

ESCUELA POLITÉCNICA DE EJÉRCITO

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PRESENTACIÓN DE TESIS DE GRADO

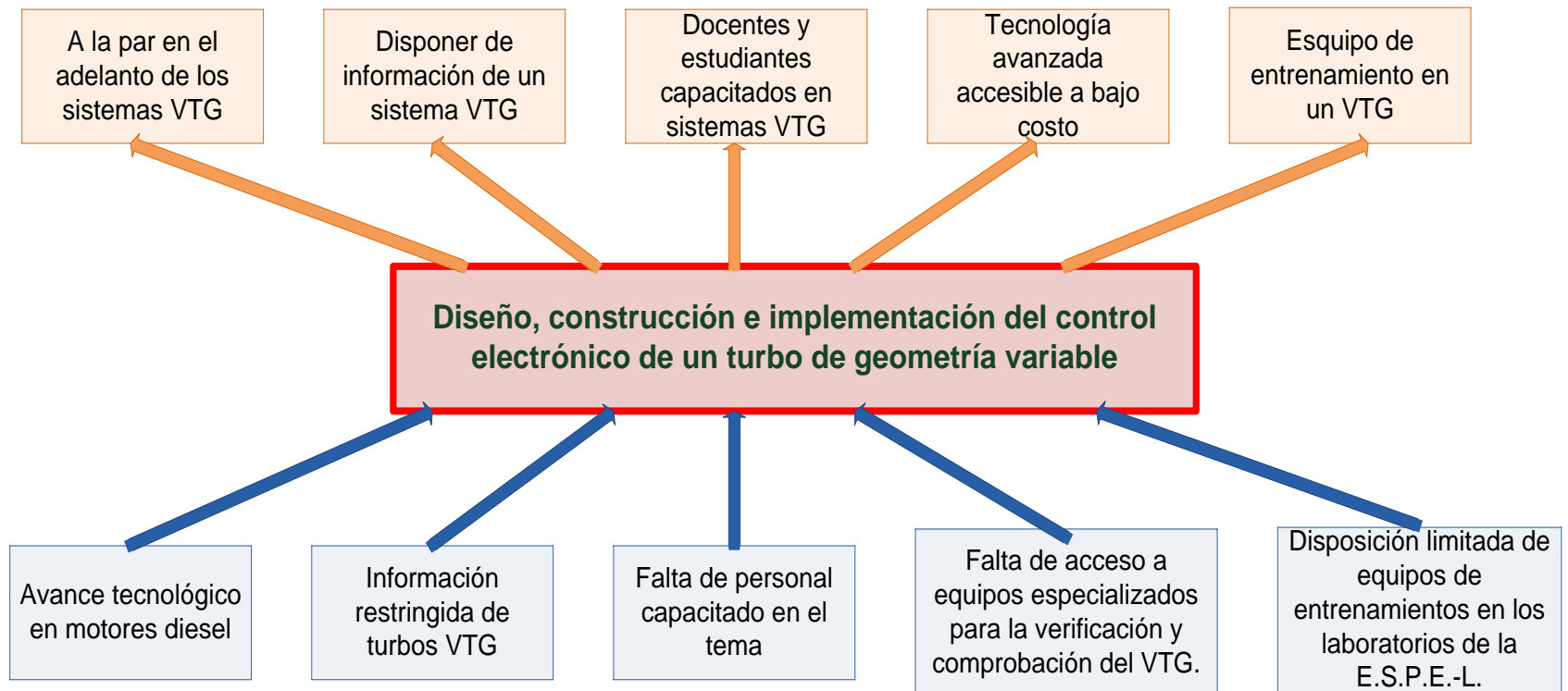
**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN
DEL CONTROL ELECTRÓNICO PARA UN TURBO DE
GEOMETRÍA VARIABLE EN UN TABLERO
DIDÁCTICO”**

**NOMBRES: CARLOS A. CADENA
DANIEL A. NIETO**

INTRODUCCIÓN

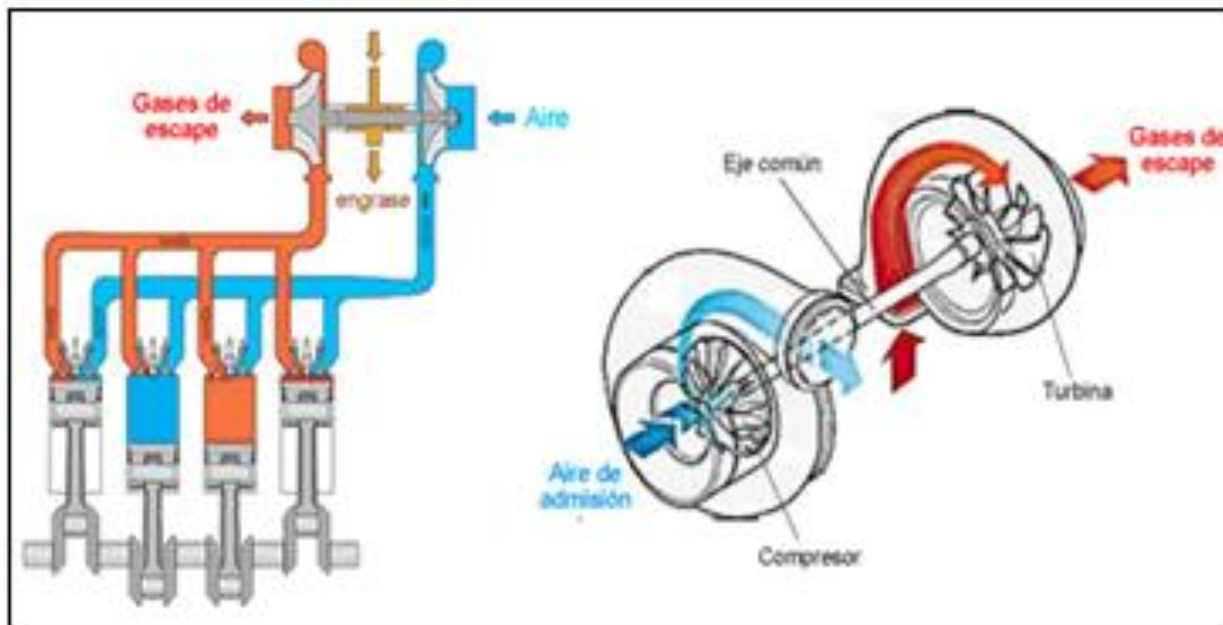
- Los automóviles que utilizan turbos convencionales tienen el inconveniente que a bajas revoluciones del motor, el rodete de la turbina apenas es impulsada por los gases de escape, por lo que el motor se comporta como si fuera atmosférico. Para corregir este inconveniente se ha buscado la solución de dotar a una misma máquina soplante la capacidad de comprimir el aire con eficacia tanto a bajas como a altas revoluciones, para ello se han desarrollado los turbocompresores de geometría variable.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA



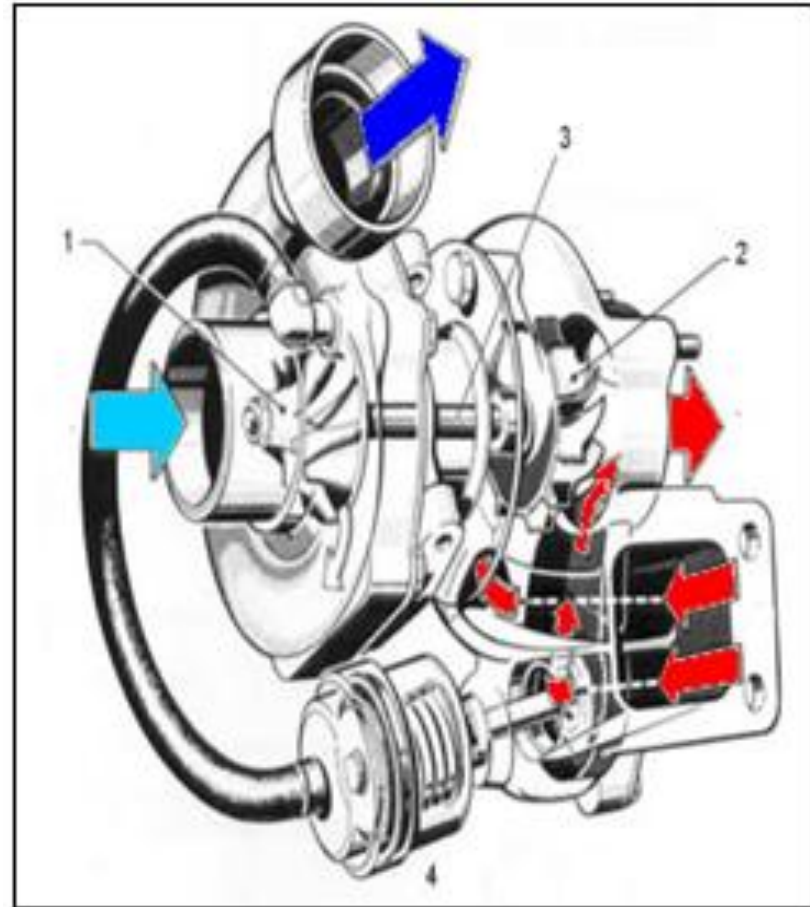
TURBOCOMPRESOR CONVENCIONAL

- El turbocompresor es un componente mecánico que aprovecha la fuerza de salida de los gases de escape para hacer girar una turbina que se encuentra en la salida del múltiple de escape, dicha turbina se une mediante un eje a un compresor.



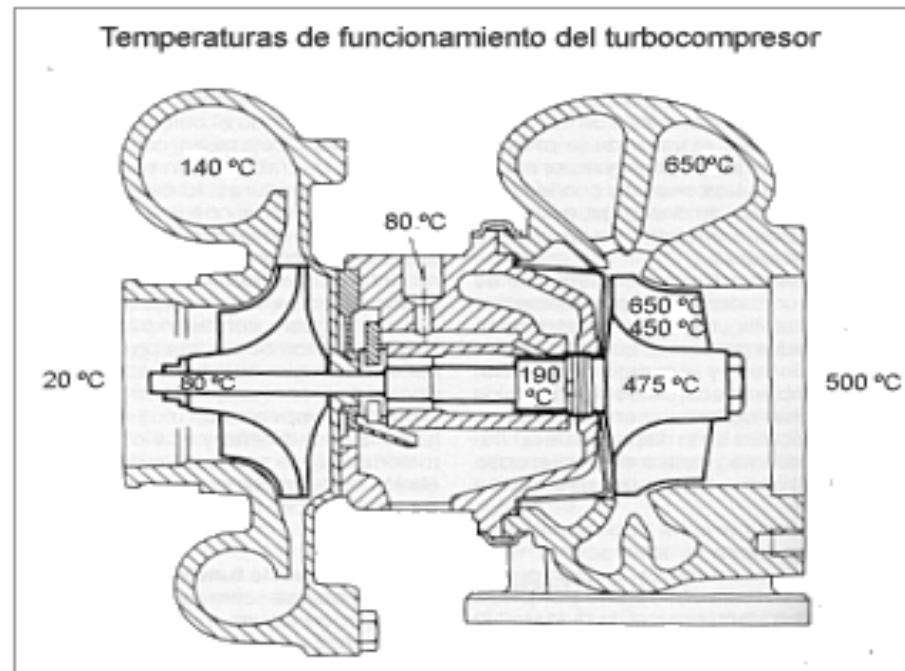
CONSTITUCIÓN DEL TURBO

- 1.- Rodete del compresor.
- 2.- Rodete de la turbina.
- 3.- Eje común.
- 4.- Válvula de descarga o wastegate.



TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

- Las temperaturas de funcionamiento en un turbo son muy diferentes, mientras que los componentes que están en contacto con los gases de escape pueden alcanzar temperaturas muy altas (aproximadamente 750 °C), los que esta en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan unos 80 °C.



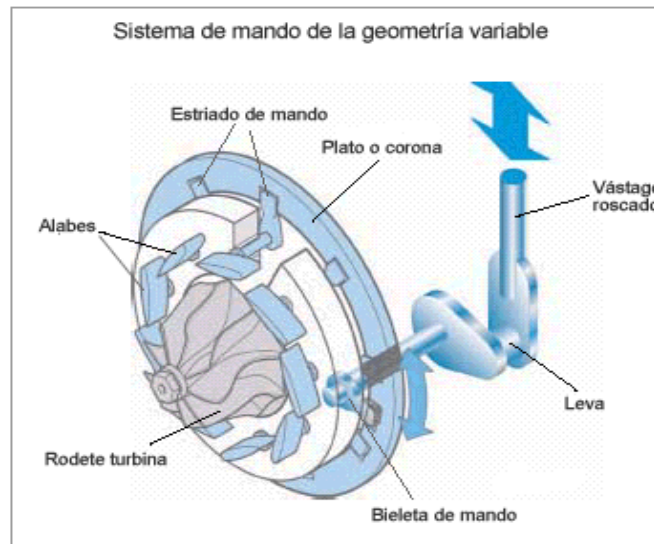
LUBRICACIÓN DEL TURBO

Como el turbo está sometido a altas temperaturas de funcionamiento, el engrase de los cojinetes deslizantes es muy importante, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Suficiente presión y flujo de aceite.
- El sistema de lubricación debe encontrarse sin contaminación.
- Buen estado del aceite, ya que éste se puede oxidar o deteriorar.
- El turbo nunca debe operar con el motor a plena carga con presión de aceite menor que 30psi.

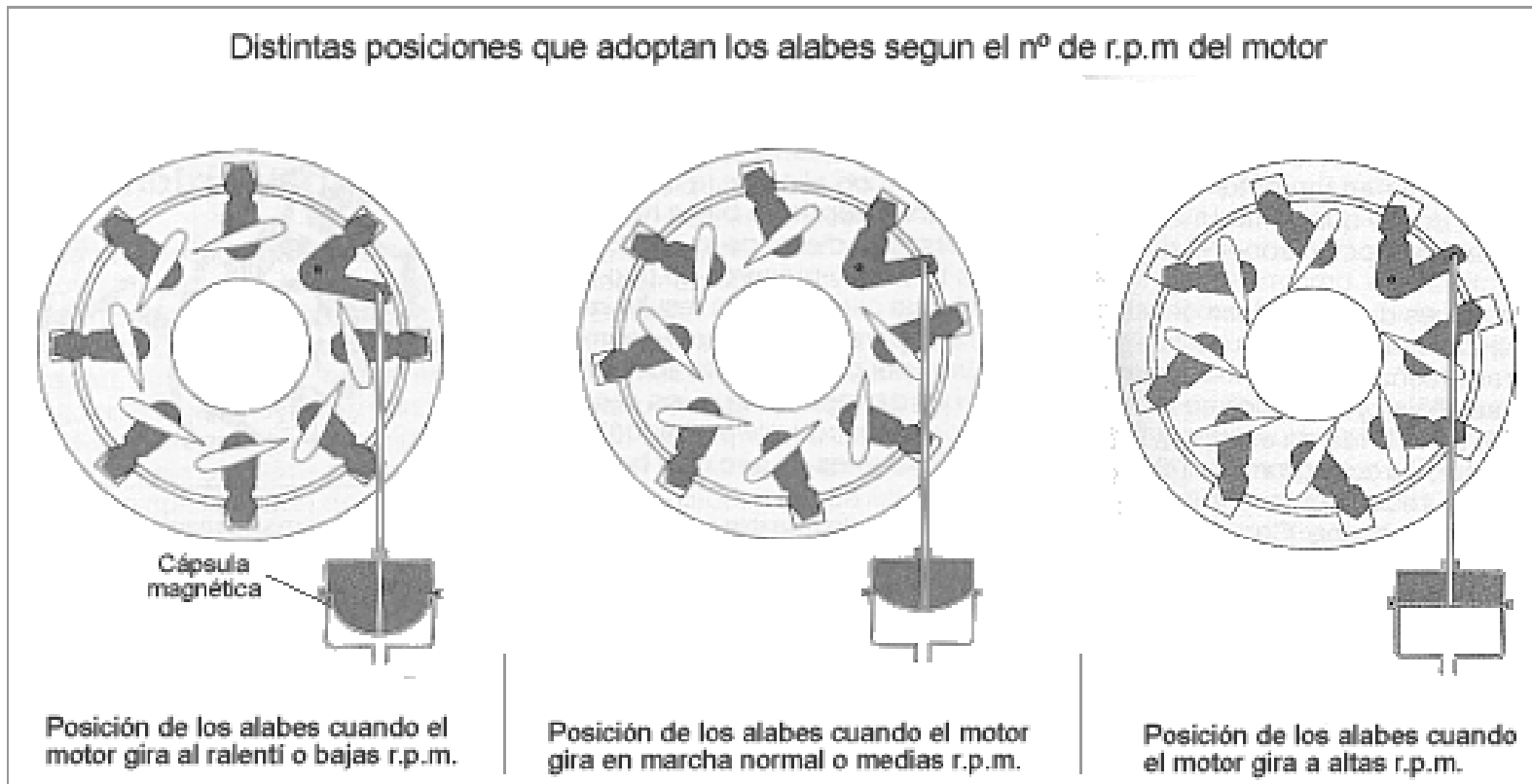
TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE

- El Turbo de geometría variable (VTG) se diferencia del turbo convencional en la utilización de un plato o corona en el que van montados unos álabes móviles que pueden ser orientados (todos a la vez) un ángulo determinado mediante un mecanismo de varilla y palancas empujados por una cápsula neumática.



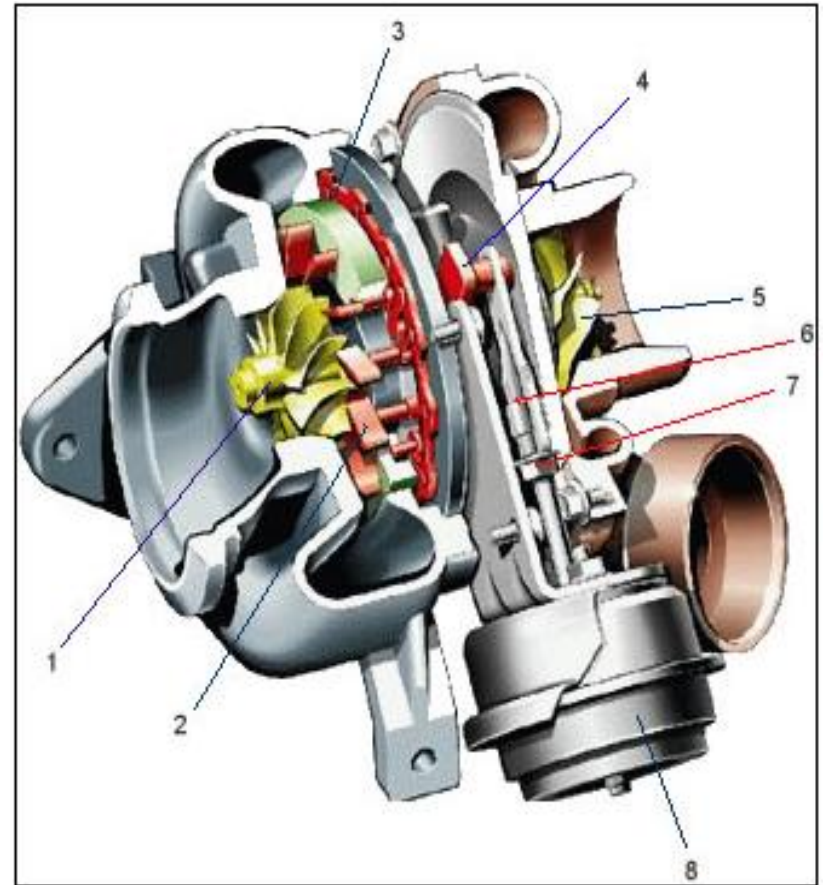
POSICIÓN DE LOS ÁLABES

- Las posiciones fundamentales que pueden adoptar los álabes se describe en el siguiente gráfico:



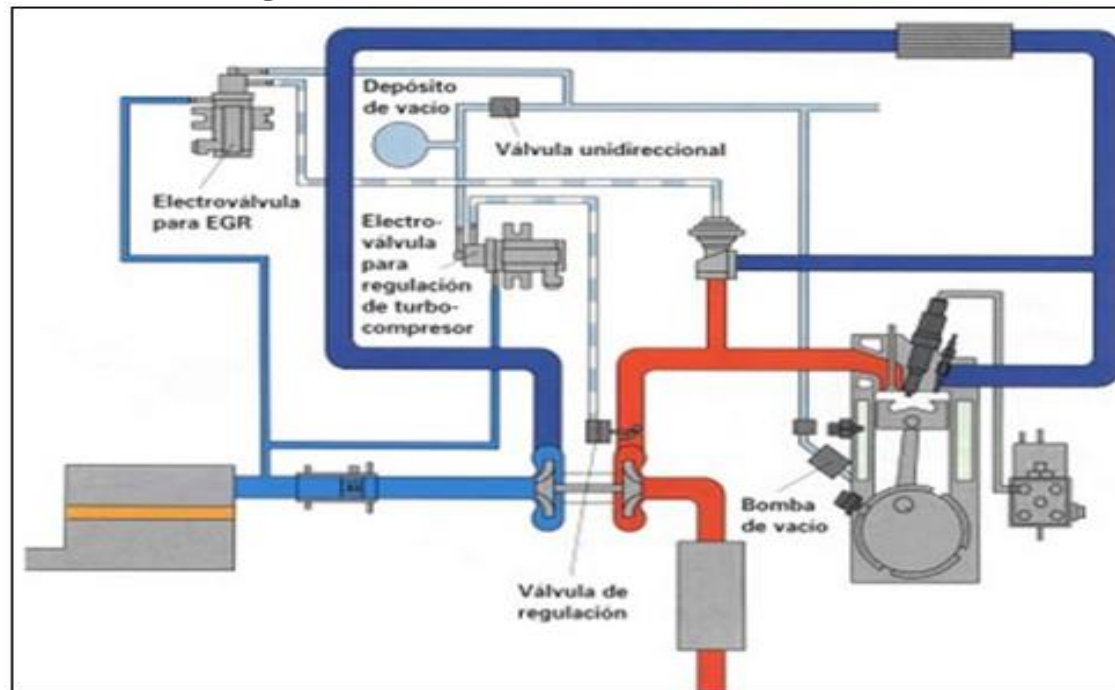
COMPONENTES

- 1.- Rodete de la turbina
- 2.- Álabes
- 3.- Plato o corona
- 4.- Leva
- 5.- Rodete del compresor
- 6.- Vástago o varilla roscada
- 7.- Tuerca de Ajuste de la longitud de la varilla
- 8.- Cápsula neumática



