \cdot 706,5 \text{ mm}^2 = 720,5 \text{ N}$$

4.6. Descripción de los componentes y partes que constituyen el banco de pruebas

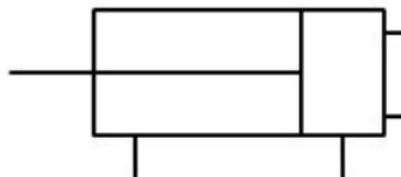
4.6.1. Componentes neumáticos

4.6.1.1. Cilindro neumático DNC-100.50-PPV-163481

Elemento (Fig. 19) encargado de generar la presión necesaria para el desplazamiento del diafragma que poseen los diversos platos de presión, esto se realiza mediante un doble efecto provocado por el elemento, ocasionando que sea capaz de ejercer presión y de generar tracción simultáneamente en caso de que se requiera.

Figura 19

Esquema neumático del cilindro neumático DNC-100.50-PPV-163481

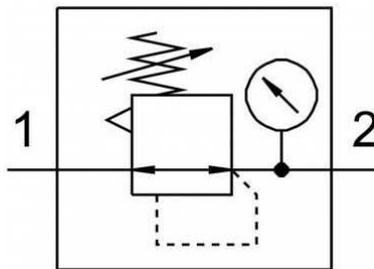


4.6.1.2. Válvula reguladora de presión LR-3/8-D-MINI

Dispositivo (Fig. 20) de calibración encargado de regular la presión de aire que ingresa al cilindro, mediante el cual se puede establecer diversas fuerzas a ejercer sobre los diafragmas de los diversos platos de presión.

Figura 20

Esquema neumático de la válvula reguladora de presión LR-3/8-D-MINI

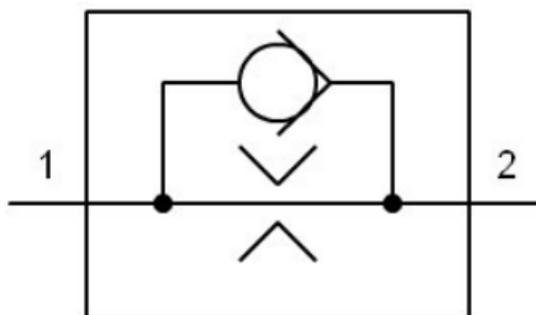


4.6.1.3. Regulador de caudal

Este elemento (Fig. 21) permite obtener un contacto progresivo a través de la superficie del diafragma mediante la regulación de la velocidad de avance y retroceso del vástago del cilindro neumático.

Figura 21

Esquema neumático del regulador de caudal



4.6.1.4. Racores, conectores y cañerías

Forman parte del sistema auxiliar (Fig. 22) que permiten conectar todos los elementos del sistema neumático evitando que se generen fugas en el sistema o a su vez asegurarse de que no existan pérdidas de presión en el mismo.

Figura 22

Racores, conectores y cañerías



4.6.1.5. Bobina de inducción eléctrica

Su función es permitir la activación del cilindro neumático induciendo la corriente eléctrica necesaria para que pueda realizar su trabajo.

4.6.1.6. Silenciadores

Evitan la disipación del ruido causado por el cilindro al generarse una descarga de aire durante su funcionamiento. (Fig. 23)

Figura 23

Silenciadores



4.6.2. Componentes electrónicos

4.6.2.1. Celda de carga

Este elemento se encarga de transmitir la fuerza generada al ser presionado el cilindro neumático hacia el indicador digital, permitiendo visualizar los datos obtenidos durante la medición de fuerza para la verificación del estado del plato de presión. (Fig. 24)

Figura 24

Bobina de inducción eléctrica

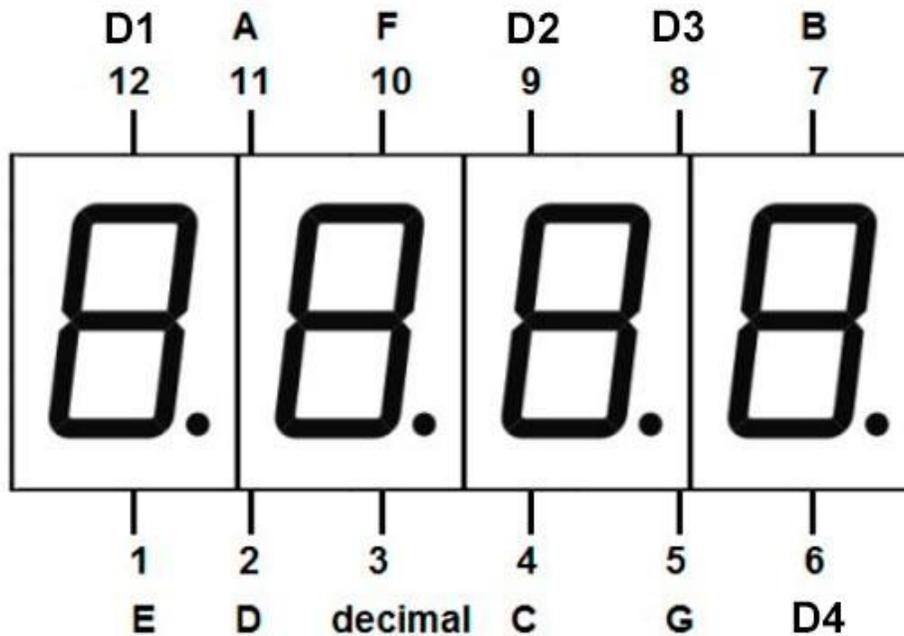


4.6.2.2. Display

Encargado del procesamiento de datos generados en la celda de carga para permitir la visualización en forma numérica conjuntamente integrado con un módulo, lo que establece un grado de precisión de $\pm 0,03\%$. (Fig. 25)

Figura 25

Display



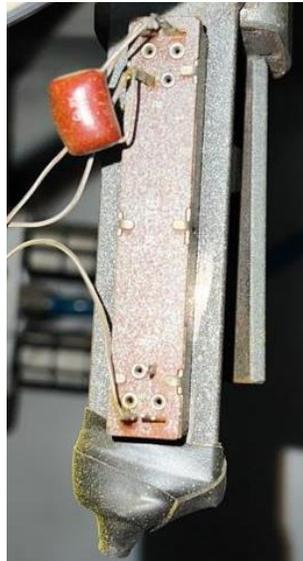
Nota. Adaptado de *8B EL OCTAVO BIT* [Fotografía], 2023, (<https://eloctavobit.com/arduino/conexion-display-4-digito-7-segmentos-con-arduino/>)

4.6.2.3. Sensor de desplazamiento lineal

Este elemento (Fig. 26) es accionado por un potenciómetro lineal, el cual varía su resistencia a través de un microcontrolador con la finalidad de medir el desplazamiento del diafragma y compararlo con la base de datos almacenada en un computador.

Figura 26

Sensor de desplazamiento lineal

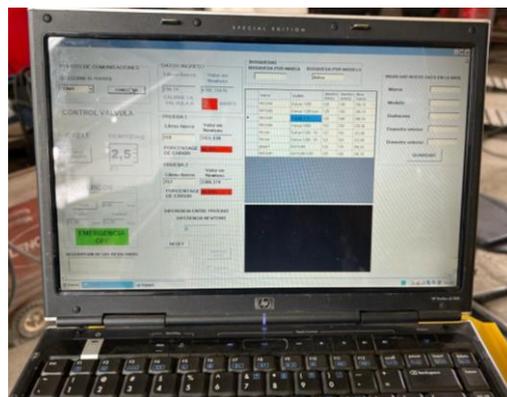


4.6.2.4. Computador

Este dispositivo (Fig. 27) consta con un software encargado de realizar el análisis de los resultados obtenidos durante la medición a través de los datos brindados por los sensores, permitiendo realizar un análisis con los datos almacenados en la base de datos de los diversos platos de presión que varían según sus dimensiones.

Figura 27

Computador



4.6.2.5. Microcontrolador 18F2550

Es el encargado de almacenar, procesar y comandar los elementos de control como la electroválvula y el sensor linear, permitiendo que permanezcan en comunicación con el software del banco de pruebas. (Fig. 28)

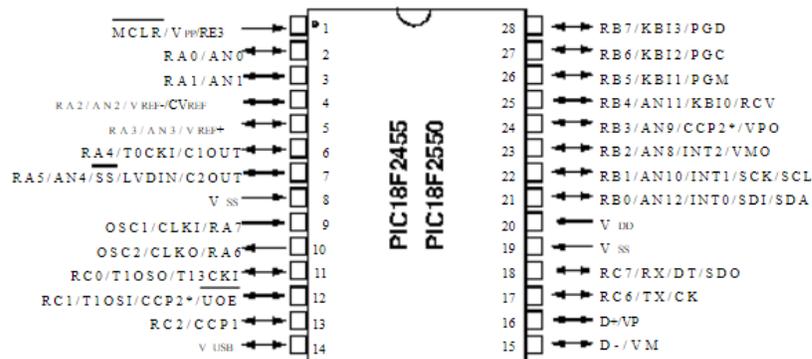
Figura 28

Microcontrolador 18F2550



Figura 29

Datasheet microcontrolador 18F2550



Nota. Adaptado de ALLDATASHEET [Fotografía],

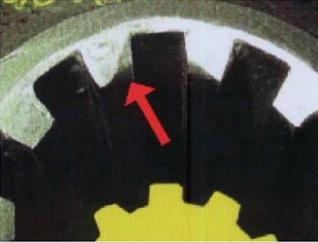
(https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Pic18f2550%20datasheet&gclid=CjwKCAjw5MOlBhBTEiwAAJ8e1uHS3arvghEYCZhUGm5FJu0QeimwZ2NuiBnGwT-D2lIjj-xeClgfzxoC6V4QAvD_BwE)

	<ul style="list-style-type: none"> • Giros irregulares del eje primario o del cigüeñal, a causa de desequilibrios en los mismos. • Deformaciones en el plato de presión, lo que provoca que no asiente correctamente. • Aumento irregular de la fuerza de presión. • Disco de embrague engrasado.
Dureza del embrague	Este efecto está asociado a defectos en el sistema de accionamiento o por el desgaste del plato de presión, es necesario un esfuerzo mayor para accionar el pedal del embrague.
Ruidos en el embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Defectos en los muelles del disco de embrague. • Sistema de accionamiento defectuoso. • Averías en el collarín de empuje, buje estriado o casquillo guía. • Desgaste de las lengüetas del diafragma.
El embrague no libera	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema de accionamiento con fallas. ✓ Mal ajuste o calibración inadecuada del sistema de accionamiento. ✓ Disco montado en la posición incorrecta, estriado del buje oxidado, forros rotos o sueltos, muelles rotos. ✓ Collarín agarrotado. ✓ Plato de presión roto o con fallas en sus componentes.
Las velocidades rascan al insertarlas con el vehículo parado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El disco no libera. ✓ El eje primario no se detiene completamente. Este efecto normalmente lo produce el mal estado del casquillo guía del cigüeñal, que provoca que el eje primario no se pare totalmente nunca.

4.7.2. Anomalías en el conjunto del embrague

Tabla 3

Anomalías en el conjunto de embrague

Plato de presión roto, con gritas o huellas de calentamiento	
<p>Se produce por un recalentamiento del plato de presión a causa de un patinaje prolongado.</p>	
Lengüetas del diafragma desgastadas	
<p>Cuando el collarín de empuje se encuentra bloqueado o gira con dificultad, produce esta anomalía.</p>	
Perfil de buje dañado	
<p>Esta anomalía es provocada debido a un error de montaje, un disco no centrado durante el montaje o por un disco incorrecto.</p>	
Soporte del forro roto	
<p>Producido por una desalineación entre el motor y la caja de cambios, un mal montaje del embrague o un cojinete piloto del volante defectuoso.</p>	
Forro quemado o desintegrado	
<p>Se produce cuando existe un fallo o deterioro en el sistema de embrague o por forro enrasados.</p>	
Rodamiento del collarín de empuje destruido	

<p>Producido por sobrecalentamiento del collarín a causa de falta de juego en el mismo, produciendo pérdida de grasa y agarrotamiento del mismo.</p>	
<p>Superficie del forro carbonizada</p>	
<p>Se produce debido a patinaje prolongado del embrague o forros engrasados.</p>	
<p>Muelle roto</p>	
<p>Consecuencia de un sistema de embrague defectuoso, excesivo calentamiento o forros engrasados.</p>	

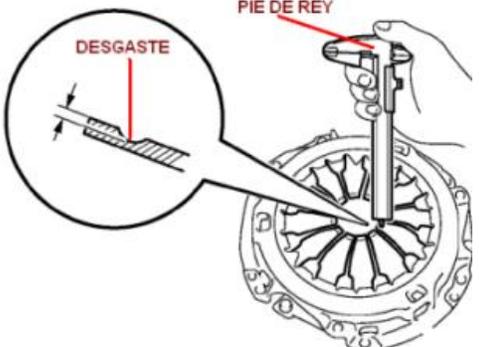
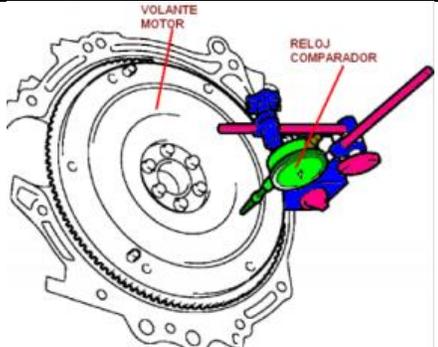
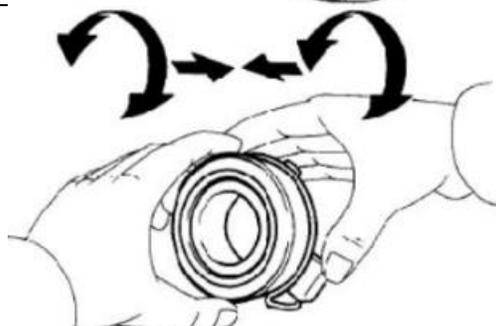
Nota. Tomado de *Sistemas de Transmisión y Frenado* (p.55-57), por E. A. Casado, J. M. Navarro, T. G. Morales, 2011, Paraninfo.