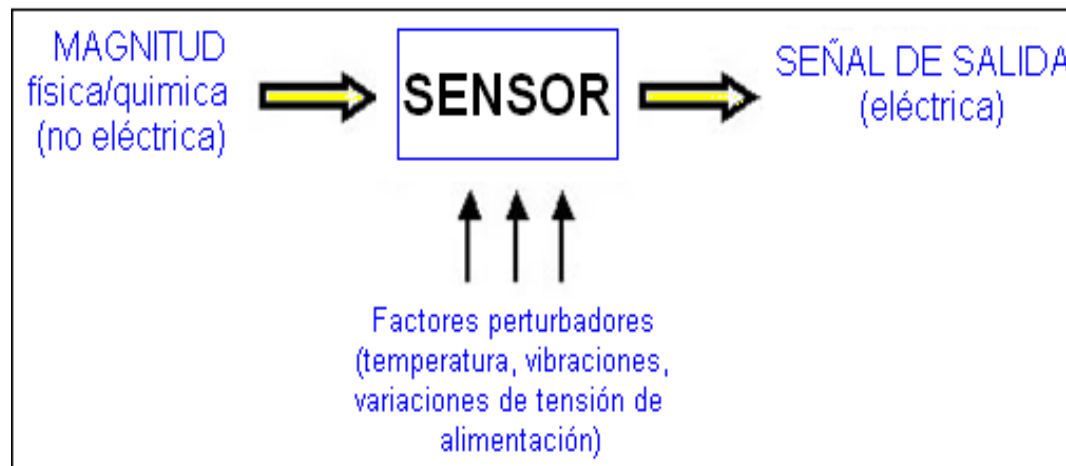
VTG CONTROLADO POR VACÍO

- Este sistema requiere de una bomba de vacío, un depósito de vacío y una electroválvula de regulación de presión, su funcionamiento lo regula la ECM del vehículo, ésta le ordena a la válvula que permita el flujo del vacío según la necesidad para una correcta geometría variable del turbo.



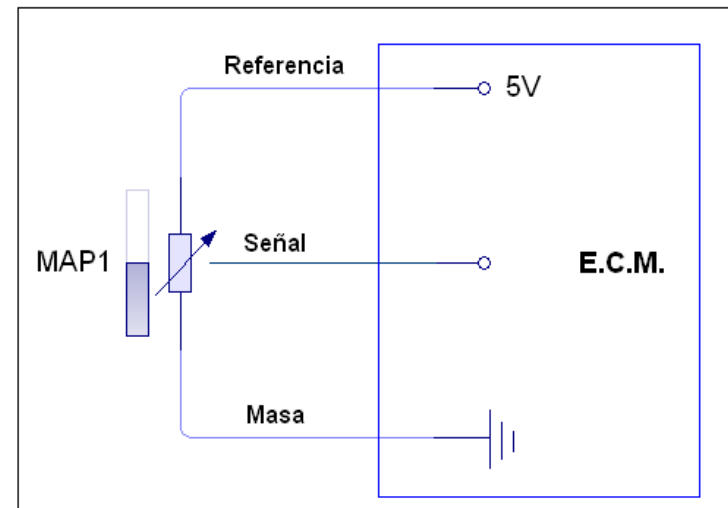
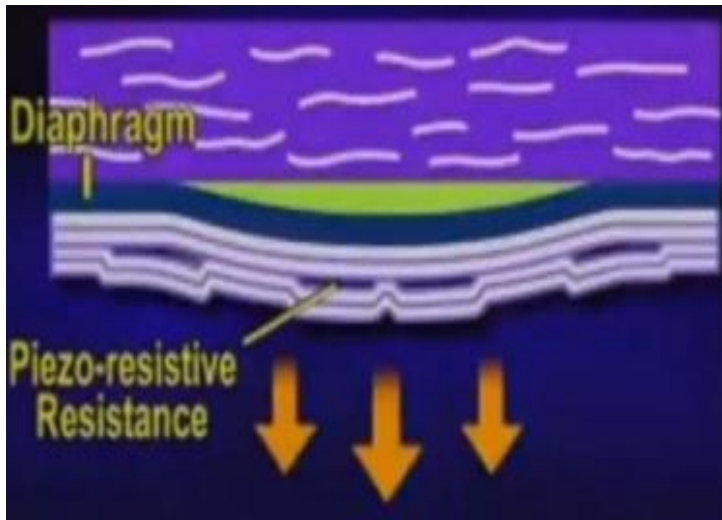
SENSORES

- El sensor (también llamado sonda o transmisor) es un dispositivo que convierte una magnitud física, (temperatura, revoluciones del motor, etc.) o química (gases de escape, calidad de aire, etc.) en una magnitud eléctrica que pueda ser entendida por una unidad de control.



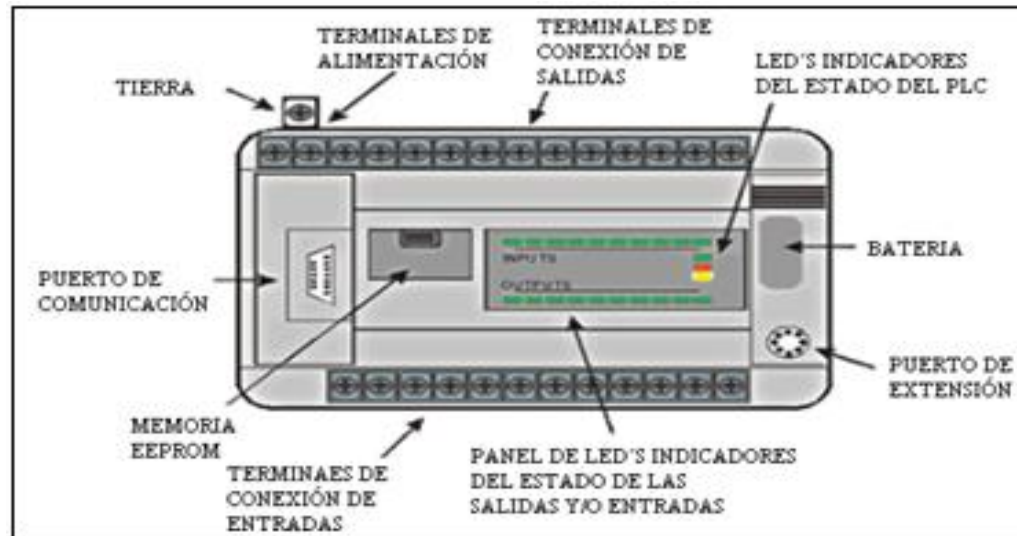
SENSOR DE PRESIÓN DE AIRE

- Este sensor consta de un diafragma con una resistencia piezo-resistiva, el cual es desplazado dependiendo de la presión de aire de admisión, por consiguiente tenemos una variación de la resistencia así como el voltaje de salida.



CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

- Son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, se han diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa.



ESTRUCTURA DEL TABLERO DIDÁCTICO

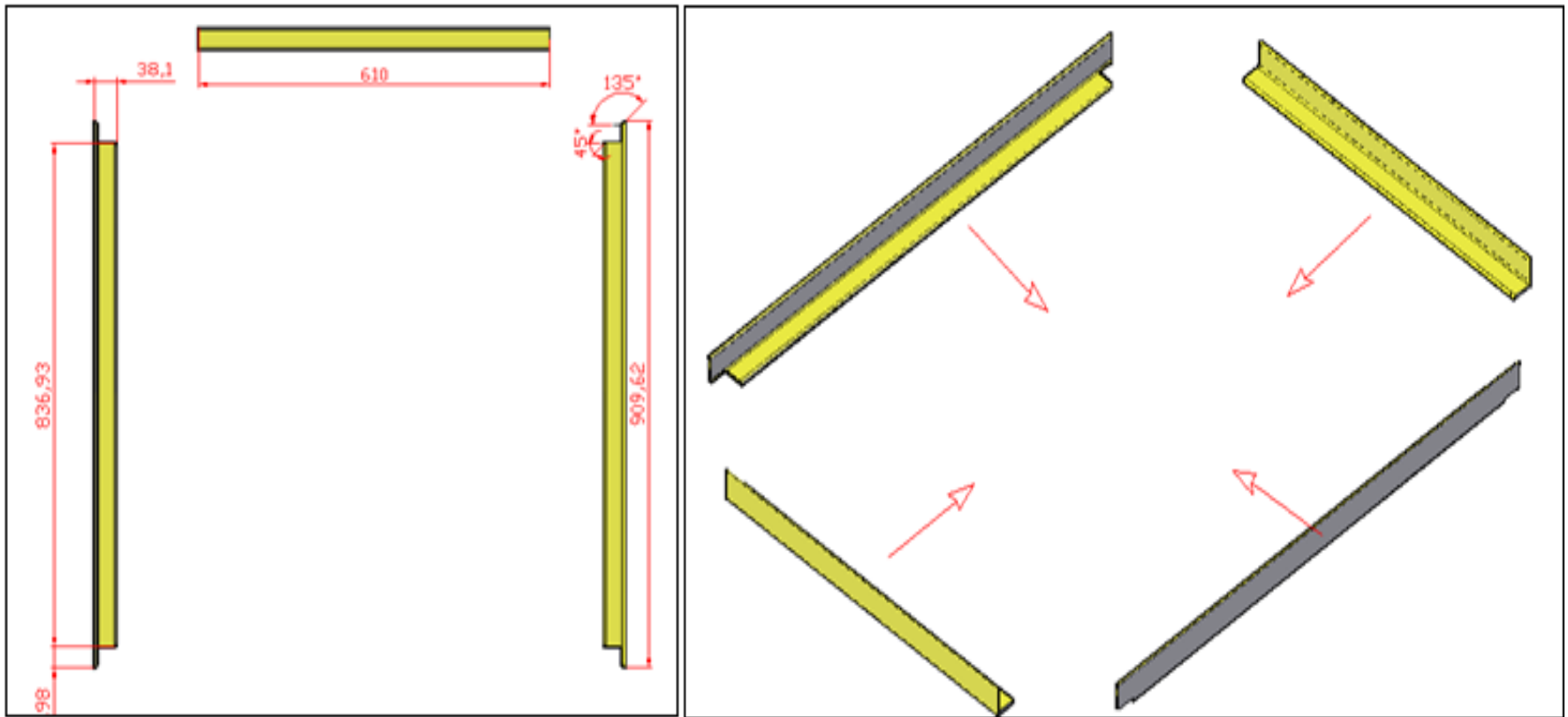
- Para empezar con la construcción del tablero debemos seleccionar los materiales adecuados para el acoplamiento de los componentes mecánicos y electrónicos, que vamos a colocar en el mismo, los cuales nos deben brindar una resistencia óptima para el peso de nuestros componentes y además las dimensiones necesarias para su correcta instalación.