4.7.3. Comprobaciones

Tabla 4

Comprobaciones del conjunto de embrague

Comprobación	Ilustración
<p>Comprobación del desgaste del disco, tomando como punto central la profundidad del remache de sujeción de los forros.</p>	

<p>Comprobación de la altura de las puntas del diafragma del plato de presión.</p>	
<p>Verificación de la superficie de fricción del volante motor.</p>	
<p>Verificación el alabeo del espejo del plato de presión, esto lo realizamos con la ayuda de un gauge y una regla</p>	
<p>Comprobación del juego que existe en el estriado de unión del disco de embrague con el eje primario de la caja de cambios</p>	
<p>Verificación de la exista excesivas de holguras radiales y axiales, a más del giro libre y sin ruido</p>	

5. CAPITULO II. REACONDICIONAMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO DE MEDICIÓN DE FUERZA DE PLATOS DE PRESIÓN

5.1. Restauración estructural

La restauración estructural del banco de pruebas se divide en dos partes, la primera es la implementación y reubicación de la zona de control del banco y la segunda es una restauración de los elementos físicos del banco.

5.1.1. Descripción del estado inicial del banco de pruebas

Inicialmente, el banco de pruebas se encontraba obsoleto y al desarrollar una práctica en el mismo, se tenía que trabajar en diferentes zonas, ya que sus componentes y reguladores estaban distribuidos en todo el banco. Además, las piezas que verifican el estado de los platos de embrague presentaban fallas por falta de mantenimiento y debido al uso del banco por varios años. Al realizar la práctica se obtenían resultados no fiables.

5.1.2. Análisis estructural del banco de pruebas

Mediante el análisis por medio de elementos finitos en el software ANSYS se desarrollaron simulaciones de funcionamiento del banco de pruebas aplicando diversas fuerzas para establecer los límites máximos y mínimos de operación del banco con base en los parámetros de funcionamiento del cilindro neumático considerando 8 bares como la carga máxima aplicable.

A continuación, se muestra el resultado del mallado (Fig. 31) generado en el software, el cual posee un 94% de efectividad en el análisis.

Figura 31

Mallado del análisis estructural

Smoothing	Low
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,11925
<input type="checkbox"/> Max	1,
<input type="checkbox"/> Average	0,94173
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,12662

- **Deformación máxima**

Los resultados obtenidos durante la simulación permiten establecer la deformación de la estructura en donde está, empieza a ser considerable, sin embargo, debido a que los valores necesarios para la realización de pruebas, la deformación obtenida puede ser despreciable siempre, es decir, permanece dentro de los límites elásticos como se muestra en la Tabla 5.

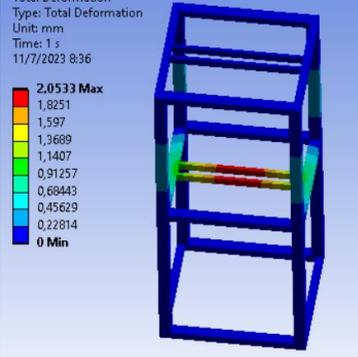
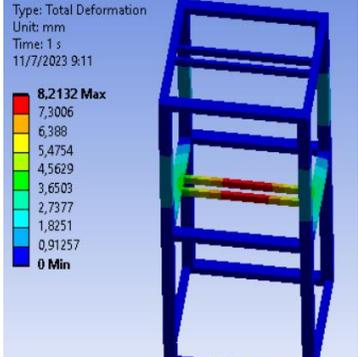
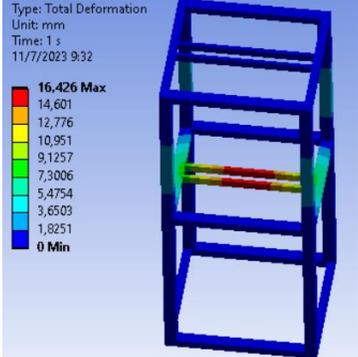
Tabla 5

Resultados de la deformación máxima del banco

Fuerza (KN)	100	200	300	400	500	600	700	800
Deformación (mm)	2,0533	4,106	6,159	8,2132	10,26	12,32	14,37	16,42

Tabla 6

Graficas de la deformación del banco

Fuerza aplicada (KN)	Grafica de la deformación
100 KN	<p>B: Static Structural Total Deformation Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 s 11/7/2023 8:36</p>  <p>2.0533 Max 1,8251 1,597 1,3689 1,1407 0,91257 0,68443 0,45629 0,22814 0 Min</p>
400 KN	<p>B: Static Structural Total Deformation Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 s 11/7/2023 9:11</p>  <p>8.2132 Max 7,3006 6,388 5,4754 4,5629 3,6503 2,7377 1,8251 0,91257 0 Min</p>
800 KN	<p>B: Static Structural Total Deformation Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 s 11/7/2023 9:32</p>  <p>16.426 Max 14,601 12,776 10,951 9,1257 7,3006 5,4754 3,6503 1,8251 0 Min</p>

- **Stress equivalente**

El Stress equivalente representa los lugares donde se producen las mayores tensiones en la estructura, por lo tanto, se puede observar que a medida que aumenta la fuerza aplicada los extremos son las superficies en las cuales se debe presentar especial atención, sin embargo, los valores obtenidos en la simulación no tienen influencia importante en el comportamiento de la estructura del banco de pruebas siempre y cuando no se supere los límites establecidos en la Tabla 7.

Tabla 7

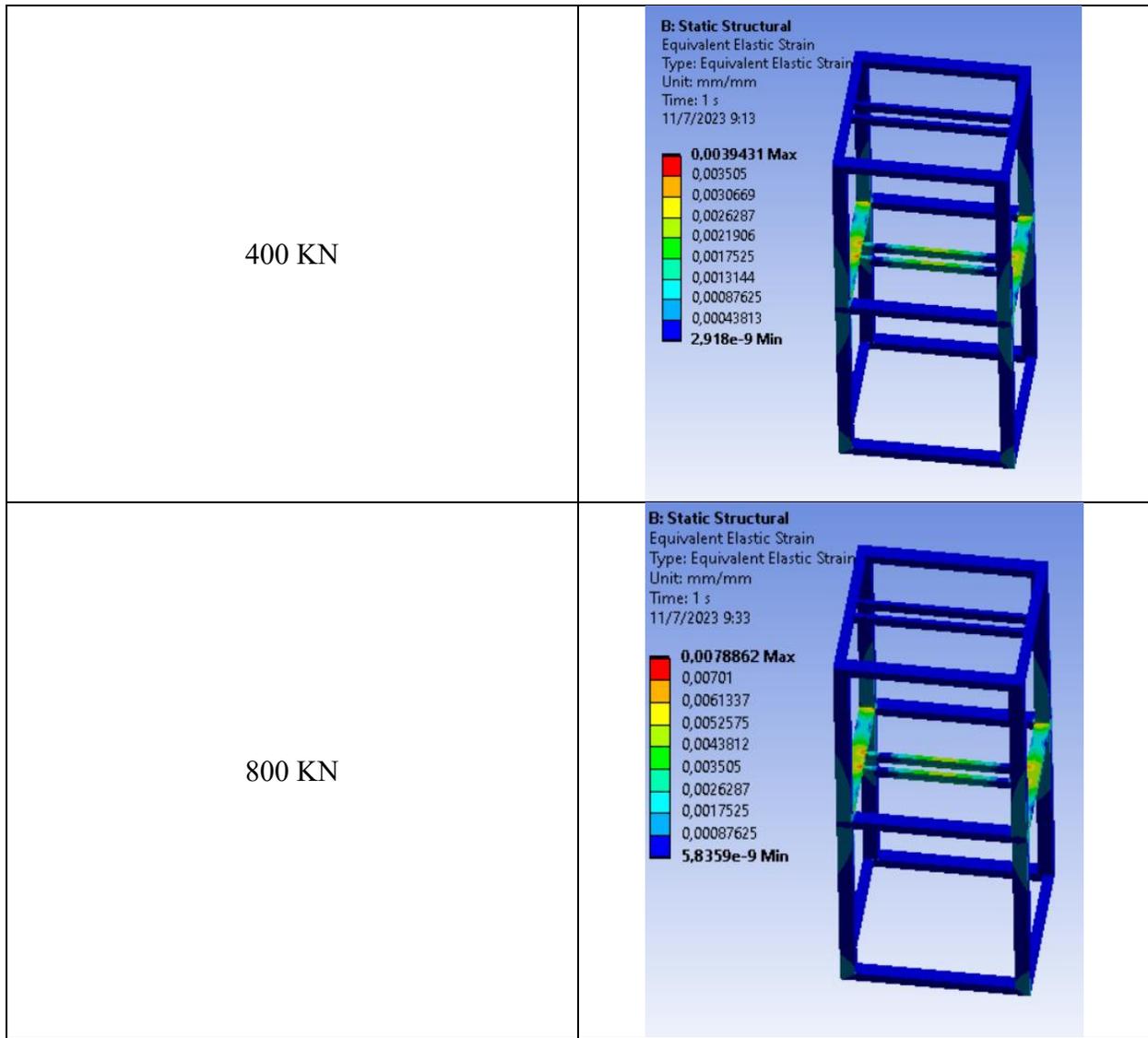
Resultados del Stress equivalente del banco

Fuerza (KN)	100	200	300	400	500	600	700	800
Stress equivalente (mm/mm)	$9,85 \times 10^{-4}$	$1,97 \times 10^{-3}$	$2,95 \times 10^{-3}$	$3,94 \times 10^{-3}$	$4,92 \times 10^{-3}$	$5,91 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-4}$	$7,8 \times 10^{-3}$

Tabla 8

Graficas del Stress equivalente del banco

Fuerza aplicada (KN)	Grafica del Stress equivalente
100 KN	<p>B: Static Structural Equivalent Elastic Strain Type: Equivalent Elastic Strain Unit: mm/mm Time: 1 s 11/7/2023 8:49</p> <p>0,00098578 Max 0,00087625 0,00076671 0,00065718 0,00054765 0,00043812 0,00032859 0,00021906 0,00010953 7,2949e-10 Min</p>



- **Esfuerzo de Von-Mises**

Este valor representa la resistencia la cual soportara la estructura al estar sometido a una carga, por lo tanto, al analizar se aprecian que el valor máximo se encuentra en los extremos, siendo este valor completamente normal a la reacción que genera el cilindro neumático durante la presión generada, sin embargo, es importante mencionar que mientras mayor sea la fuerza aplicada la resistencia de la estructura disminuirá considerablemente, aunque, es importante mencionar que durante los

valores normales de funcionamiento la estructura no sufre afecciones considerables, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

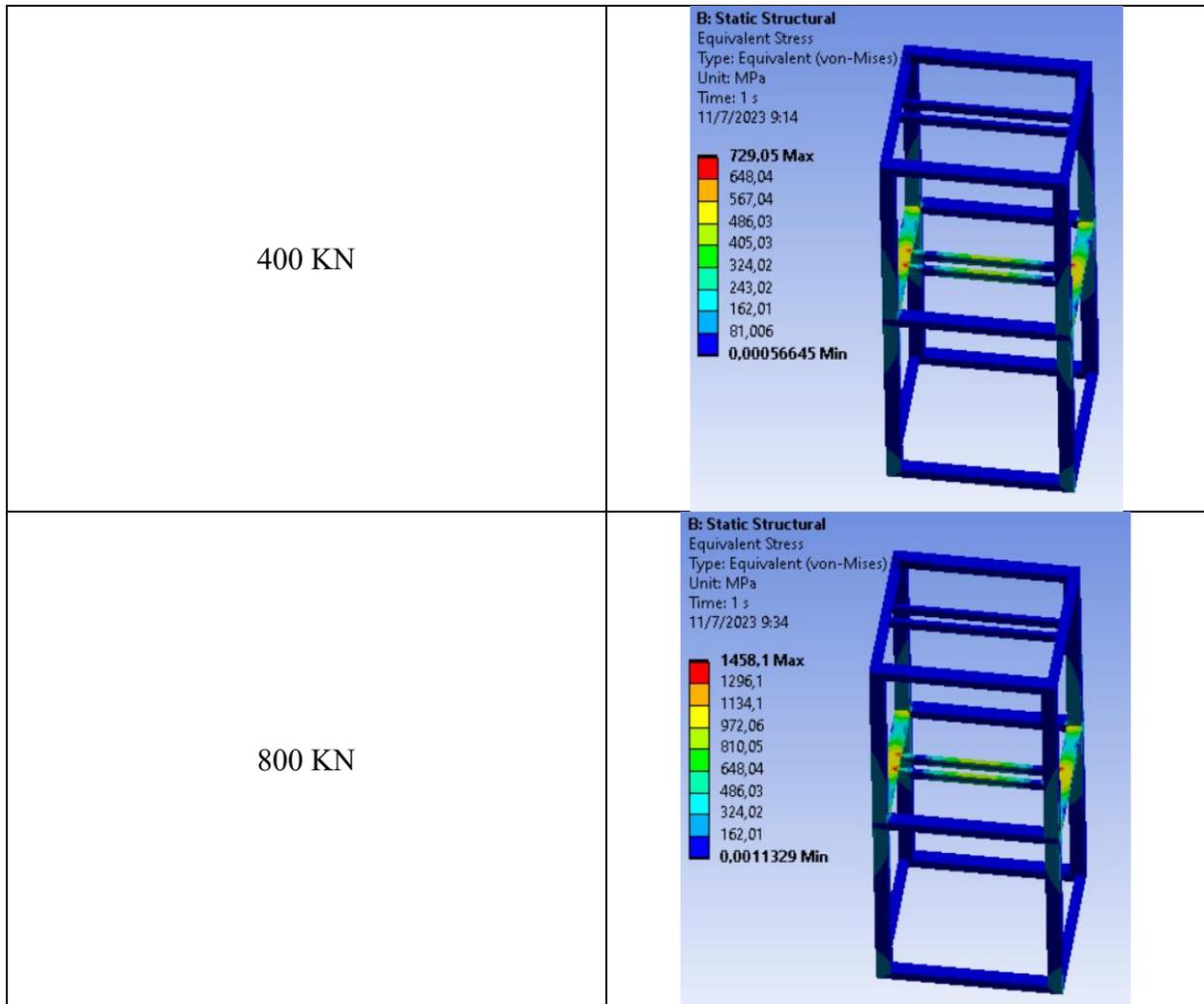
Resultados del esfuerzo de Von-Mises del banco

Fuerza (KN)	100	200	300	400	500	600	700	800
Equivalente de Von-Mises (MPa)	182,26	364,52	546,79	729,05	911,31	1093,6	1275,8	1458,1

Tabla 10

Graficas del esfuerzo de Von-Mises del banco

Fuerza aplicada (KN)	Grafica del esfuerzo de Von-Mises
100 KN	<p>B: Static Structural Equivalent Stress Type: Equivalent (von-Mises) Unit: MPa Time: 1 s 11/7/2023 8:44</p> <p>182,26 Max 162,01 141,76 121,51 101,26 81,005 60,754 40,503 20,251 0,00014161 Min</p>



- **Factor de seguridad**

Mediante el factor de seguridad podemos establecer la capacidad de resistencia que tendrá la estructura del banco al estar sometido a las cargas establecidas en la Tabla 5, mediante el análisis de elementos finitos podemos constatar que el valor obtenido se encuentra superior a 1 se puede decir, que la estructura cumple con los requerimientos que debe cumplir el banco de pruebas, sin embargo, existen cargas a las cuales el factor de seguridad empieza a disminuir a lo largo de la parte central, por lo tanto, es necesario precautelar mantenerlo a cargas normales.

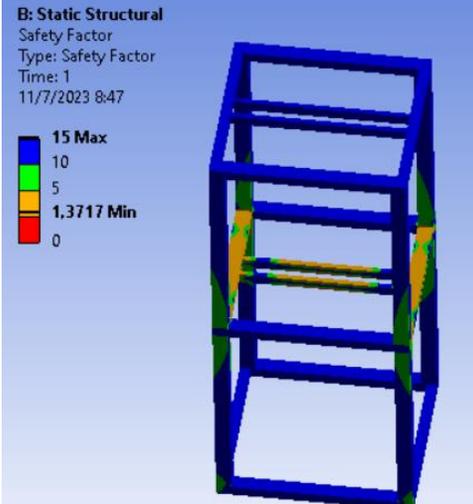
Tabla 11

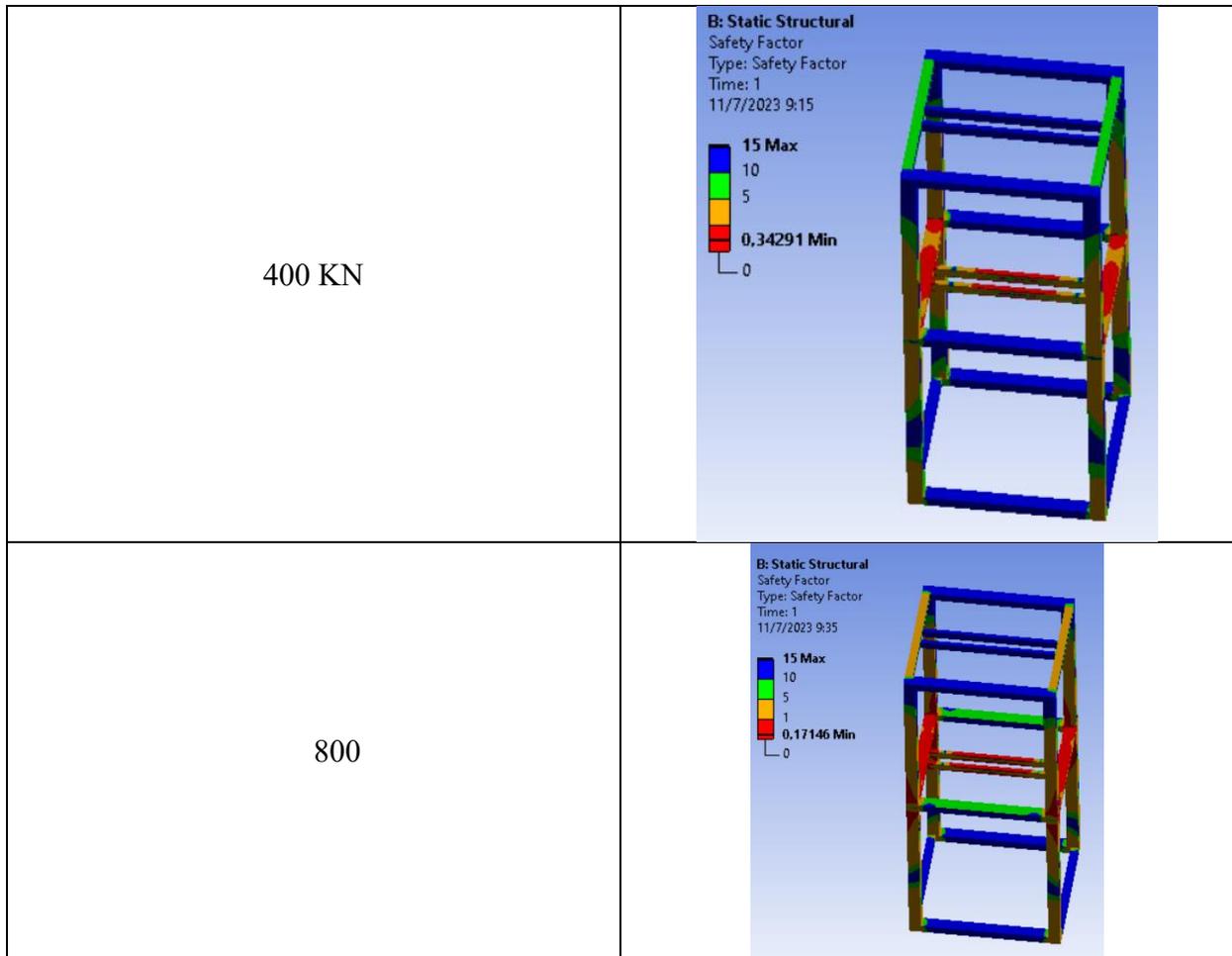
Resultados del factor de seguridad del banco

Fuerza (KN)	100	200	300	400	500	600	700	800
Factor de seguridad máximo	15	15	15	15	15	15	15	15
Factor de seguridad mínimo	1,37	0,685	0,457	0,349	0,274	0,228	0,195	0,171

Tabla 12

Graficas del factor de seguridad del banco

Fuerza aplicada (KN)	Grafica del factor de seguridad
100 KN	 <p>B: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 11/7/2023 8:47</p> <p>15 Max 10 5 1,3717 Min 0</p>



5.2. Evaluación e identificación de daños estructurales del banco de pruebas.

- **Componentes auxiliares del cilindro neumático:** Los componentes auxiliares del cilindro neumático (Fig. 32) se encontraban deteriorados debido al uso y falta de mantenimiento del banco.

Figura 32

Estado inicial de los componentes auxiliares del cilindro neumático



- **Base de la computadora:** La base de la computadora (Fig. 33) se encontraba soldada a un lado del banco, dificultaba el movimiento del mismo, además dejaba al ordenador a la intemperie sujeto a sufrir algún daño.

Figura 33

Estado inicial de la base de la computadora



- **Mandos del banco:** Los mandos del banco (Fig. 34) se encontraban distribuidos en diferentes zonas del mismo, lo que provocaba que el operario tenga que trabajar en diferentes zonas del banco a la vez.

Figura 34

Diferentes zonas de trabajo del banco



- **Mallas protectoras del banco:** Las mallas de protección (Fig. 35) de la zona de desarrollo de prueba en los platos de presión de embrague, dificultaban la correcta visualización de la misma.

Figura 35

Mallas protectoras



- **Pintura:** Tras pasar los años, la pintura del banco (Fig. 36) se ha deteriorado, dándole un mal aspecto al mismo.

Figura 36

Pintura del banco



- **Ruedas:** Las ruedas (Fig. 37) del banco se encontraban en mal estado, lo que dificultaba la movilización del banco.

Figura 37

Estado de las ruedas



5.2.1. Metodología de reacondicionamiento.

En el reacondicionamiento del banco se utilizaron diversos procesos, tales como: procesos de soldadura, corte, pulido, taladrado, doblado, repintado, procesos de mecanizado en el torno y proceso de corte CNC láser.

5.2.2. Descripción de procesos mecánicos

- **Soldadura MIG:** La soldadura MIG (Fig. 38) es un proceso en el cual se usa un arco eléctrico y un gas inerte para fundir y unir metales, mediante la alimentación continua de un alambre consumible.

Figura 38

Aplicación de soldadura MIG



- **Proceso de corte:** El corte es una técnica controlada de separación de materiales para obtener secciones específicas con precisión y eficiencia. (Fig. 39)

Figura 39

Aplicación del proceso de corte



- **Proceso de pulido:** Técnica que usa abrasivos para eliminar imperfecciones y obtener una superficie lisa, brillante y estéticamente agradable en diferentes materiales. (Fig. 40)

Figura 40

Aplicación del proceso de pulido



- **Proceso de taladrado:** Proceso de mecanizado que implica perforar agujeros en materiales usando una herramienta de corte giratoria llamada broca. (Fig. 41)

Figura 41

Aplicación del proceso de taladrado



- **Proceso de doblado:** Proceso de deformación en el cual se aplica fuerza para curvar o cambiar la forma de un material, generalmente láminas metálicas. (Fig. 42)

Figura 42

Aplicación del proceso de doblado



- **Proceso de repintado:** Proceso que involucra la aplicación de una nueva capa de pintura sobre una superficie previamente pintada. (Fig. 43)

Figura 43

Aplicación del proceso de repintado

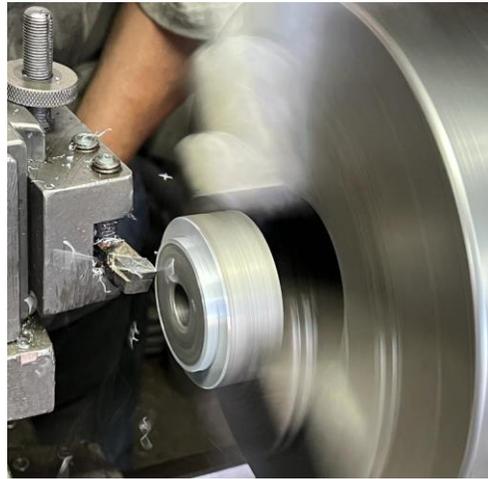


- **Procesos de mecanizado en el torno:** Proceso de fabricación en el cual se utiliza un torno, una máquina herramienta, para dar forma y crear piezas de trabajo cilíndricas.

(Fig. 44)

Figura 44

Aplicación de procesos de mecanizado en el torno



- **Proceso de corte CNC láser:** Técnica de mecanizado que usa un rayo láser de alta potencia y precisión para cortar materiales diversos. (Fig. 45)

Figura 45

Aplicación del proceso de corte CNC láser



5.2.3. Pasos de restauración

Tabla 13

Proceso de restauración del banco

Pasos de restauración	Ilustración
Desconexión de la pantalla led y del manómetro.	 A photograph showing the interior of a control panel. A wooden board is attached to the panel, and a grey corrugated hose and a black cable are connected to it. The panel is white and has several screws visible.
Corte del soporte de la computadora.	 A close-up photograph of a metal support structure being cut. The structure is made of silver-colored metal and is attached to a white panel. A cutting tool is visible, and the metal is being cut through. The background shows a perforated metal mesh.
Desconexión de los mandos internos del banco.	 A photograph showing the interior of a control panel. A blue cable is connected to a terminal block. There are also other cables and components visible, including a power outlet and a control panel with buttons.

Implementación del soporte para la pantalla LED y el manómetro.



Creación del soporte móvil para la computadora.



División de las mallas protectoras y el banco de pruebas.



Adecuación de soportes metálicos para las micas protectoras.



Instauración del soporte protector para guardar el ordenador.



Masillado y aislamiento del banco.



Repintado del banco de pruebas.



Instauración de la protección metálica inferior del banco.



Implementación de las micas de protección.



Conexión de los mandos y cableado internos del banco.



Implementación de logos y señaléticas.



Maquinado de piezas auxiliares del cilindro neumático en el torno.



Instauración de los componentes auxiliares del cilindro neumático



5.2.4. Materiales, herramientas y equipos utilizados

- **Materiales**

- Manómetro

Figura 46

Manómetros



- Ruedas

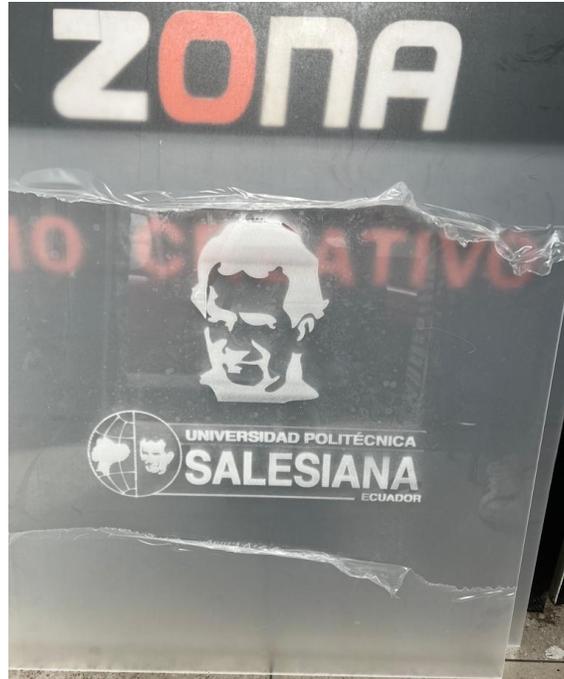
Figura 47

Rueda



- Micas

Figura 48
Micas grabadas



- Cerradura

Figura 49
Cerradura



- Metales
- Pinturas
- Disolvente

- Wipe
- Logos y señaléticas
- Cinta mástil
- Periódico
- Cinta aislante
- Amarras plásticas
- **Herramientas**
 - ✓ Brocas
 - ✓ Machuelos
 - ✓ Terrajas
 - ✓ Disco de corte
 - ✓ Martillo
 - ✓ Llaves y dados
 - ✓ Cinceles
 - ✓ Disco de pulir
- **Equipos**
 - Torno
 - Taladro neumático
 - Amoladora
 - Amoladora neumática
 - Compresor
 - Cafetera
 - Pulidora

- Soldadora

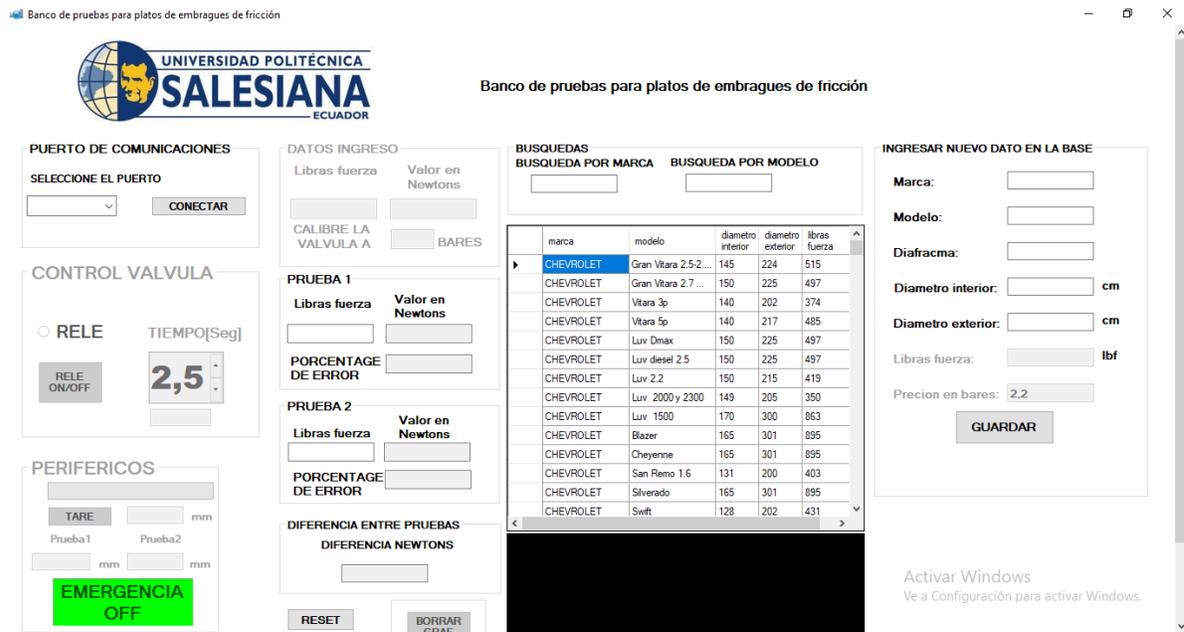
5.3. Software

En el software se realizaron los siguientes cambios:

- Migración del programa original de la computadora del banco de pruebas hacia el nuevo ordenador.
- Mejora del entorno gráfico. (Fig. 50)
- Ubicación del nombre del banco, logo de la universidad y unidades en las cuales se debe ingresar los datos de entrada de un nuevo modelo de plato de presión de embrague.