a) Selección de materiales para la estructura

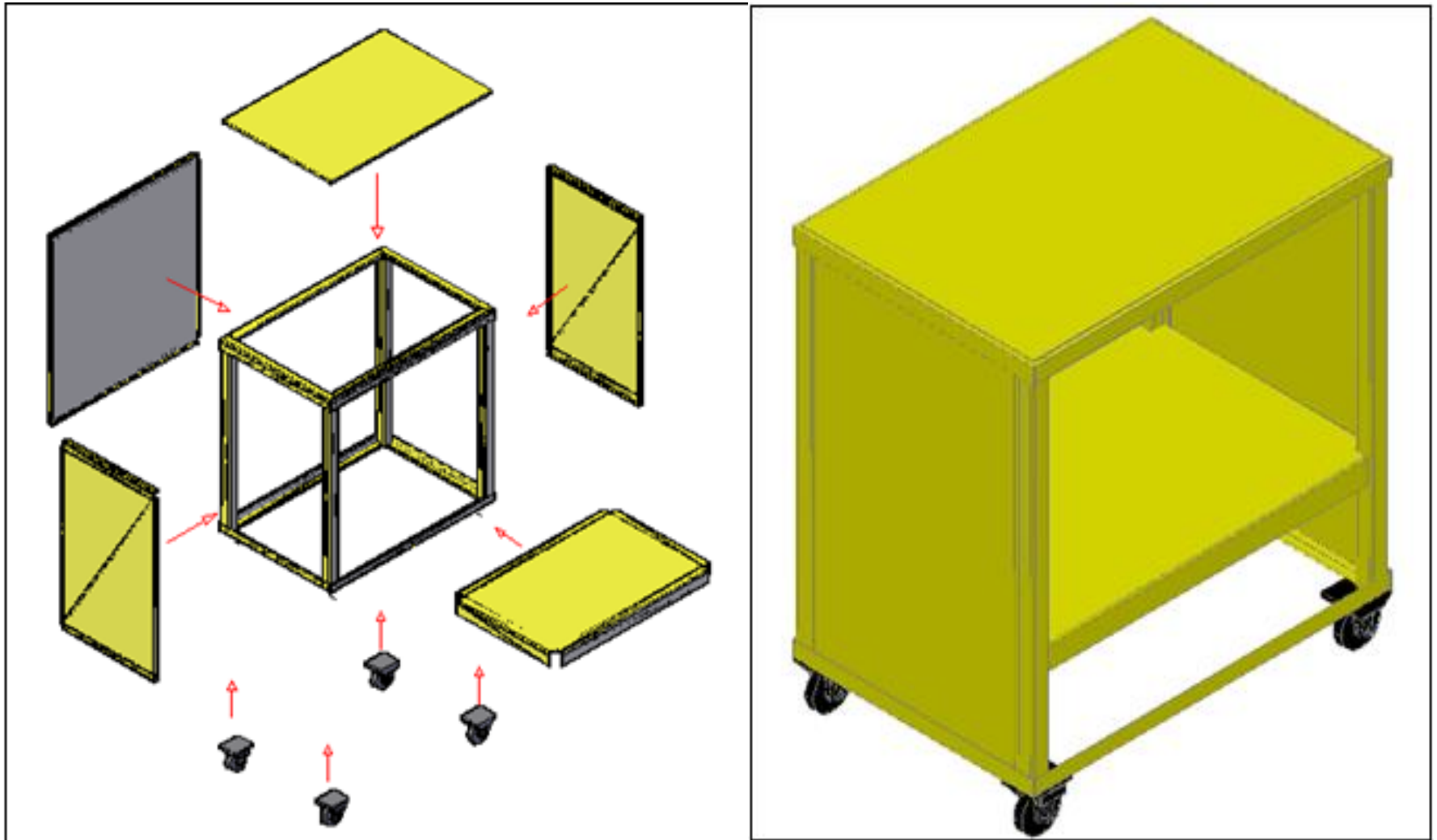
CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	Plancha de hierro	L/C 2mm 1,22x2,44m
1	Plancha de hierro	4mm 60x90mm
1	Ángulo de hierro	1 1/2" x 1/8"
1	Tubo cuadrado de hierro	40x40x2mm
2	Garruchas sin freno	4" 70Kg
2	Garruchas con freno	4" 70Kg

ESTRUCTURA DEL TABLERO DIDÁCTICO

b) Diseño y ensamble de estructura.



ESTRUCTURA DEL TABLERO DIDÁCTICO



DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

- Debemos seleccionar los elementos mecánicos a la par de lo que vamos construyendo la estructura del tablero, a continuación les mostramos los elementos mecánicos necesarios para el buen funcionamiento de los turbos.

a) Selección de elementos mecánicos

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	Turbo Convencional	GT1749
1	Turbo de Geometría Variable	GT1852V
1	Bomba de aceite	Adaptada
1	Bomba de vacío	Adaptada
1	Filtro de aire admisión turbos	Adaptada
1	Filtro de aire cápsula neumática	
1	Depósito de aire para vacío	
1	Electroválvula seleccionadora de flujo	4V410
1	Filtro regulador de aire	GFR300-10-M-F3-G

DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

b) Preparación de la estructura para instalar los turbos

- 1.- Admisión desde compresor hacia turbo convencional
- 2.- Admisión atmosférica desde filtro hacia turbo convencional
- 3.- Retorno de aceite del turbo convencional
- 4.- Presión de aceite hacia el turbo convencional
- 5.- Admisión desde compresor hacia el VTG
- 6.- Admisión atmosférica desde filtro hacia VTG
- 7.- Presión de aceite hacia VTG
- 8.- Retorno de aceite del VTG



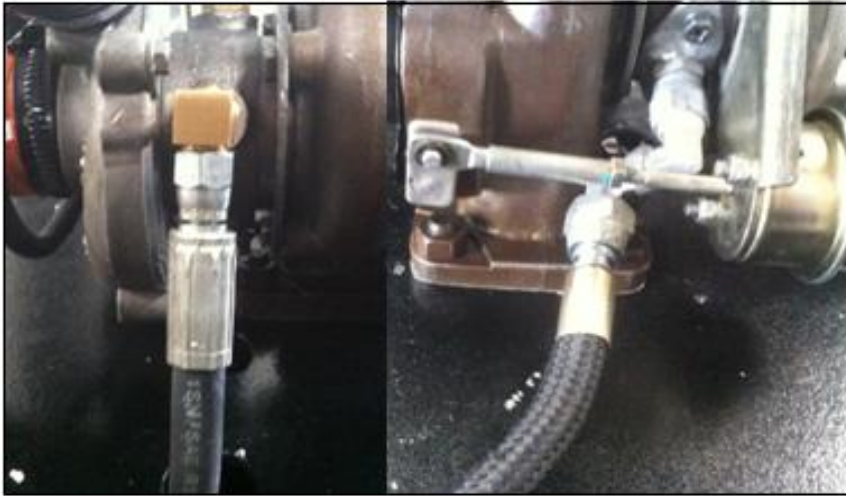
DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

- c) Instalación de los Turbos



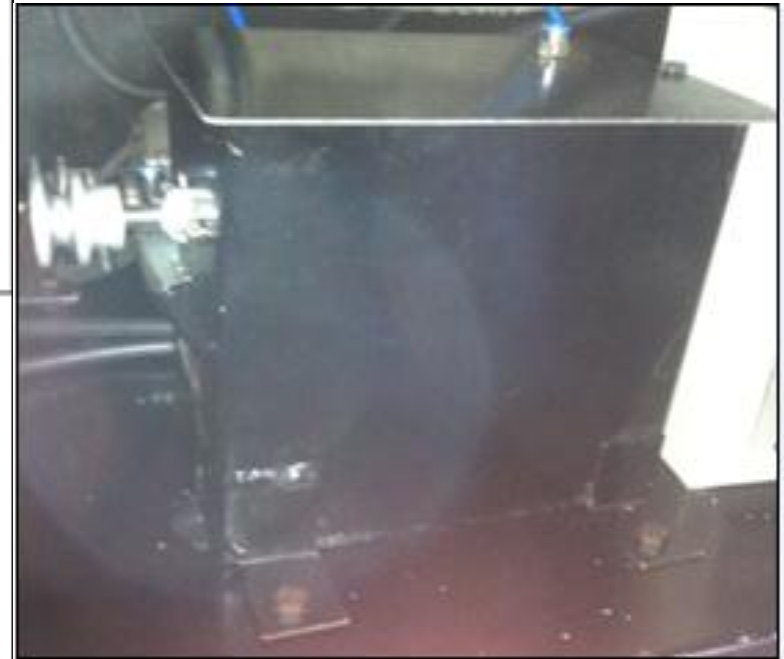
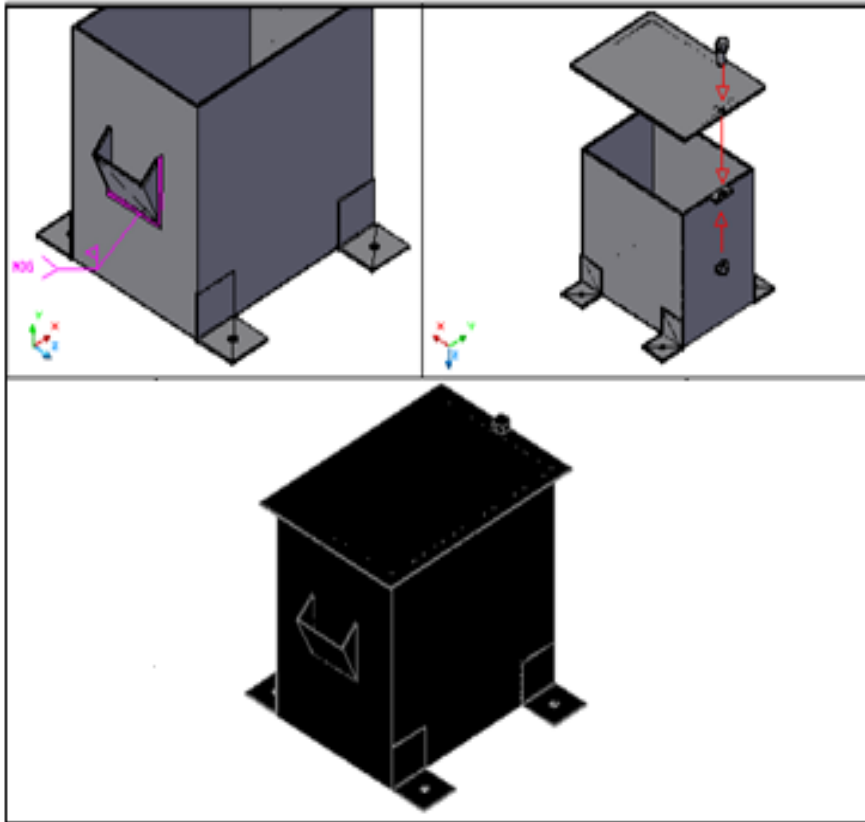
DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

- d) Sistema de lubricación de los Turbos



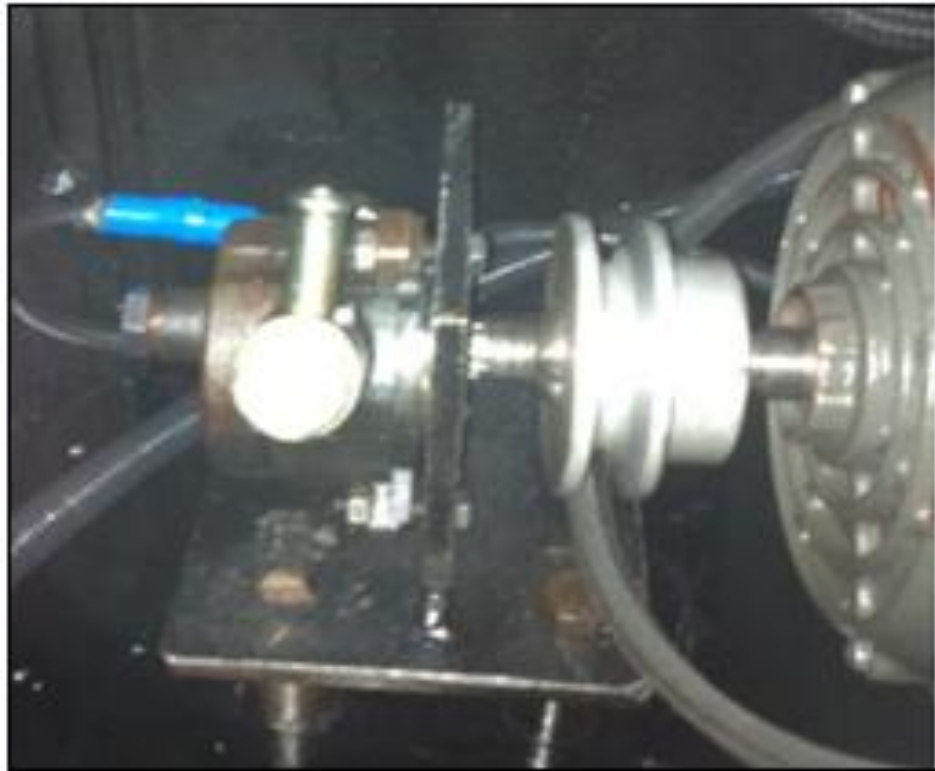
DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

- d) Diseño y ensamble del recipiente de aceite



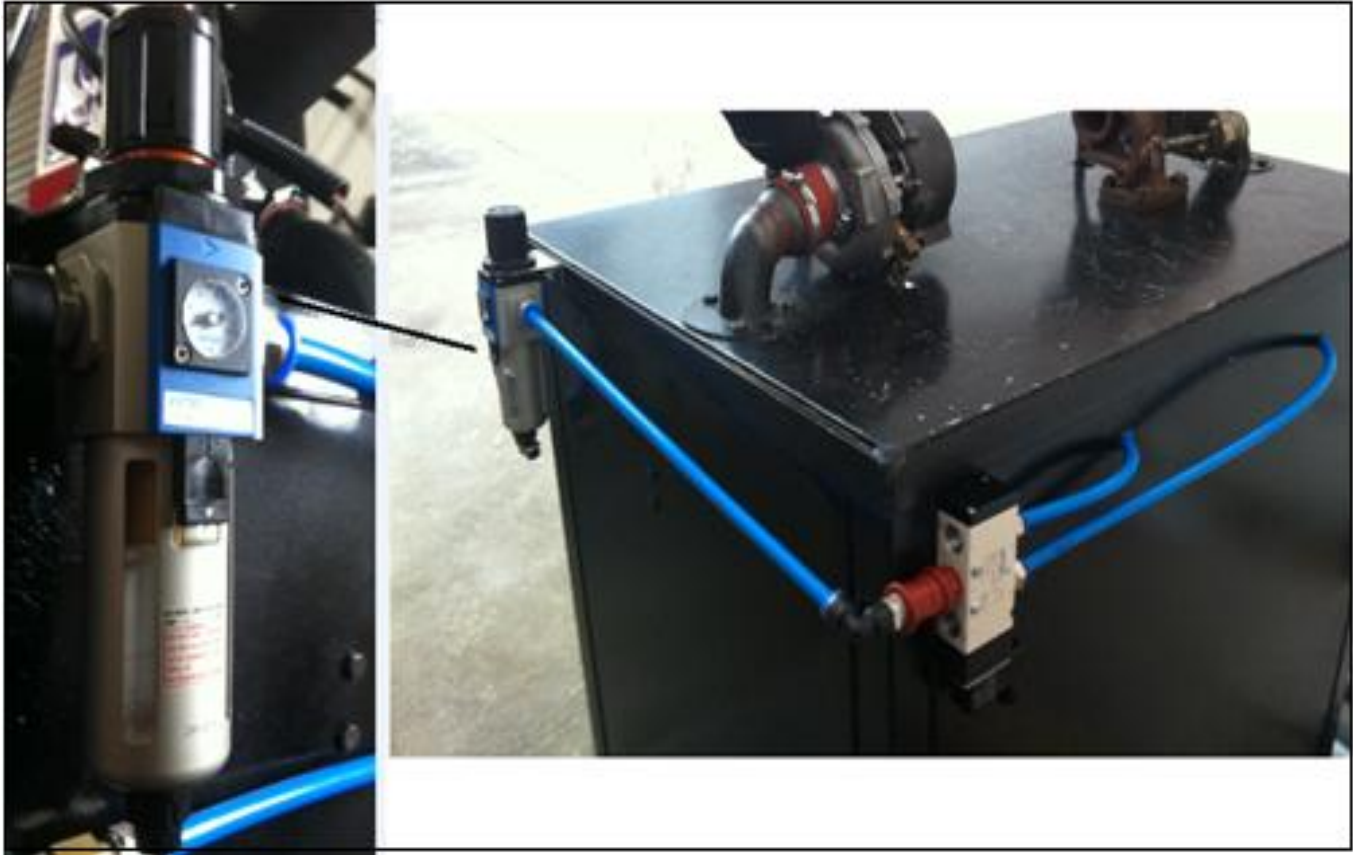
DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

- e) Bomba de vacío



DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

- f) Regulación del flujo de aire del compresor a los turbos



IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA

a) Selección de elementos eléctricos

- Seleccionamos los elementos eléctricos más adecuados para la aplicación, teniendo en cuenta su capacidad, voltajes, corrientes y resistencias de operación, con lo cual obtenemos la siguiente lista de elementos:

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	Motor Monofásico	1hp 110/220V 1800rpm
1	Cable Concéntrico	3*12
1	Enchufe blindado	2P TIPO EAGLE
6	Cable flexible azul, rojo y amarillo	1m*18
2	Cable gemelo	Calibre14
1	Breaker	
1	Guarda motor	NS2-25
1	Contactora	NC1-2510
8	Borneras para riel din	
1	Riel din	50cm
1	Caja galvánica de proyectos	30*30*15cm
1	Caja de paso	15*15*10cm

IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA

b) Instalación del motor monofásico.

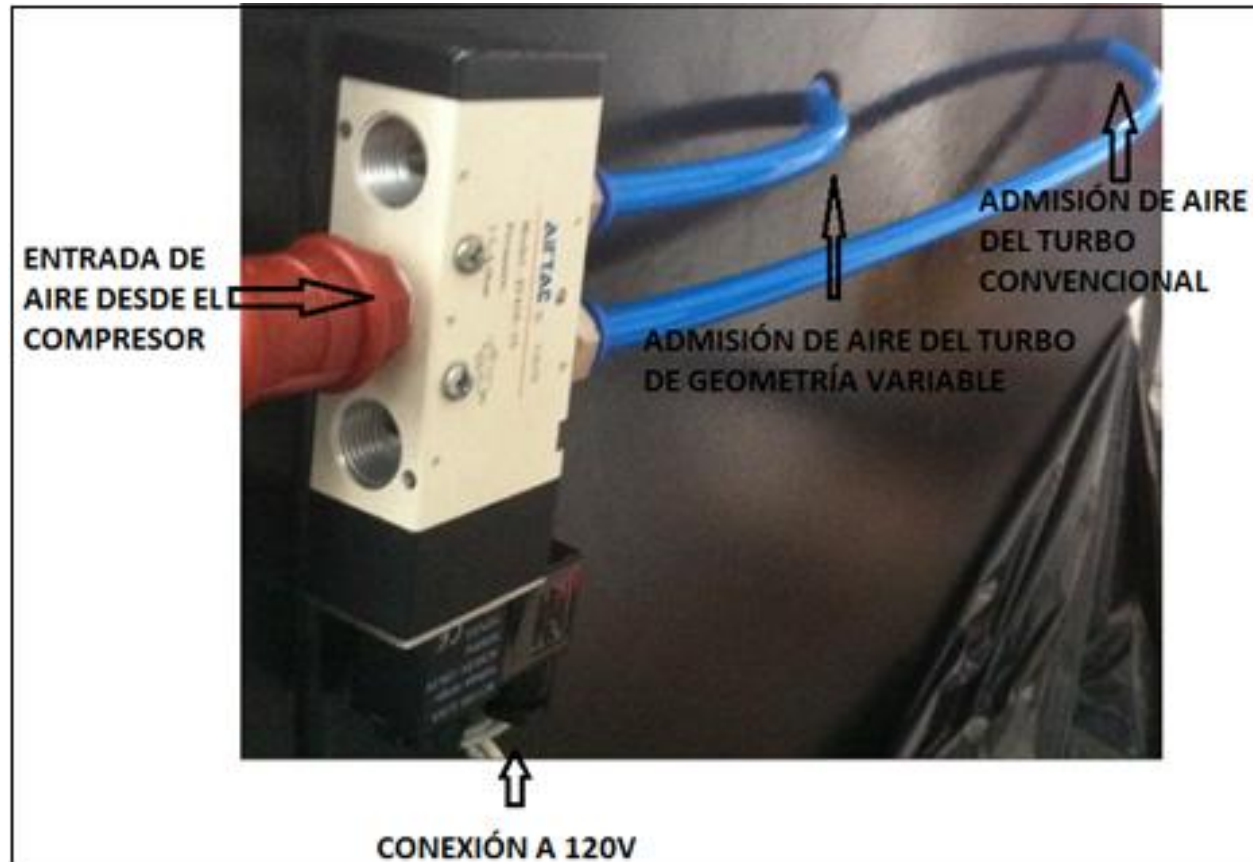


c) Control y protección del motor.



IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA

d) Control del flujo de aire



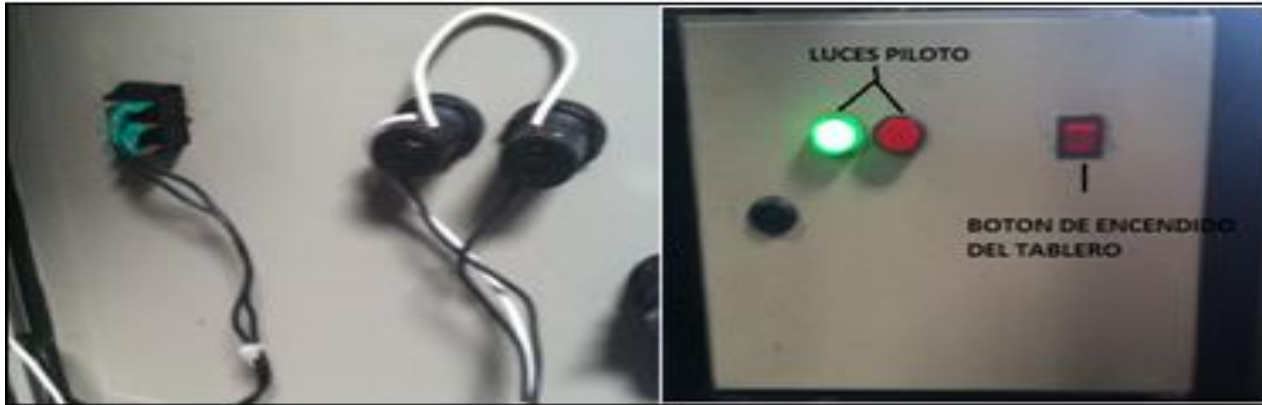
IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

- a) Selección de elementos electrónicos

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	PLC S7-1200	6ES7212-1BD30-OXBO
1	Módulo de señales	6ES7232-4HB32-OXBO
1	Convertidor de presión del VTG	A000 545 05 27
3	Transmisor MAP	A005 153 72 28
1	Tarjeta de acondicionamiento	

IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

- c) Instalación de elementos en la caja de control



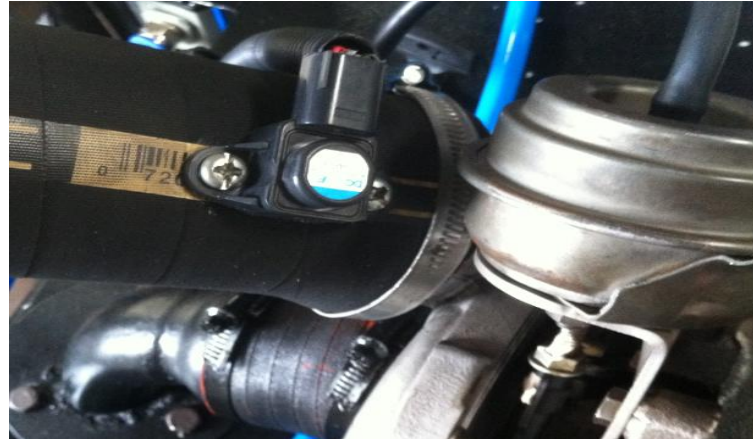
IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

- d) Instalación del convertidor de presión del VTG



IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

- e) Instalación de los sensores MAP



PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

- **a) Diseño de la interfaz HMI**

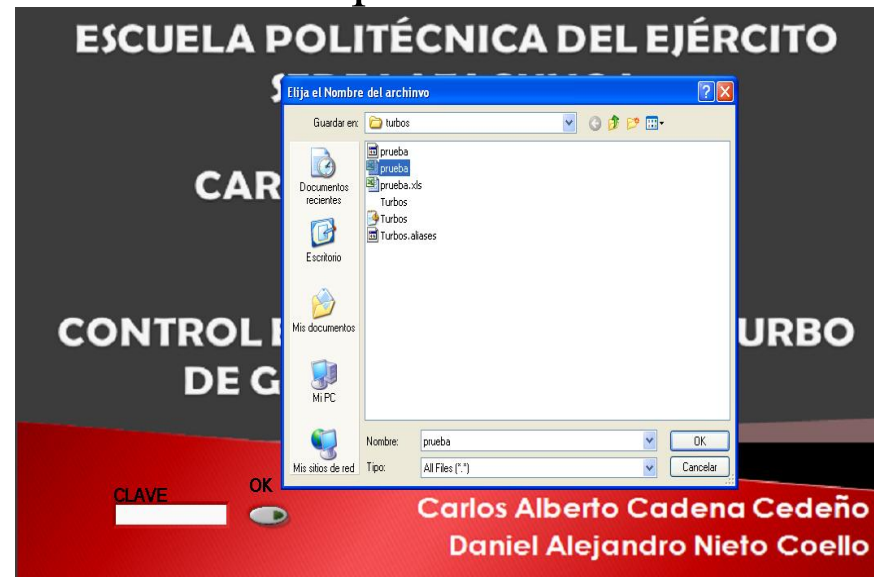
Para lograr una buena interacción con el usuario, se utiliza una pantalla HMI diseñada en LABVIEW, en ella se van a desplegar todas las páginas que contienen las herramientas (botones, indicadores digitales de presión, barras de texto, títulos, indicaciones, gráficas).



PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

- a) **Diseño de la interfaz HMI**

Como pantalla principal se tiene un cuadro de diálogo que indica donde se guarda los archivos que se miden con el programa para poder manipular estos archivos en EXCEL. La pantalla inicial del programa pide una clave, al introducir la clave y presionar OK, el proceso va a comenzar,



PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

- a) Diseño de la interfaz HMI

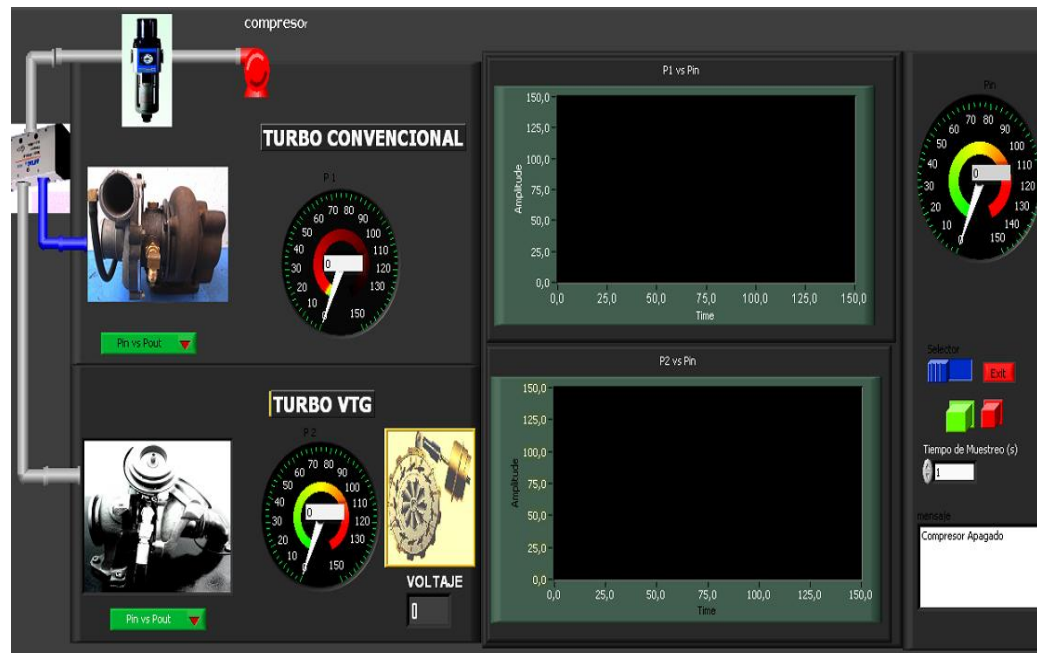
Direccionado el archivo donde se guardan los datos obtenidos durante el proceso, se ingresa a la pantalla general que controla la gestión de adquisición de datos de los turbos.



PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

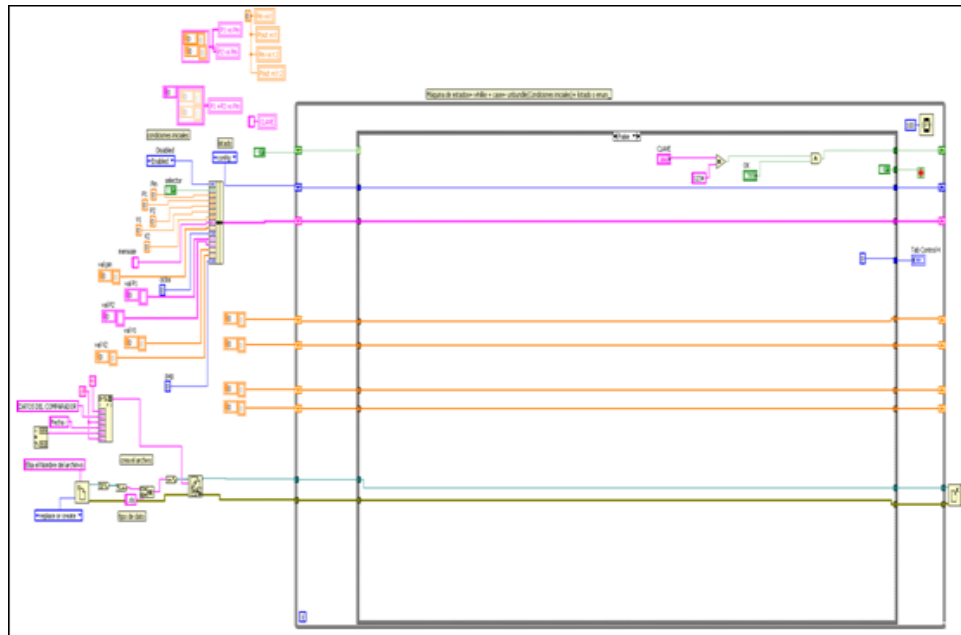
- a) Diseño de la interfaz HMI

Mientras tomamos los datos, el programa cuenta con dos pantallas en las cuales aparecerán la diferentes gráficas del proceso y al final presenta una gráfica de comparación de rendimientos entre los turbos.



PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

- **b) Diagrama de Bloques.** Como el programa empieza leyendo de izquierda a derecha, los bloques y sentencias en esta posición son las condiciones iniciales, ya que una vez que el programa entra al lazo “while” no sale de éste hasta dar el comando indicado, es decir, el botón de stop.



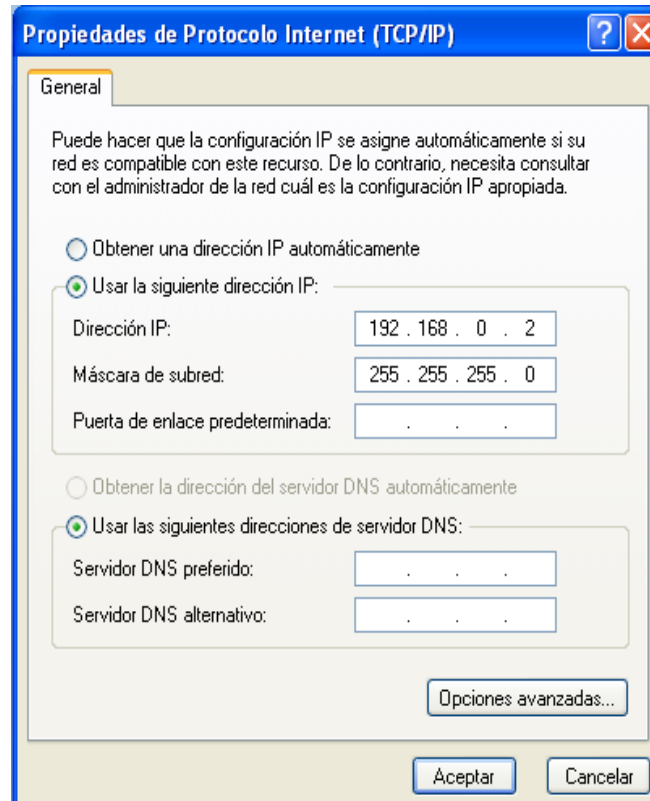
OPERACIÓN DEL TABLERO

- Conectamos la computadora con un cable de red al tablero, por la parte lateral derecha donde se encuentra el conector.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Cambiamos el IP del protocolo de la computadora para que exista la comunicación con el PLC del tablero.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Conectamos el tablero al compresor de aire, observando que no existan fugas.