Figura 50

Nueva interfaz del programa del banco



5.3.1. Código del software del banco

Al analizar el código, verificamos errores en el cálculo del valor de libras fuerza, resaltamos con fondo negro los errores encontrados en la codificación.

```

Imports System.IO.Ports
Imports System.Collections.Specialized
Public Class fuerza1
    Public graff As Graphics
    Friend xmax As Integer = 32
    Friend xmin As Double = -4
    Friend ymax As Double = 26
    Friend ymin As Double = -3
    Friend aux1 As Byte
    Friend auxrele As Byte
    Friend timex As Byte
    Friend releonoff As Byte
    Friend tare As Double
    Friend pruebax As Byte
    Friend adcxx As Integer
    Dim strAux As String
    Dim aux2 As Double
    Dim aux As Double
    Dim aux3 As Double
    Private Sub fuerza1_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
        If MSCOM.IsOpen Then
            MSCOM.Close()
        End If
    End Sub
    Private Sub fuerza1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
        'TODO: esta línea de código carga datos en la tabla
'BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal' Puede moverla o quitarla según
sea necesario.
Me.TprincipalTableAdapter.Fill(Me.BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal
1)
        Timer1.Enabled = False
        'Rele_time.Enabled = False
        GroupRele.Enabled = False
        Groupinput.Enabled = False
        GroupDatos.Enabled = False
        aux1 = 1
        auxrele = 1
        timex = 0
        releonoff = 50
        tare = 0
        pruebax = 1
        Rele_time.Value = 2.5
        inicom.Text = "CONECTAR"
        Picturegraff1.BackColor = Color.Black
        Checkgrid.Text = "Grid OFF"
        Checkgrid.Checked = False
        Groupgraff.Enabled = False
    End Sub
    Private Sub inicom_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles inicom.Click
        If aux1 = 1 Then
            aux1 = 2
            inicom.Text = "DESCONECTAR"
            If TextBox1.Text = "" Then
            Else
                MSCOM.PortName = UCase(TextBox1.Text)
            End If
            TextBox1.Enabled = False
            ComboCOMX.Enabled = False
            Timer1.Enabled = True
            GroupRele.Enabled = True
            Groupinput.Enabled = True
        End Sub

```

```

        GroupDatos.Enabled = True
        Groupgraff.Enabled = True
        'Rele_time.Enabled = True
    ElseIf aux1 = 2 Then
        aux1 = 1
        inicom.Text = "CONECTAR"
        TextBox1.Enabled = True
        ComboCOMX.Enabled = True
        Timer1.Enabled = False
        'Rele_time.Enabled = False
        GroupRele.Enabled = False
        Groupinput.Enabled = False
        GroupDatos.Enabled = False
        Groupgraff.Enabled = False
        'MSCOM.Close()
    End If
End Sub
Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer2.Tick
    'timer utilizado para tempo de la electrovalvula
    timex = timex + 1
    Texttime.Text = timex / 10
    If timex >= Rele_time.Value * 10 Then
        If pruebax = 1 Then
            TextL1.Text = TextTare.Text
            pruebax = 2
        ElseIf pruebax = 2 Then
            TextL2.Text = TextTare.Text
            pruebax = 1
        End If
        auxrele = 1
        rele.Checked = False
        timex = 0
        Timer2.Enabled = False
        releonoff = 50
    End If
End Sub
Private Sub Buttonrele_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Buttonrele.Click
    If Rele_time.Value <> 0 Then
        If auxrele = 1 Then
            auxrele = 2
            rele.Checked = True
            Timer2.Enabled = True
            releonoff = 49
        ElseIf auxrele = 2 Then
            auxrele = 1
            rele.Checked = False
            timex = 0
            Timer2.Enabled = False
            releonoff = 50
        End If
    End If
    If txtprueba1X.Text = "" Then
        txtprueba1X.Focus()
    ElseIf txtprueba2X.Text = "" Then
        txtprueba2X.Focus()
    End If
End Sub
Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    'bucle principal de programa
    graff = Picturegraff1.CreateGraphics
    Dim aa As Integer = 5

```

```

Dim maxpixelx As Integer = Picturegraff1.Width
Dim maxpixely As Integer = Picturegraff1.Height
Dim ceroy As Integer = (Picturegraff1.Height / (ymax - ymin)) * (ymax)
Dim cerox As Integer = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (-xmin)
Dim xraya As Integer
Dim grid As Integer
graff.DrawLine(Pens.White, cerox, maxpixely, cerox, 0)
graff.DrawLine(Pens.White, 0, ceroy, Picturegraff1.Width, ceroy)
For a As Integer = 1 To xmax Step 1
    xraya = (maxpixelx / (xmax - xmin)) * (a - xmin)
    graff.DrawLine(Pens.White, xraya, ceroy - 3, xraya, ceroy + 3)
    If a = aa Then
        aa = aa + 5
        If Checkgrid.Checked = True Then
            For b As Double = 0 To ymax Step 1
                grid = (maxpixelx / (ymin - ymax)) * (b - ymax)
                graff.DrawEllipse(Pens.WhiteSmoke, xraya, grid, 1, 1)
            Next
        End If
        graff.DrawLine(Pens.White, xraya, ceroy - 7, xraya, ceroy + 7)
        graff.DrawString(a.ToString + "mm", New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, xraya - 15, ceroy + 7)
    End If
Next
aa = 5
For a As Double = 0 To ymax Step 1
    xraya = (maxpixelx / (ymin - ymax)) * (a - ymax)
    graff.DrawLine(Pens.White, cerox - 3, xraya, cerox + 3, xraya)
    If a = 0 Then
        graff.DrawString(a.ToString, New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, cerox - 10, xraya)
    End If
    If a = aa Then
        aa = aa + 5
        If Checkgrid.Checked = True Then
            For b As Double = 0 To xmax Step 1
                grid = (maxpixelx / (xmax - xmin)) * (b - xmin)
                graff.DrawEllipse(Pens.WhiteSmoke, grid, xraya, 1, 1)
            Next
        End If
        graff.DrawLine(Pens.White, cerox - 7, xraya, cerox + 7, xraya)
        graff.DrawString(a.ToString + "kN", New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, cerox - 40, xraya - 5)
    End If
Next
Dim mbuffer As Byte() = New Byte(1) {}
Dim var1(9) As Byte
Dim adc As Double
Dim i As Double
Dim j As Double
mbuffer(0) = &H40
mbuffer(1) = releonoff
MSCOM.Open()
'MSCOM.Write(Chr(64))
MSCOM.write(mbuffer, 0, mbuffer.Length)
MSCOM.write(mbuffer, 0, mbuffer.Length)
'.....
'espera un tiempo hasta que el buffer de lectura se llene
For i = 0 To 5000
    For j = 0 To 500
        Next
    Next
Next
'.....
If MSCOM.BytesToRead > 0 Then

```

```

MSCOM.Read(var1, 0, 10)
For i = 0 To 9
    var1(i) = var1(i) - 48
Next
adc = var1(0) * 10000 + var1(1) * 1000 + var1(2) * 100 + var1(3) *
10 + var1(4)
adcxx = adc
If adc - tare < 0 Then
    adcx.Value = 0
Else
    adcx.Value = adc - tare
End If
adc = adc - tare
adc = adc * 51 / 1024
TextTare.Text = Format(adc, "Fixed")
textadcaux.Text = adc.ToString
If var1(9) = 0 Then
    emergencia.BackColor = Color.Lime
    emergencia.Text = "EMERGENCIA OFF"
Else
    emergencia.BackColor = Color.Red
    emergencia.Text = "EMERGENCIA ON"
End If
End If
MSCOM.Close()
'TextBox3.Text = releonoff
.....
End Sub
Private Sub Tarex_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Tarex.Click
    tare = adcxx
End Sub
Private Sub ComboCOMX_SelectedValueChanged(ByVal sender As Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles ComboCOMX.SelectedValueChanged
    TextBox1.Text = ComboCOMX.Text
End Sub
Private Sub TprincipalBindingNavigatorSaveItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
    Me.Validate()
    Me.TprincipalBindingSource.EndEdit()
Me.TableAdapterManager.UpdateAll(Me.BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet)
End Sub
Private Sub TprincipalDataGridView_DoubleClick(ByVal sender As Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles TprincipalDataGridView.DoubleClick
    Me.TextBox2.Text = Me.TprincipalBindingSource.Current("libras fuerza")
    Me.TXTBARES.Text = Me.TprincipalBindingSource.Current("precio en
bares")
End Sub

Private Sub TextBox2_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles TextBox2.TextChanged
    If TextBox1.Text <> "" Then
        Me.Newton.Text = (Me.TextBox2.Text * 2.2) * 9.81
    End If
End Sub
Private Sub txtBusquedaMarca_TextChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles txtBusquedaMarca.TextChanged
    Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
    strAux = Me.txtBusquedaMarca.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Filter = "marca LIKE'" & strAux & "%'"
End Sub
Private Sub txtBusquedaModelo_TextChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles txtBusquedaModelo.TextChanged

```

```

Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
strAux = Me.txtBusquedaModelo.Text
Me.TprincipalBindingSource.Filter = "modelo LIKE'" & strAux & "%'"
End Sub
Private Sub txtprueba1X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtprueba1X.KeyPress
If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
If TextBox2.Text <> "" Then
If (Me.txtprueba1X.Text <> "") Then
Me.txtprueba1N.Text = (Me.txtprueba1X.Text * 2.2) * 9.81
Else
Me.txtprueba1N.Text = 0
End If
If ((Me.txtprueba2X.Text = "") Or (Me.txtprueba1X.Text = ""))
Then
Me.txtDiferencia.Text = 0
End If
If ((Me.txtprueba1X.Text = "")) Then
Me.txtPorcentage1.Text = 0
End If
If ((Me.txtprueba1X.Text <> "")) Then
aux2 = (100 * (Val(Me.TextBox2.Text) -
Me.txtprueba1X.Text)) / Me.TextBox2.Text
aux2 = Format(aux2, "Fixed")
Me.txtPorcentage1.Text = CStr(aux2) + "%"
End If
txtprueba2X.Focus()
Else
MsgBox("Debe seleccionar un tipo de embrage de la base de
datos", MsgBoxStyle.Information, "ERROR")
End If
End If
End Sub
Private Sub txtprueba2X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtprueba2X.KeyPress
If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
If TextBox2.Text <> "" Then
If ((Me.txtprueba2X.Text <> "") And (Me.txtprueba1X.Text <>
"")) Then
Me.txtprueba2N.Text = (Me.txtprueba2X.Text * 2.2) * 9.81
If ((Me.txtprueba1X.Text - txtprueba2X.Text) < 0) Then
Me.txtDiferencia.Text = (Me.txtprueba1X.Text -
txtprueba2X.Text) * -1
Else
Me.txtDiferencia.Text = (Me.txtprueba1X.Text -
txtprueba2X.Text)
End If
Else
Me.txtprueba2N.Text = 0
End If
If ((Me.txtprueba2X.Text = "") Or (Me.txtprueba1X.Text = ""))
Then
Me.txtDiferencia.Text = 0
End If
If ((Me.txtprueba2X.Text = "")) Then
Me.txtPorcentage2.Text = 0
End If
If (Me.txtprueba2X.Text <> "") Then
aux = (100 * (Val(Me.TextBox2.Text) - Me.txtprueba2X.Text))
/ Me.TextBox2.Text
aux = Format(aux, "Fixed")
Me.txtPorcentage2.Text = CStr(aux) + "%"
End If

```

```

.....
.....
                If TextL1.Text <> "" And TextL1.Text <> "" And txtprueba1N.Text
<> "" And txtprueba2N.Text <> "" Then
                    graffline(0, 0, TextL1.Text, txtprueba1N.Text / 1000)
                    graffline(TextL1.Text, txtprueba1N.Text / 1000,
TextL2.Text, txtprueba2N.Text / 1000)
                End If
            Else
                MsgBox("Debe seleccionar un tipo de embrage de la base de
datos", MsgBoxStyle.Information, "ERROR")
            End If
        End If
    End Sub
    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        txtDiferencia.Text = ""
        txtPorcentage1.Text = ""
        txtPorcentage2.Text = ""
        txtprueba1N.Text = ""
        txtprueba1X.Text = ""
        txtprueba2N.Text = ""
        txtprueba2X.Text = ""
        graff.Clear(Color.Black)
        TextL1.Text = ""
        TextL2.Text = ""
        aux1 = 1
        auxrele = 1
        timex = 0
        releonoff = 50
        tare = 0
        pruebax = 1
        Rele_time.Value = 2.5
    End Sub
    Public Sub graffline(ByVal xx1 As Double, ByVal yy1 As Double, ByVal xx2
As Double, ByVal yy2 As Double)
        graff = Picturegraff1.CreateGraphics
        Dim xcal1 As Integer
        Dim ycal1 As Integer
        Dim xcal2 As Integer
        Dim ycal2 As Integer
        Dim maxpixelx As Integer = Picturegraff1.Width
        Dim maxpixely As Integer = Picturegraff1.Height
        Dim ceroy As Integer = (Picturegraff1.Height / (ymax - ymin)) * (ymax)
        Dim cerox As Integer = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (-xmin)
        'graff.Clear(Color.Black)
        xcal1 = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (xx1 - xmin)
        ycal1 = (Picturegraff1.Height) / (ymin - ymax) * (yy1 - ymax)
        xcal2 = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (xx2 - xmin)
        ycal2 = (Picturegraff1.Height) / (ymin - ymax) * (yy2 - ymax)
        graff.DrawLine(Pens.White, xcal1, ycal1, xcal2, ycal2)
        graff.DrawEllipse(Pens.White, xcal2 - 3, ycal2 - 3, 6, 6)
    End Sub
    Private Sub Button2_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
        graff.Clear(Color.Black)
    End Sub
    Private Sub Checkgrid_MouseClick(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventHandler) Handles Checkgrid.MouseClick
        graff.Clear(Color.Black)
        If Checkgrid.Checked = True Then
            Checkgrid.Text = "Grid ON"
        Else
            Checkgrid.Text = "Grid OFF"
        End If
    End Sub

```

```

        'txtprueba2X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs)
    End If
    End Sub
    Private Sub TprincipalDataGridView_CellContentClick(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.DataGridViewCellEventArgs)
Handles TprincipalDataGridView.CellContentClic
    End Sub
    Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
        Me.TprincipalBindingSource.AddNew()
        Me.TprincipalBindingSource.Current("marca") = Me.MarcaTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("modelo") = Me.ModeloTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("diafracma") =
Me.DiafracmaTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("diametro interior") =
Me.Diametro_interiorTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("diametro exterior") =
Me.Diametro_exteriorTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("libras fuerza") =
Me.Libras_fuerzaTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("precion en bares") =
Me.Precion_en_baresTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.EndEdit()

Me.TprincipalTableAdapter.Update(BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal
)
    End Sub
    Private Sub Diametro_exteriorTextBox_TextChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Diametro_exteriorTextBox.TextChanged
        AUX3 = Val((((Math.PI / / 4) *
((Math.Pow(Val(Me.Diametro_exteriorTextBox.Text / 10), 2) -
(Math.Pow(Val(Me.Diametro_interiorTextBox.Text / 10), 2)))) * 2 * 0.5 * 10) /
4.4482)
        aux3 = Format(aux3, "Fixed")
        Me.Libras_fuerzaTextBox.Text = AUX3
    End Sub
End Class

```

5.3.2. Código nuevo del banco

```

Imports System.IO.Ports
Imports
System.Collections.Specialized
Public Class fuerza1
    Public graff As Graphics
    Friend xmax As Integer = 32
    Friend xmin As Double = -4
    Friend ymax As Double = 26
    Friend ymin As Double = -3
    Friend aux1 As Byte
    Friend auxrele As Byte
    Friend timex As Byte
    Friend releonoff As Byte
    Friend tare As Double
    Friend pruebax As Byte
    Friend adcxx As Integer
    Dim strAux As String
    Dim aux2 As Double
    Dim aux As Double
    Dim aux3 As Double
    Private Sub fuerza1_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As

```

```

System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
    If MSCOM.IsOpen Then
        MSCOM.Close()
    End If
End Sub
Private WithEvents serialPort As SerialPort
Private Sub OpenSerialPort(portName As String)
    serialPort = New SerialPort()
    serialPort.PortName = portName
    serialPort.BaudRate = 9600
    serialPort.Parity = Parity.None
    serialPort.DataBits = 8
    serialPort.StopBits = StopBits.One
    Try
        serialPort.Open()
        ' Port is successfully opened
        MessageBox.Show("COM port opened successfully.")
    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show("Failed to open COM port: " & ex.Message)
    End Try
End Sub
Private Sub fuerza1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    'TODO: esta línea de código carga datos en la tabla
'BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal' Puede moverla o quitarla según
sea necesario.
Me.TprincipalTableAdapter.Fill(Me.BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal
1)
    Timer1.Enabled = False
    'Rele_time.Enabled = False
    GroupRele.Enabled = False
    Groupinput.Enabled = False
    GroupDatos.Enabled = False
    aux1 = 1
    auxrele = 1
    timex = 0
    releonoff = 50
    tare = 0
    pruebax = 1
    Rele_time.Value = 2.5
    inicom.Text = "CONECTAR"
    Picturegraff1.BackColor = Color.Black
    Checkgrid.Text = "Grid OFF"
    Checkgrid.Checked = False
    Groupgraff.Enabled = False
    Dim uniqueItems As New List(Of Object)
    ' Get the available serial ports
    Dim availablePorts As String() = SerialPort.GetPortNames()
    ' Add the ports to the ListBox
    For Each port As String In availablePorts
        ComboCOMX.Items.Add(port)
    Next
End Sub
Private Sub inicom_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles inicom.Click
    If aux1 = 1 Then
        aux1 = 2
        inicom.Text = "DESCONECTAR"
        If TextBox1.Text = "" Then
            Else
                MSCOM.PortName = UCase(TextBox1.Text)
            End If
        TextBox1.Enabled = False
        ComboCOMX.Enabled = False

```

```

        Timer1.Enabled = True
        GroupRele.Enabled = True
        Groupinput.Enabled = True
        GroupDatos.Enabled = True
        Groupgraff.Enabled = True
        'Rele_time.Enabled = True
    ElseIf aux1 = 2 Then
        aux1 = 1
        inicom.Text = "CONECTAR"
        TextBox1.Enabled = True
        ComboCOMX.Enabled = True
        Timer1.Enabled = False
        'Rele_time.Enabled = False
        GroupRele.Enabled = False
        Groupinput.Enabled = False
        GroupDatos.Enabled = False
        Groupgraff.Enabled = False
        'MSCOM.Close()
    End If
End Sub
Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer2.Tick
    'timer utilizado para tempo de la electrovalvula
    timex = timex + 1
    Texttime.Text = timex / 10
    If timex >= Rele_time.Value * 10 Then
        If pruebax = 1 Then
            TextL1.Text = TextTare.Text
            pruebax = 2
        ElseIf pruebax = 2 Then
            TextL2.Text = TextTare.Text
            pruebax = 1
        End If
        auxrele = 1
        rele.Checked = False
        timex = 0
        Timer2.Enabled = False
        releonoff = 50
    End If
End Sub
Private Sub Buttonrele_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Buttonrele.Click
    If Rele_time.Value <> 0 Then
        If auxrele = 1 Then
            auxrele = 2
            rele.Checked = True
            Timer2.Enabled = True
            releonoff = 49
        ElseIf auxrele = 2 Then
            auxrele = 1
            rele.Checked = False
            timex = 0
            Timer2.Enabled = False
            releonoff = 50
        End If
    End If
    If txtprueba1X.Text = "" Then
        txtprueba1X.Focus()
    ElseIf txtprueba2X.Text = "" Then
        txtprueba2X.Focus()
    End If
End Sub
Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick

```

```

'bucl e principal de programa
graff = Picturegraff1.CreateGraphics
Dim aa As Integer = 5
Dim maxpixelx As Integer = Picturegraff1.Width
Dim maxpixely As Integer = Picturegraff1.Height
Dim ceroy As Integer = (Picturegraff1.Height / (ymax - ymin)) * (ymax)
Dim cerox As Integer = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (-xmin)
Dim xraya As Integer
Dim grid As Integer
graff.DrawLine(Pens.White, cerox, maxpixely, cerox, 0)
graff.DrawLine(Pens.White, 0, ceroy, Picturegraff1.Width, ceroy)
For a As Integer = 1 To xmax Step 1
    xraya = (maxpixelx / (xmax - xmin)) * (a - xmin)
    graff.DrawLine(Pens.White, xraya, ceroy - 3, xraya, ceroy + 3)
    If a = aa Then
        aa = aa + 5
        If Checkgrid.Checked = True Then
            For b As Double = 0 To ymax Step 1
                grid = (maxpixelx / (ymin - ymax)) * (b - ymax)
                graff.DrawEllipse(Pens.WhiteSmoke, xraya, grid, 1, 1)
            Next
        End If
        graff.DrawLine(Pens.White, xraya, ceroy - 7, xraya, ceroy + 7)
        graff.DrawString(a.ToString + "mm", New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, xraya - 15, ceroy + 7)
    End If
Next
aa = 5
For a As Double = 0 To ymax Step 1
    xraya = (maxpixelx / (ymin - ymax)) * (a - ymax)
    graff.DrawLine(Pens.White, cerox - 3, xraya, cerox + 3, xraya)
    If a = 0 Then
        graff.DrawString(a.ToString, New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, cerox - 10, xraya)
    End If
    If a = aa Then
        aa = aa + 5
        If Checkgrid.Checked = True Then
            For b As Double = 0 To xmax Step 1
                grid = (maxpixelx / (xmax - xmin)) * (b - xmin)
                graff.DrawEllipse(Pens.WhiteSmoke, grid, xraya, 1, 1)
            Next
        End If
        graff.DrawLine(Pens.White, cerox - 7, xraya, cerox + 7, xraya)
        graff.DrawString(a.ToString + "kN", New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, cerox - 40, xraya - 5)
    End If
Next
Dim mbuffer As Byte() = New Byte(1) {}
Dim var1(9) As Byte
Dim adc As Double
Dim i As Double
Dim j As Double
mbuffer(0) = &H40
mbuffer(1) = releonoff
MSCOM.Open()
MSCOM.Write(Chr(64))
MSCOM.Write(mbuffer, 0, mbuffer.Length)
MSCOM.Write(mbuffer, 0, mbuffer.Length)
.....
'espera un tiempo hasta que el buffer de lectura se llene
For i = 0 To 5000
    For j = 0 To 500
        Next
    Next

```

```

Next
.....
If MSCOM.BytesToRead > 0 Then
    MSCOM.Read(var1, 0, 10)
    For i = 0 To 9
        var1(i) = var1(i) - 48
    Next
    adc = var1(0) * 10000 + var1(1) * 1000 + var1(2) * 100 + var1(3) *
10 + var1(4)
    adcxx = adc
    If adc - tare < 0 Then
        adcx.Value = 0
    Else
        adcx.Value = adc - tare
    End If
    adc = adc - tare
    adc = adc * 51 / 1024
    TextTare.Text = Format(adc, "Fixed")
    textadcaux.Text = adc.ToString
    If var1(9) = 0 Then
        emergencia.BackColor = Color.Lime
        emergencia.Text = "EMERGENCIA OFF"
    Else
        emergencia.BackColor = Color.Red
        emergencia.Text = "EMERGENCIA ON"
    End If
End If
MSCOM.Close()
'TextBox3.Text = releonoff
.....
End Sub
Private Sub Tarex_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Tarex.Click
    tare = adcxx
End Sub
Private Sub ComboCOMX_SelectedValueChanged(ByVal sender As Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles ComboCOMX.SelectedValueChanged
    TextBox1.Text = ComboCOMX.Text
End Sub
Private Sub TprincipalBindingNavigatorSaveItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
    Me.Validate()
    Me.TprincipalBindingSource.EndEdit()

Me.TableAdapterManager.UpdateAll(Me.BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet)
End Sub
Private Sub TprincipalDataGridView_DoubleClick(ByVal sender As Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles TprincipalDataGridView.DoubleClick
    Me.TextBox2.Text = Me.TprincipalBindingSource.Current("libras fuerza")
    Me.TXTBARES.Text = Me.TprincipalBindingSource.Current("precion en
bares")
End Sub
Private Sub TextBox2_Resize(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox2.Resize
End Sub
Private Sub TextBox2_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles TextBox2.TextChanged
    If TextBox1.Text <> "" Then
        Me.Newton.Text = (Me.TextBox2.Text * 4.4482)
    End If
End Sub
Private Sub txtBusquedaMarca_TextChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles txtBusquedaMarca.TextChanged
    Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""

```

```

        strAux = Me.txtBusquedaMarca.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = "marca LIKE'" & strAux & "%'"
    End Sub
    Private Sub txtBusquedaModelo_TextChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles txtBusquedaModelo.TextChanged
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
        strAux = Me.txtBusquedaModelo.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = "modelo LIKE'" & strAux & "%'"
    End Sub
    Private Sub txtprueba1X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtprueba1X.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            If TextBox2.Text <> "" Then
                If (Me.txtprueba1X.Text <> "") Then
                    Me.txtprueba1N.Text = (Me.txtprueba1X.Text * 4.4482)
                Else
                    Me.txtprueba1N.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba2X.Text = "") Or (Me.txtprueba1X.Text = ""))
Then
                    Me.txtDiferencia.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba1X.Text = "")) Then
                    Me.txtPorcentage1.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba1X.Text <> "")) Then
                    aux2 = (100 * (Val(Me.TextBox2.Text) -
Me.txtprueba1X.Text)) / Me.TextBox2.Text
                    aux2 = Format(aux2, "Fixed")
                    Me.txtPorcentage1.Text = CStr(aux2) + "%"
                End If
                txtprueba2X.Focus()
            Else
                MsgBox("Debe seleccionar un tipo de embrage de la base de
datos", MsgBoxStyle.Information, "ERROR")
            End If
        End If
    End Sub
    Private Sub txtprueba2X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtprueba2X.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            If TextBox2.Text <> "" Then
                If ((Me.txtprueba2X.Text <> "") And (Me.txtprueba1X.Text <>
"")) Then
                    Me.txtprueba2N.Text = (Me.txtprueba2X.Text * 4.4482)
                    If ((Me.txtprueba1X.Text - txtprueba2X.Text) < 0) Then
                        Me.txtDiferencia.Text = (Me.txtprueba1X.Text -
txtprueba2X.Text) * -1
                    Else
                        Me.txtDiferencia.Text = (Me.txtprueba1X.Text -
txtprueba2X.Text)
                    End If
                Else
                    Me.txtprueba2N.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba2X.Text = "") Or (Me.txtprueba1X.Text = ""))
Then
                    Me.txtDiferencia.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba2X.Text = "")) Then
                    Me.txtPorcentage2.Text = 0
                End If
                If (Me.txtprueba2X.Text <> "") Then
                    aux = (100 * (Val(Me.TextBox2.Text) - Me.txtprueba2X.Text))