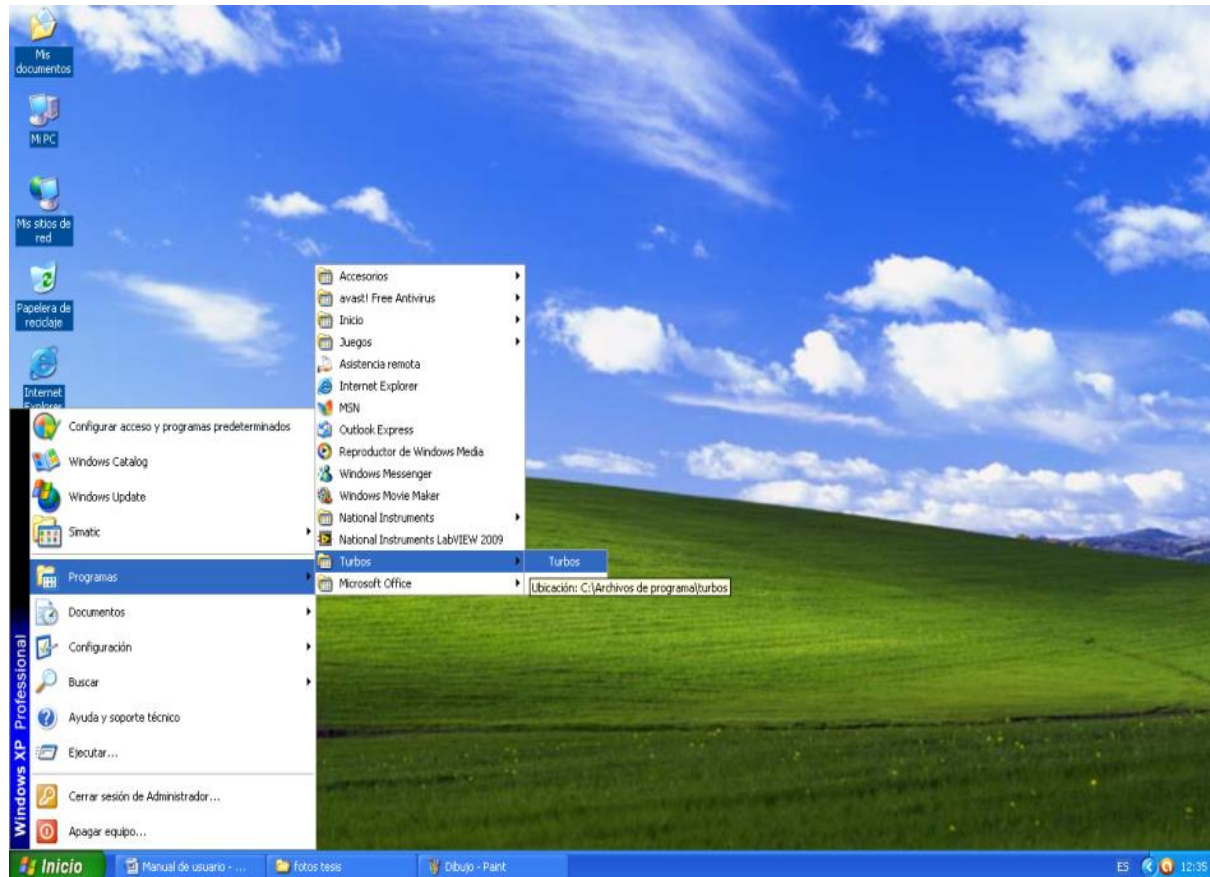
OPERACIÓN DEL TABLERO

- Verificamos la conexión de alimentación del motor y de la caja de control, cuyos cables se encuentran en la parte posterior del tablero, seguido de esto encendemos el tablero, para esto tenemos el botón de encendido en la caja de control.



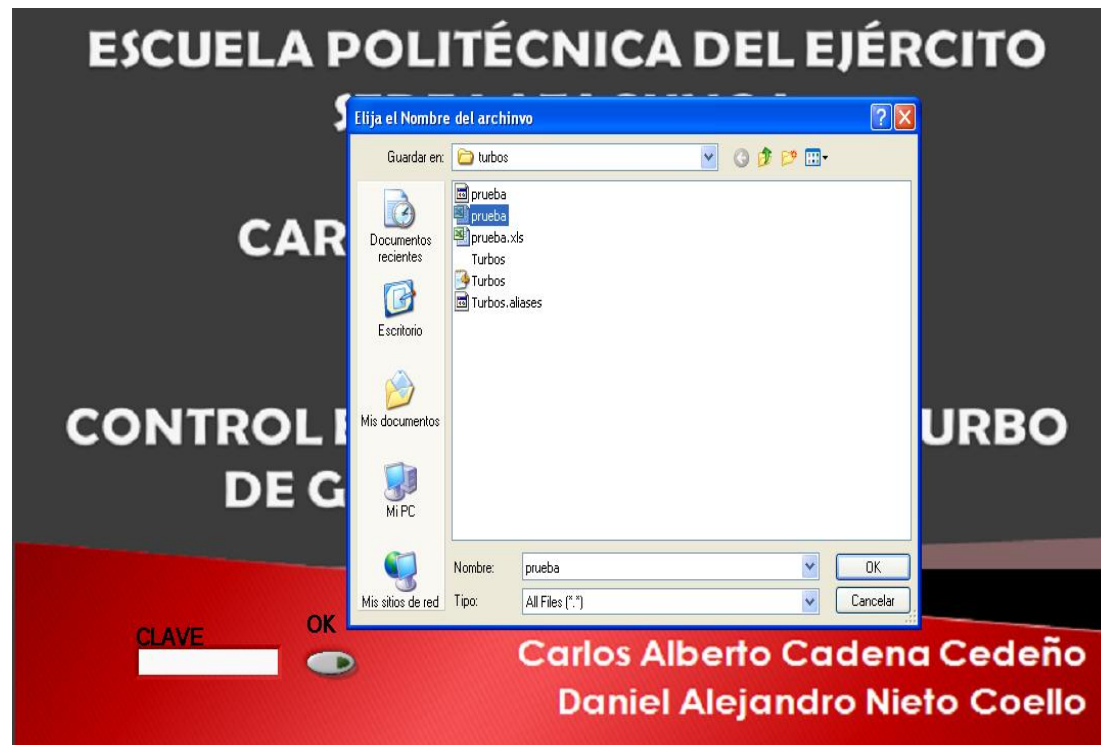
OPERACIÓN DEL TABLERO

- Abrimos el programa haciendo doble clic en el icono turbos.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Aparecerá una pantalla donde deberá poner el nombre del archivo de Excel donde se guardaran los datos y las gráficas de las prácticas y simulaciones que hagamos. Después haga clic en OK.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Cuando aparezca la pantalla de bienvenida y presentación del programa, en la parte inferior derecha debe escribir la clave de ingreso y hacer clic en OK.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Aparecerá la pantalla de control del tablero, donde podrá realizar las simulaciones de los turbos, realizar prácticas, guardar los datos y ver las gráficas del rendimiento de los turbos.



OPERACIÓN DEL TABLERO

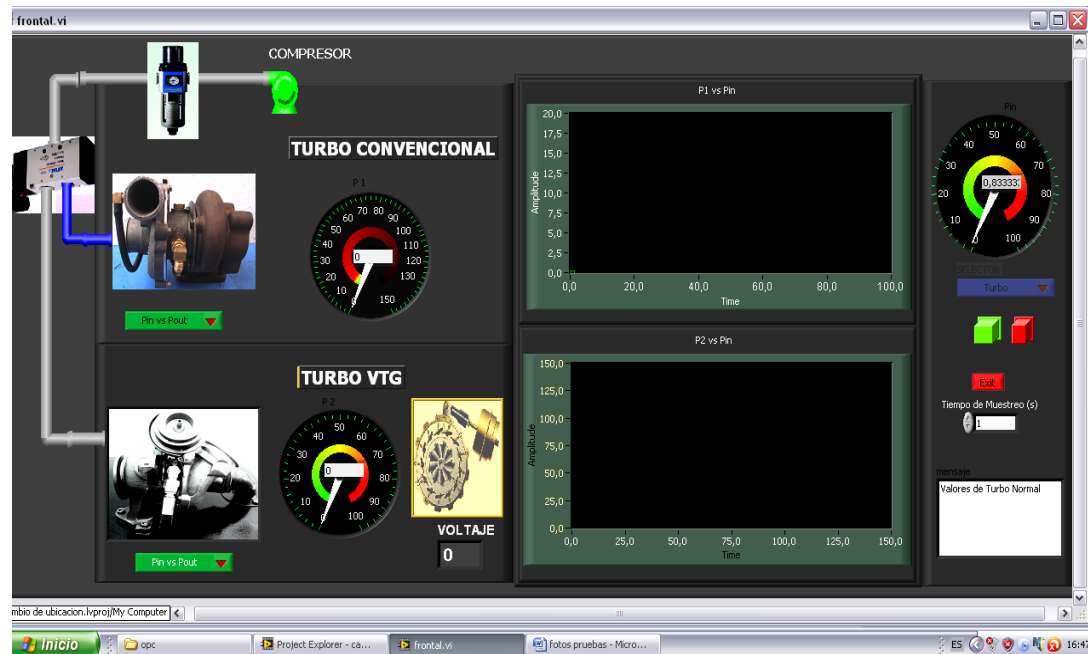
Pruebas con el Turbo convencional

- Debemos elegir cual turbo va a funcionar, esto lo hacemos dando clic en la parte del “SELECTOR” y se despliega la pestaña con las opciones de los 2 turbos, recomendamos hacer primero la prueba con el turbo convencional.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Hacemos la elección, el compresor cambia de estado (color verde: encendido), y también nos indica por donde va a pasar el flujo poniéndose de color azul la cañería, en la pantalla de “MENSAJE” nos muestra la elección.