```

```

/ Me.TextBox2.Text
    aux = Format(aux, "Fixed")
    Me.txtPorcentage2.Text = CStr(aux) + "%"
End If

.....
.....
    If TextL1.Text <> "" And TextL1.Text <> "" And txtprueba1N.Text
<> "" And txtprueba2N.Text <> "" Then
        graffline(0, 0, TextL1.Text, txtprueba1N.Text / 1000)
        graffline(TextL1.Text, txtprueba1N.Text / 1000,
TextL2.Text, txtprueba2N.Text / 1000)
    End If
    Else
        MsgBox("Debe seleccionar un tipo de embrage de la base de
datos", MsgBoxStyle.Information, "ERROR")
    End If
End If
End Sub
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
    txtDiferencia.Text = ""
    txtPorcentage1.Text = ""
    txtPorcentage2.Text = ""
    txtprueba1N.Text = ""
    txtprueba1X.Text = ""
    txtprueba2N.Text = ""
    txtprueba2X.Text = ""
    graff.Clear(Color.Black)
    TextL1.Text = ""
    TextL2.Text = ""
    aux1 = 1
    auxrele = 1
    timex = 0
    releonoff = 50
    tare = 0
    pruebax = 1
    Rele_time.Value = 2.5
End Sub
Public Sub graffline(ByVal xx1 As Double, ByVal yy1 As Double, ByVal xx2
As Double, ByVal yy2 As Double)
    graff = Picturegraff1.CreateGraphics
    Dim xcal1 As Integer
    Dim ycal1 As Integer
    Dim xcal2 As Integer
    Dim ycal2 As Integer
    Dim maxpixelx As Integer = Picturegraff1.Width
    Dim maxpixely As Integer = Picturegraff1.Height
    Dim ceroy As Integer = (Picturegraff1.Height / (ymax - ymin)) * (ymax)
    Dim cerox As Integer = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (-xmin)
    'graff.Clear(Color.Black)
    xcal1 = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (xx1 - xmin)
    ycal1 = (Picturegraff1.Height) / (ymin - ymax) * (yy1 - ymax)
    xcal2 = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (xx2 - xmin)
    ycal2 = (Picturegraff1.Height) / (ymin - ymax) * (yy2 - ymax)
    graff.DrawLine(Pens.White, xcal1, ycal1, xcal2, ycal2)
    graff.DrawEllipse(Pens.White, xcal2 - 3, ycal2 - 3, 6, 6)
End Sub
Private Sub Button2_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    graff.Clear(Color.Black)
End Sub
Private Sub Checkgrid_MouseClick(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles Checkgrid.MouseClick

```

```

        graff.Clear(Color.Black)
    If Checkgrid.Checked = True Then
        Checkgrid.Text = "Grid ON"
    Else
        Checkgrid.Text = "Grid OFF"
        'txtprueba2X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs)
    End If
    End Sub
    Private Sub TprincipalDataGridView_CellContentClick(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.DataGridViewCellEventArgs)
Handles TprincipalDataGridView.CellContentClick
    End Sub
    Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
        Me.TprincipalBindingSource.AddNew()
        Me.TprincipalBindingSource.Current("marca") = Me.MarcaTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("modelo") = Me.ModeloTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("diafracma") =
Me.DiafracmaTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("diametro interior") =
Me.Diametro_interiorTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("diametro exterior") =
Me.Diametro_exteriorTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("libras fuerza") =
Me.Libras_fuerzaTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Current("precion en bares") =
Me.Precion_en_baresTextBox.Text
        Me.TprincipalBindingSource.EndEdit()
        Me.TprincipalTableAdapter.Update(BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal
)
    End Sub
    Private Sub Diametro_exteriorTextBox_TextChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Diametro_exteriorTextBox.TextChanged
        'aux3 = Val((((Math.PI / 4) *
((Math.Pow(Val(Me.Diametro_exteriorTextBox.Text / 10), 2) -
(Math.Pow(Val(Me.Diametro_interiorTextBox.Text / 10), 2)))) * 2 * 0.5 * 10) /
4.4482)
        aux3 = Val((((Math.PI / 4) *
((Math.Pow(Val(Me.Diametro_exteriorTextBox.Text), 2) -
(Math.Pow(Val(Me.Diametro_interiorTextBox.Text), 2)))) * 2 * 0.5 * 10) /
4.4482)
        aux3 = Format(aux3, "Fixed")
        Me.Libras_fuerzaTextBox.Text = AUX3
    End Sub
    Private Sub Label124_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Label124.Click
    End Sub
    Private Sub Label122_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Label122.Click
    End Sub
    Private Sub Libras_fuerzaTextBox_TextChanged(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Libras_fuerzaTextBox.TextChanged
    End Sub
    Private Sub Label125_Click(sender As Object, e As EventArgs)
    End Sub
    Private Sub Label127_Click(sender As Object, e As EventArgs)
    End Sub
    Private Sub txtprueba2X_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles txtprueba2X.TextChanged
    End Sub
    Private Sub txtprueba2N_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)

```

```

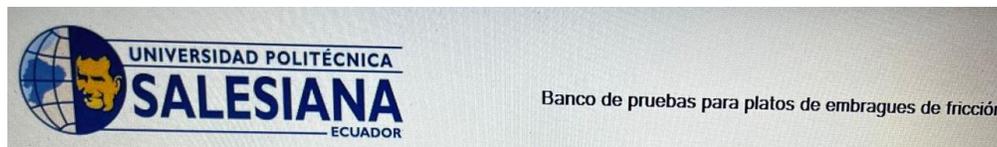
Handles txtprueba2N.TextChanged
End Sub
Private Sub txtprueba1N_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles txtprueba1N.TextChanged
End Sub
Private Sub txtprueba1X_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles txtprueba1X.TextChanged
End Sub
Private Sub Newton_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Newton.TextChanged
End Sub
Private Sub Precion_en_baresTextBox_TextChanged(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Precion_en_baresTextBox.TextChanged
End Sub
Private Sub Libras_fuerzaLabel_Click(sender As Object, e As EventArgs)
End Sub
Private Sub GroupComx_Enter(sender As Object, e As EventArgs) Handles
GroupComx.Enter
End Sub
End Class
2.

```

En la interfaz del software integramos el nombre del banco, el logo de la universidad (Fig. 51) y las unidades.

Figura 51

Cambios agregados en la interfaz



6. CAPITULO III. ANALISIS DE RESULTADOS DEL BANCO DE PRUEBAS

6.1. Pruebas de funcionamiento

Al culminar con la restauración estructural del banco de pruebas, se realizó una primera prueba de funcionamiento (Fig. 52) para verificar su correcto funcionamiento.

Figura 52

Primera prueba de funcionamiento tras la restauración del banco



La segunda prueba (Fig. 53) de funcionamiento se desarrolló luego de migrar el programa del banco del ordenador antiguo hacia el nuevo.

Figura 53

Segunda prueba de funcionamiento

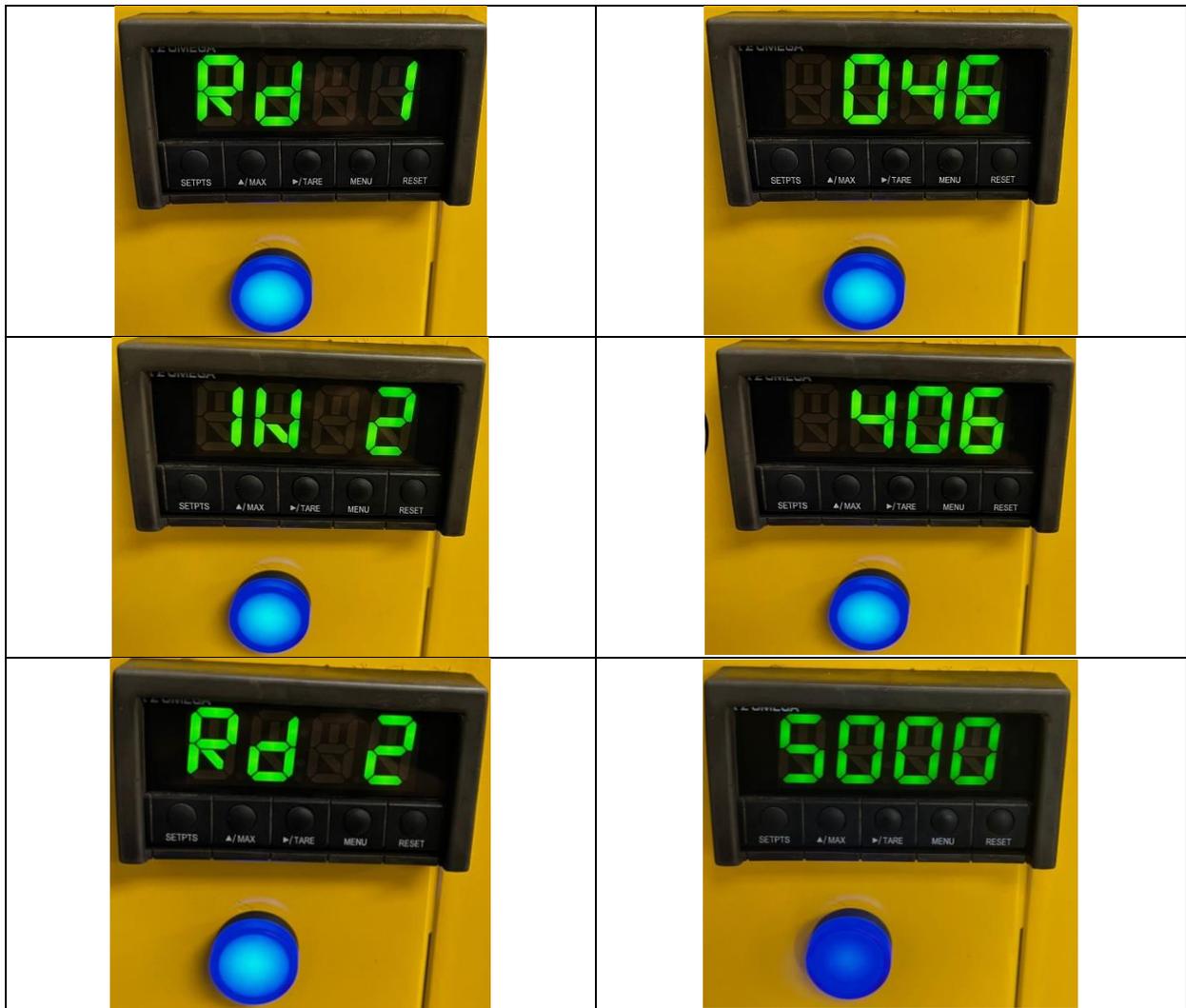


Se constató que el Display se encontraba desconfigurado, debido a que el mismo nos entregaba un valor oscilante entre 50 y 52 lbs sin que el banco de pruebas esté accionado, por lo que configuramos el mismo. (Tabla 14)

Tabla 14

Valores de tolerancia del Display

Valores de tolerancia del Display	
	



Terminada la configuración del Display verificamos que el mismo se encuentre en cero tras aplastar el botón TARE (Fig. 54). La tolerancia del Display quedo con un valor oscilante entre 1 y 2 lbs, por lo cual es importante encerrar el mismo antes de realizar cualquier prueba en el banco.

Figura 54

Display encendido



6.2. Metodología de análisis

Se desarrolló un análisis comparativo, el cual se basa en comparar los datos calculados con los datos que el software nos brinda.

6.3. Calculo fuerza de apriete

- **Plato de embrague del automóvil Hyundai Accent 2002**

Calculo

Datos:

$$\rho = 2 \text{ daN/cm}^2$$

$$\mu = 0.5$$

$$d_{interior} = 13,75 \text{ cm}$$

$$d_{exterior} = 21,4 \text{ cm}$$

Formulas:

$$A = \frac{\pi}{4} [(d_{exterior})^2 - (d_{interior})^2]$$

$$F_{apriete} = \frac{(\rho \cdot \mu \cdot A) \cdot 10}{4,4482 \text{ N}}$$

Desarrollo:

$$A = \frac{\pi}{4} [(21,4 \text{ cm})^2 - (13,75 \text{ cm})^2]$$

$$A = 211,19 \text{ cm}^2$$

$$F_{apriete} = \frac{(2 \text{ daN/cm}^2 \cdot 0,5 \cdot 211,19 \text{ cm}^2) \cdot 10}{4,4482 \text{ N}}$$

$$F_{apriete} = 474,77 \text{ lbf} \approx \mathbf{475 \text{ lbf}}$$

- **Plato de embrague del automóvil Chevrolet Activo**

Datos:

$$\rho = 2 \text{ daN/cm}^2$$

$$\mu = 0,5$$

$$d_{interior} = 12,6 \text{ cm}$$

$$d_{exterior} = 18,0 \text{ cm}$$

Formulas:

$$A = \frac{\pi}{4} [(d_{exterior})^2 - (d_{interior})^2]$$

$$F_{apriete} = \frac{(\rho \cdot \mu \cdot A) \cdot 10}{4,4482 \text{ N}}$$

Desarrollo:

$$A = \frac{\pi}{4} [(18,0\text{cm})^2 - (12,6\text{cm})^2]$$

$$A = 129,78\text{cm}^2$$

$$F_{\text{apriete}} = \frac{(2 \text{ daN/cm}^2 \cdot 0.5 \cdot 129,78\text{cm}^2) \cdot 10}{4,4482 \text{ N}}$$

$$F_{\text{apriete}} = 291,75 \text{ lbf} \approx \mathbf{292 \text{ lbf}}$$

- **Plato de embrague del automóvil Cherry QQ**

Datos:

$$\rho = 2 \text{ daN/cm}^2$$

$$\mu = 0.5$$

$$d_{\text{interior}} = 14,3 \text{ cm}$$

$$d_{\text{exterior}} = 21,8 \text{ cm}$$

Formulas:

$$A = \frac{\pi}{4} [(d_{\text{exterior}})^2 - (d_{\text{interior}})^2]$$

$$F_{\text{apriete}} = \frac{(\rho \cdot \mu \cdot A) \cdot 10}{4,4482 \text{ N}}$$

Desarrollo:

$$A = \frac{\pi}{4} [(21,8 \text{ cm})^2 - (14,3 \text{ cm})^2]$$

$$A = 212,64 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{apriete}} = \frac{(2 \text{ daN/cm}^2 \cdot 0.5 \cdot 212,64\text{cm}^2) \cdot 10}{4,4482 \text{ N}}$$

$$F_{\text{apriete}} = 478,03 \text{ lbf} \approx \mathbf{478 \text{ lbf}}$$

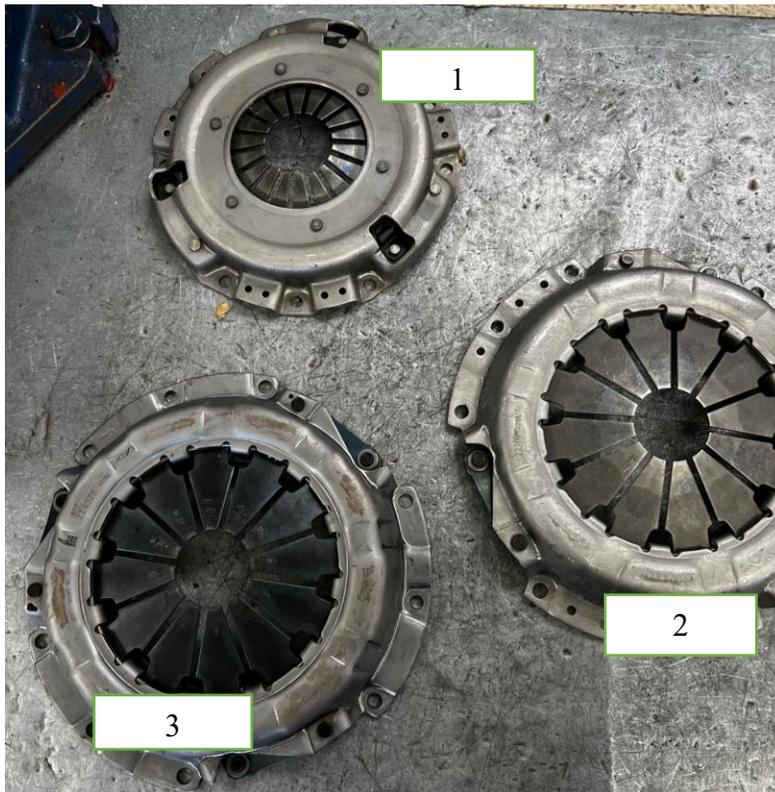
6.4. Platos de embrague nuevos

La siguiente ilustración (Fig. 55) muestra los platos de embrague nuevos para realizar el análisis comparativo.

1. Cherry QQ,
2. Chevrolet Aveo Activo,
3. Hyundai Accent.

Figura 55

Platos de presión de embrague nuevos



6.5. Datos obtenidos mediante el software

Al ingresar los diámetros, el software calcula la fuerza de apriete que el banco debe aplicar en el plato de embrague del automóvil Hyundai Accent (Fig. 56) la cual vemos a continuación:

Figura 56

Fuerza de apriete Hyundai Accent

INGRESAR NUEVO DATO EN LA BASE

Marca:

Modelo:

Diafracma:

Diametro interior: cm

Diametro exterior: cm

Libras fuerza: lbf

Precion en bares:

Realizamos el mismo proceso para el automóvil Cherry QQ (Fig. 57) y Chevrolet Aveo Activo (Fig. 58).

Figura 57

Fuerza de apriete Cherry QQ

	marca	modelo	diametro interior	diametro exterior	libras fuerza
▶	Chery	QQ	126	180	291,76

Figura 58

Fuerza de apriete Chevrolet Aveo Activo

	marca	modelo	diametro interior	diametro exterior	libras fuerza
▶	Chevrolet	Aveo Activo	143	218	478,05

6.6. Análisis y comparación de resultados

- Fuerza de apriete calculada por el banco en el plato de presión de embrague a media vida Hyundai Accent. (Fig. 59)

Figura 59

Fuerza de apriete plato de presión a media vida Hyundai Accent

PUERTO DE COMUNICACIONES
SELECCIONE EL PUERTO
COM4 [DESCONECTAR]

CONTROL VALVULA
RELE [RELE ON/OFF] TIEMPO[Seg] 2,5

PERIFERICOS
TARE 0,20 mm
Prueba1 24,70 mm Prueba2 24,80 mm
EMERGENCIA OFF

DATOS INGRESO
Libras fuerza 474,78 Valor en Newtons 10246,70196
CALIBRE LA VALVULA A 2,2 BARES

PRUEBA 1
Libras fuerza 108 Valor en Newtons 2330,856
PORCENTAGE DE ERROR 77,09%

PRUEBA 2
Libras fuerza 107 Valor en Newtons 2309,274
PORCENTAGE DE ERROR 77,3%

DIFERENCIA ENTRE PRUEBAS
DIFERENCIA NEWTONS 1

BUSQUEDAS
BUSQUEDA POR MARCA [] BUSQUEDA POR MODELO []

marca	modelo	diametro interior	diametro exterior	libras fuerza
Chevrolet	D Max 3.0	157	250	668,32
KIA	K2 700	148	241	638,76
Datsun	120y	122	148	123,95
prueba		137	215	484,78
prueba		127	205	457,23
prueba		107	185	402,15
Hyundai	Accent 2002	139	215	475,03
prueba Tesis1		12	18	317,82
TESIS1	TEST2	12	18	317,82
TESIS3	TESIS3	12	18	317,82
Hyundai	Accent 2002	13,6	21,4	482,02
Prueba de funcio...	capitulo 3	13,75	21,4	480,26
▶ Hyundai	Accent	13,75	21,4	474,78

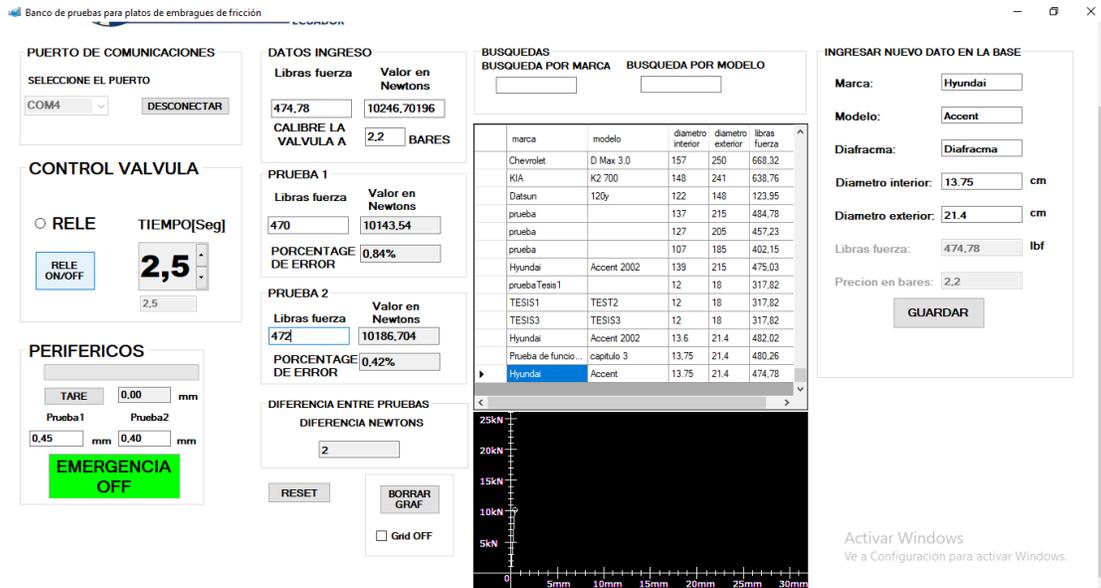
INGRESAR NUEVO DATO EN LA BASE
Marca: Hyundai
Modelo: Accent
Diafragma: Diafragma
Diametro interior: 13,75 cm
Diametro exterior: 21,4 cm
Libras fuerza: 474,78 lbf
Precion en bares: 2,2
[GUARDAR]

Gráfico: Fuerza (kN) vs Distancia (mm). Escala Y: 0 a 25kN. Escala X: 0 a 30mm.

- Fuerza de apriete calculada por el banco en el plato de presión de embrague nuevo Hyundai Accent. (Fig. 60)

Figura 60

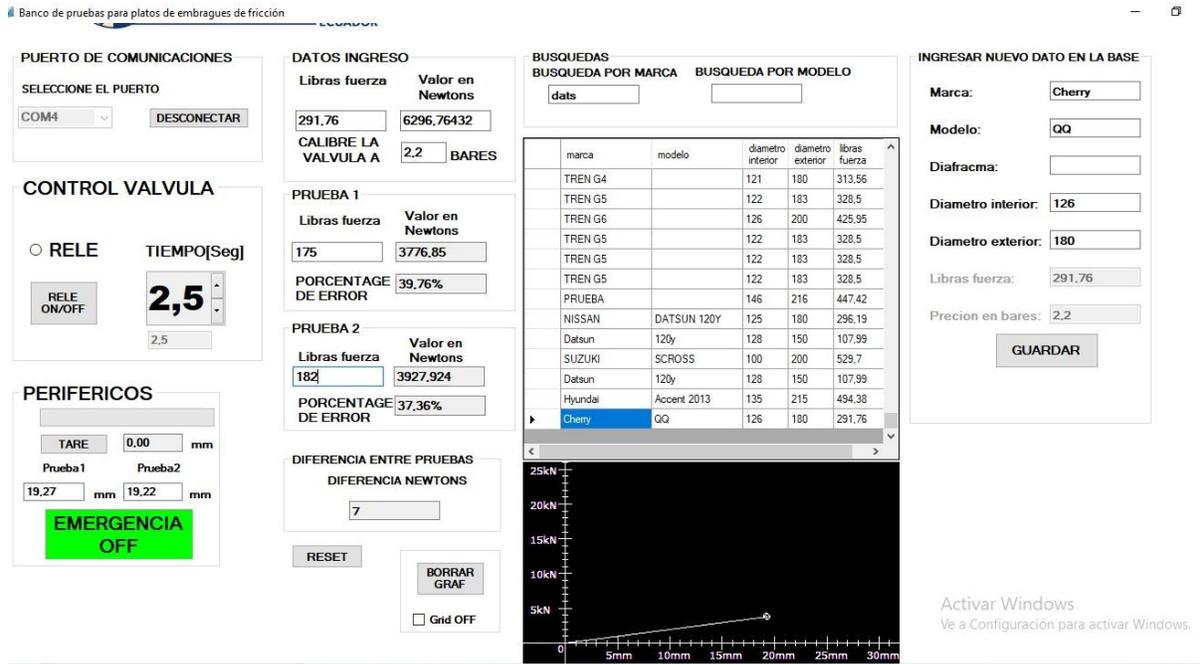
Fuerza de apriete en el plato de presión nuevo Hyundai Accent



- Fuerza de apriete calculada por el banco en el plato de presión de embrague a media vida Cherry QQ. (Fig. 61)

Figura 61

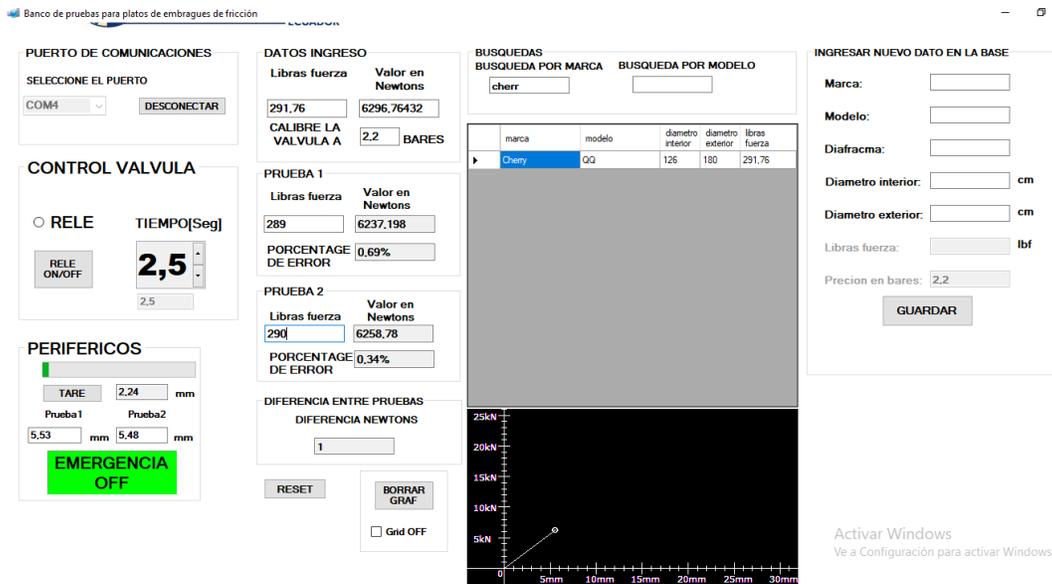
Fuerza de apriete plato de presión a media vida Cherry QQ



- Fuerza de apriete calculada por el banco en el plato de presión de embrague nuevo Cherry QQ. (Fig. 62)

Figura 62

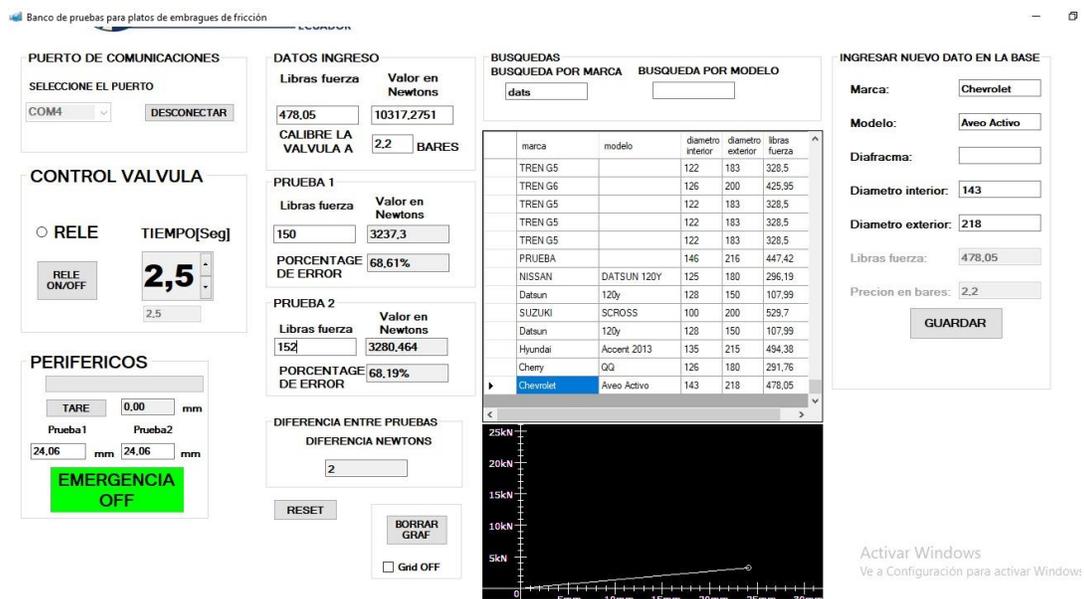
Fuerza de apriete en el plato de presión nuevo Cherry QQ



- Fuerza de apriete calculada por el banco en el plato de presión de embrague a media vida Chevrolet Aveo Activo. (Fig. 63)

Figura 63

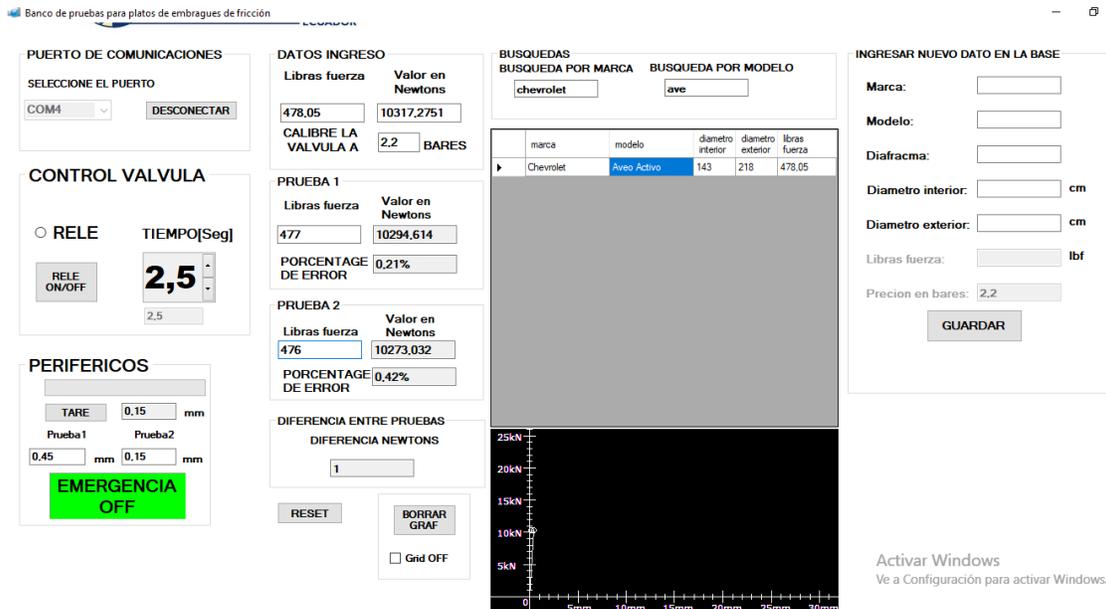
Fuerza de apriete plato de presión a media vida Chevrolet Aveo Activo



- Fuerza de apriete calculada por el banco en el plato de presión de embrague nuevo Chevrolet Aveo Activo. (Fig. 64)

Figura 64

Fuerza de apriete en el plato de presión nuevo Chevrolet Aveo Activo



- Comparación de resultados

La Tabla 15 presenta los resultados de la fuerza de apriete obtenidos en el cálculo y mediante el software.

Tabla 15

Resultados de la fuerza de apriete

Resultados de la fuerza de apriete Hyundai Accent					
Plato	Calculo	Prueba 1	Diferencia	Prueba 2	Diferencia
Nuevo	475 lbf	470 lbf	1.05 %	472 lbf	0.63 %
Desgastado	475 lbf	108 lbf	77.26%	107 lbf	77.47 %
Resultados de la fuerza de apriete Cherry QQ					
Plato	Calculo	Prueba 1	Diferencia	Prueba 2	Diferencia
Nuevo	292 lbf	289 lbf	1.02 %	290 lbf	0.68 %
Desgastado	292 lbf	175 lbf	40.06 %	182 lbf	38.92 %
Resultados de la fuerza de apriete Chevrolet Aveo Activo					

Plato	Calculo	Prueba 1	Diferencia	Prueba 2	Diferencia
Nuevo	478 lbf	477 lbf	0.20 %	476 lbf	0.41 %
Desgastado	478 lbf	150 lbf	68.61 %	152 lbf	68.20 %

- **Análisis de resultados**

Con ayuda de la Tabla 15 podemos verificar que el banco esta trabajando correctamente, ya que analizando los resultados del plato de presión de embrague nuevo existe una diferencia que oscila desde el 0.20 al 1.05 % entre el valor calculado y medido, indicando que el plato se encuentra en buen estado. Por otra parte, con el plato de presión de embrague desgastado, existe una diferencia de entre el 38 al 77,26 % indicando que el plato de embrague se encuentra en mal estado, próximo a cumplir con su tiempo de vida útil.

6.7. Guía de funcionamiento del banco

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

	FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES
---	--

CARRERA: Ingeniería Automotriz	ASIGNATURA: Motores de Combustión Interna II
--------------------------------	--

NRO. PRÁCTICA:	TÍTULO PRÁCTICA: Comprobación del estado del plato de presión de fricción de embrague
----------------	---

OBJETIVO GENERAL <ul style="list-style-type: none"> Analizar el estado del plato de presión de fricción de embrague. OBJETIVOS ESPECÍFICOS <ul style="list-style-type: none"> Comparar los resultados de la fuerza de apriete obtenidos mediante calculo y con el software. Analizar la grafica del estado del plato de presión de embrague.

Funcionamiento del banco de pruebas de platos de fricción de embrague

<p>1. Conectar el banco de pruebas a una entrada de aire en la cual se debe considerar la presión máxima de 8 bares.</p>	
<p>2. Conectar el banco hacia una fuente de alimentación de 110V-60Hz la misma que deberá poseer una conexión a tierra.</p>	

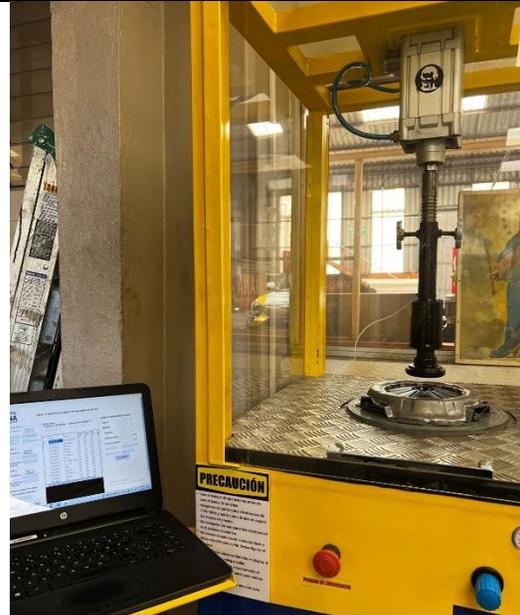
3. Energizar el banco de pruebas permitiendo que entre en funcionamiento el ordenador, la electroválvula y los sensores.



4. Encender el Display pulsando en el botón "TARE".



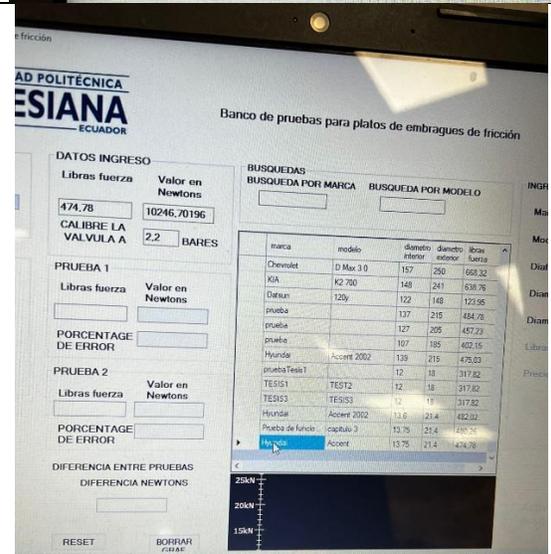
5. Encender el ordenador y abrir el icono que corresponde al banco de pruebas.



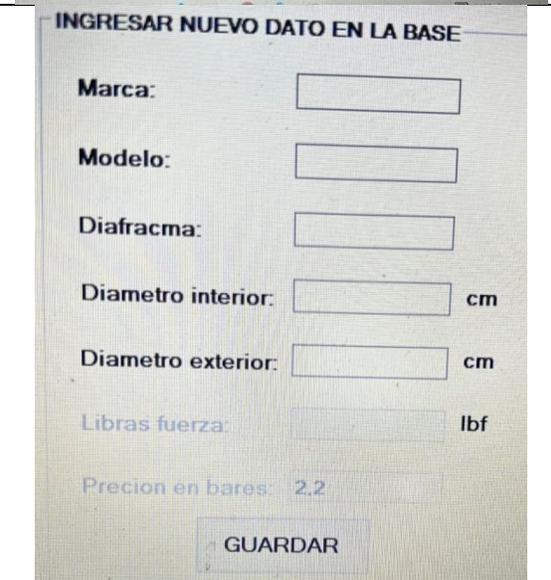
6. Seleccionar el puerto de comunicación hacia la tarjeta electrónica en el icono “SELECCIONE EL PUERTO DE COMUNICACIÓN” el cual viene establecido en el ordenador como “COM4” y se procede a pulsar el botón de “CONECTAR”



7. En el menú de “BUSQUEDA” se verifica si el plato de presión consta en la base de datos y se procede a pulsar la marca y modelo del vehículo a la cual corresponde, en donde el programa se encargará de colocar los datos característicos al tipo de vehículo.



8. En caso de que el modelo de plato no este en la base de datos, en la esquina superior derecha existe un cuadro en donde podremos ingresar datos nuevos, en donde tendremos que ingresar los diámetros interiores y exteriores en centímetros.



9. Calibrar la válvula reguladora de presión de acuerdo con el valor que aparecerá en el cuadro de “DATOS DE INGRESO”. (2.2 BARES)



10. Colocar el plato de presión en la cámara y centrarlo sobre la base de soporte con respecto al rodillo del sensor lineal que se encuentra presionando el diafragma.



11. Introducir la galga de calibración entre el rodillo de empuje y el diafragma para asegurar que el recorrido sea el mismo en todos los platos de presión y finalmente se asegura el vástago mediante los bloqueos que se encuentran a los extremos del vástago.



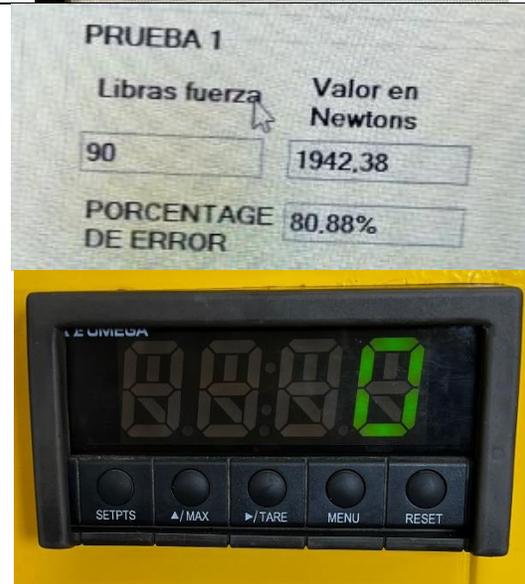
12. Cerrar la compuerta de la cámara de protección, caso contrario, el banco no se accionará.



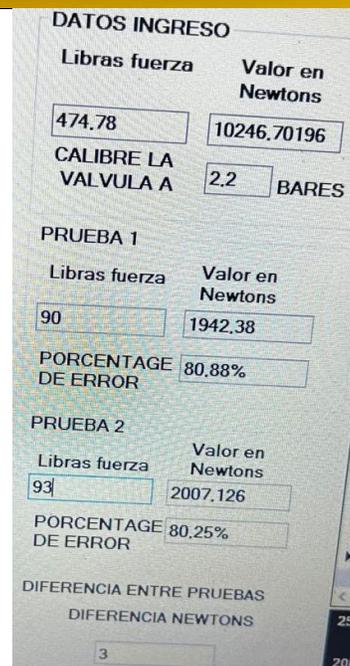
13. Ubicarse en la ventana “CONTROL VALVULA” sobre el icono que indica “ON/OFF” ocasionando que se accione el banco de pruebas desplazando el cilindro neumático.



14. Una vez generada la presión verificar el valor que aparecerá en la pantalla del Display, y luego colocar el valor en la ventana de nombre “PRUEBA 1” en la parte de libras fuerza y presionar “ENTER” ahí aparecerá el porcentaje de eficiencia del plato de presión.



15. Una vez presionado enter, repetir el paso 11 y colocar el valor de la pantalla Display en la ventana de nombre “PRUEBA 2”.



	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
CONCLUSIONES:
RECOMENDACIONES:

7. CONCLUSIONES

- Con la información recolectada se logró establecer la importancia que tiene cada uno de los elementos del sistema de embrague, además se pudo establecer los componentes del banco de pruebas identificando la importancia que tienen cada uno de estos en el control y la precisión de los datos brindados por el mismo, en base a esto se generaron criterios sólidos acerca de su funcionamiento y las pruebas que se deben realizar para desarrollar las restauraciones pertinentes.
- Mediante el análisis realizado se pudo establecer que la integridad del banco no se ve afectada siempre y cuando no se superen los límites establecidos (8 bares) permitiendo dar paso al reacondicionamiento el cual se llevó a cabo mediante diversos procesos mecánicos, tales como procesos con arranque de viruta como taladrado y sin arranque de viruta en el que se incluyen procesos de soldado, los cuales permitieron recuperar y mejorar la estructura del banco.
- Se modificaron las líneas de código en concreto las de cálculo, para lograr que el banco brinde valores reales los cuales comparamos con valores teóricos. Los valores teóricos implementan formulas como: fuerza de apriete, transformación de libras fuerza a Newtons y viceversa. En la interfaz del programa integramos: unidades de los datos a ingresar, logo de la universidad y nombre del banco de pruebas, además de mejorar la calidad del entorno visual. Los valores permitidos de porcentaje de error en los platos de presión de embrague deben ser inferiores al 5%, el banco brinda datos con un porcentaje de error inferior al 2%, garantizando el análisis de valores verídicos y reales.

8. RECOMENDACION

Previo al uso del banco es importante leer la guía de practica para desarrollar correctamente el análisis del plato de presión de embrague y obtener datos reales, además nos garantiza el correcto funcionamiento del banco bajo las condiciones de correcto funcionamiento.

9. BIBLIOGRAFÍA

- RODRIGUEZ GARCIA, José Ignacio; VILLAR PAUL JOSE. “Sistemas de Transmisión y Frenado/MACMILLAN Profesional”, España, 2017, ISBN: 9788416653881
- Eduardo Águeda Casado, José Martín Navarro, Tomás Gómez Morales “Sistemas de transmisión y frenado” PARANINFO THOMSON España, 2012, ISBN: 13: 9788497320597
- Johnson, M., & Smith, P; “Fundamentos de sistemas de embrague automotriz”, 2020, Editorial XYZ, ISBN: 978-1234567890
- García, A., & López, J; “Avances en tecnología de embragues hidráulicos”, 2018, Ediciones Técnicas Avanzadas, ISBN: 978-9876543210
- Rodríguez, L; “Sistemas de embrague: Una perspectiva contemporánea”, 2019, Editorial Universitaria, ISBN: 978-0123456789