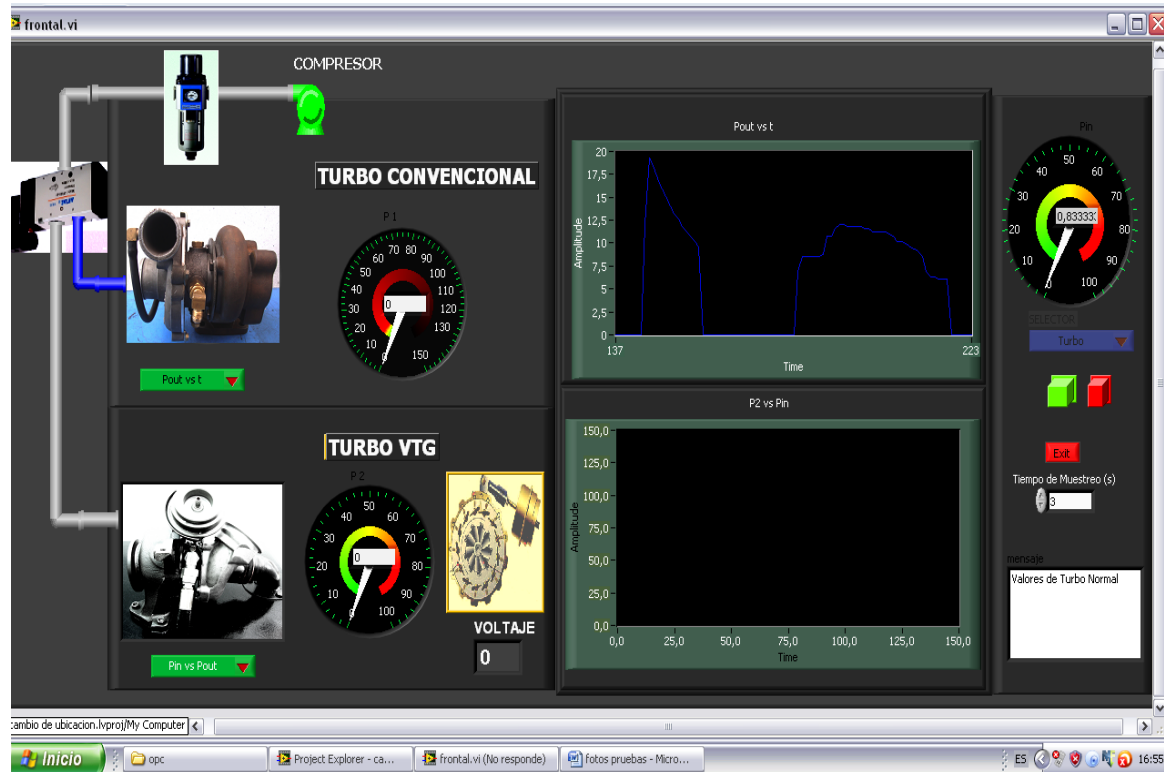
OPERACIÓN DEL TABLERO

- Debemos manipular el filtro regulador del flujo, haciendo pasar más o menos aire, teniendo en cuenta la capacidad del compresor, esto simulará los gases de escape y harán funcionar el turbo elegido.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Observamos que los manómetros comienzan a indicar valores de presión y también obtenemos las gráficas de funcionamiento en nuestra pantalla.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Mientras adquirimos los valores podemos ir manipulando la gráfica que queremos observar, para ello contamos con una pestaña en la parte izquierda de nuestra pantalla, al dar clic sobre ésta se despliegan las opciones de las gráficas que podemos elegir.



OPERACIÓN DEL TABLERO

Pruebas con el Turbo de geometría variable

- Realizada la prueba con el turbo convencional elegimos el turbo de geometría variable, cambia la dirección de flujo de aire, y en la pantalla de “MENSAJE” nos muestra que debemos activar el motor.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Cuando se activa el motor, éste hará trabajar la bomba de vacío, necesaria para que funcione la geometría variable correctamente, luego debemos manipular el filtro regulador del flujo como con el turbo convencional, y tomaremos los valores.



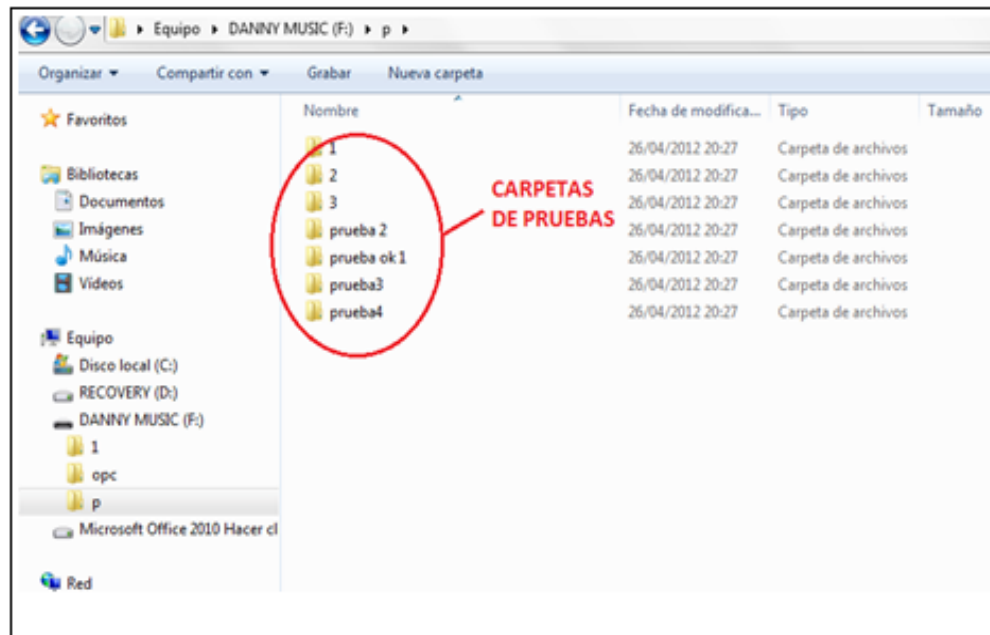
OPERACIÓN DEL TABLERO

- Cuando terminamos de tomar los valores, paramos el motor dando clic en el botón rojo de “STOP”.



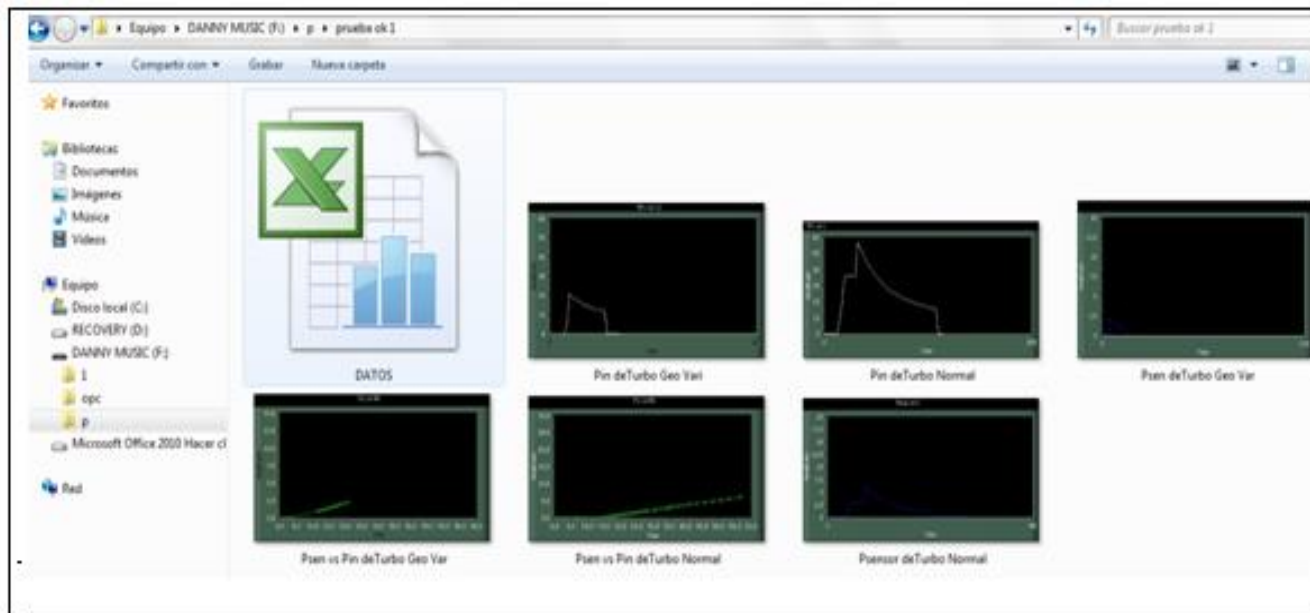
OPERACIÓN DEL TABLERO

- Cuando hemos terminado de adquirir los datos y queremos salir del programa, damos clic en “EXIT”, automáticamente se crea una carpeta donde se han guardado todas las gráficas de la práctica como imágenes conjunto con el archivo de Excel con los valores adquiridos.



OPERACIÓN DEL TABLERO

- Abrimos la carpeta y observamos las gráficas y el archivo de Excel con los datos, podemos hacer uso de éstos a conveniencia para realizar un análisis más profundo y también para realizar las guías de prácticas.



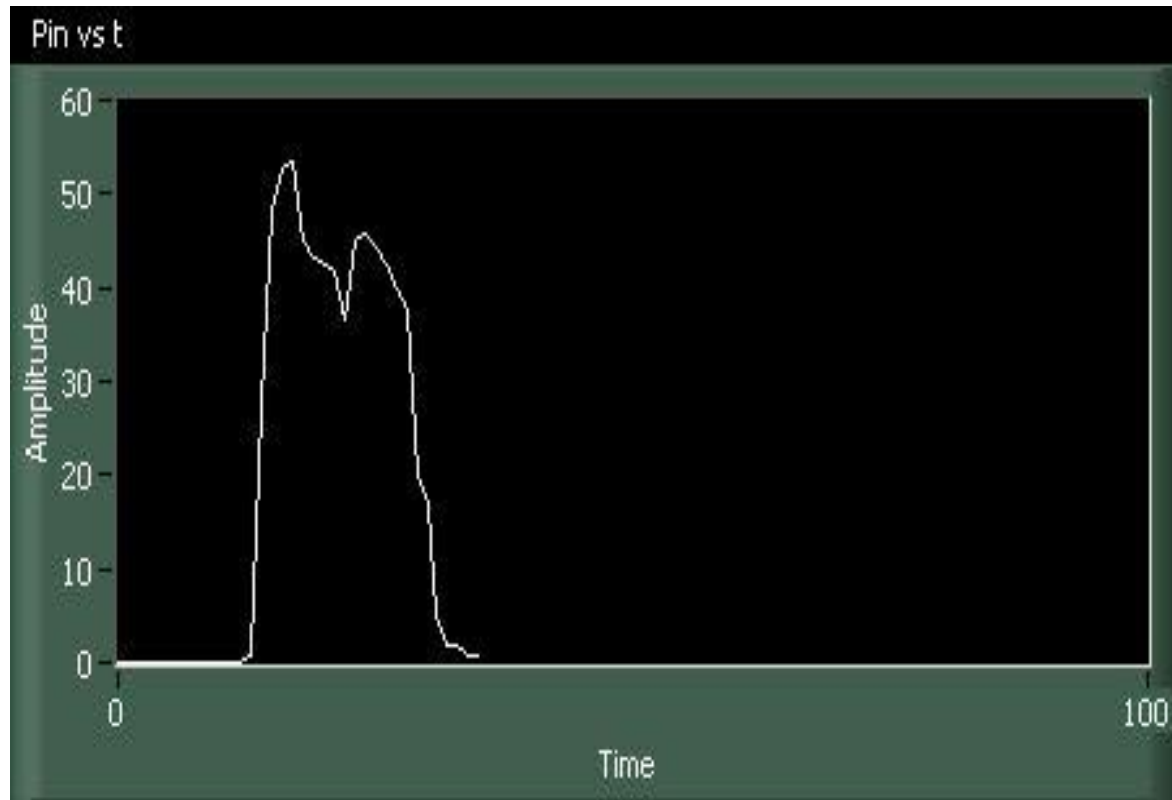
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- **TURBO CONVENCIONAL**

Pin(psi)	Pout(psi)	Tiempo(hh:mm)
0	0	20:14
3	34	20:14
5	48	20:14
9	74	20:14
7	64	20:14
3	38	20:14
6	58	20:14
6	56	20:14
5	52	20:14
5	48	20:14
4	45	20:14
4	43	20:14
4	41	20:14
3	39	20:14
3	32	20:15
0	15	20:15
3	35	20:15
3	33	20:15
2	32	20:15

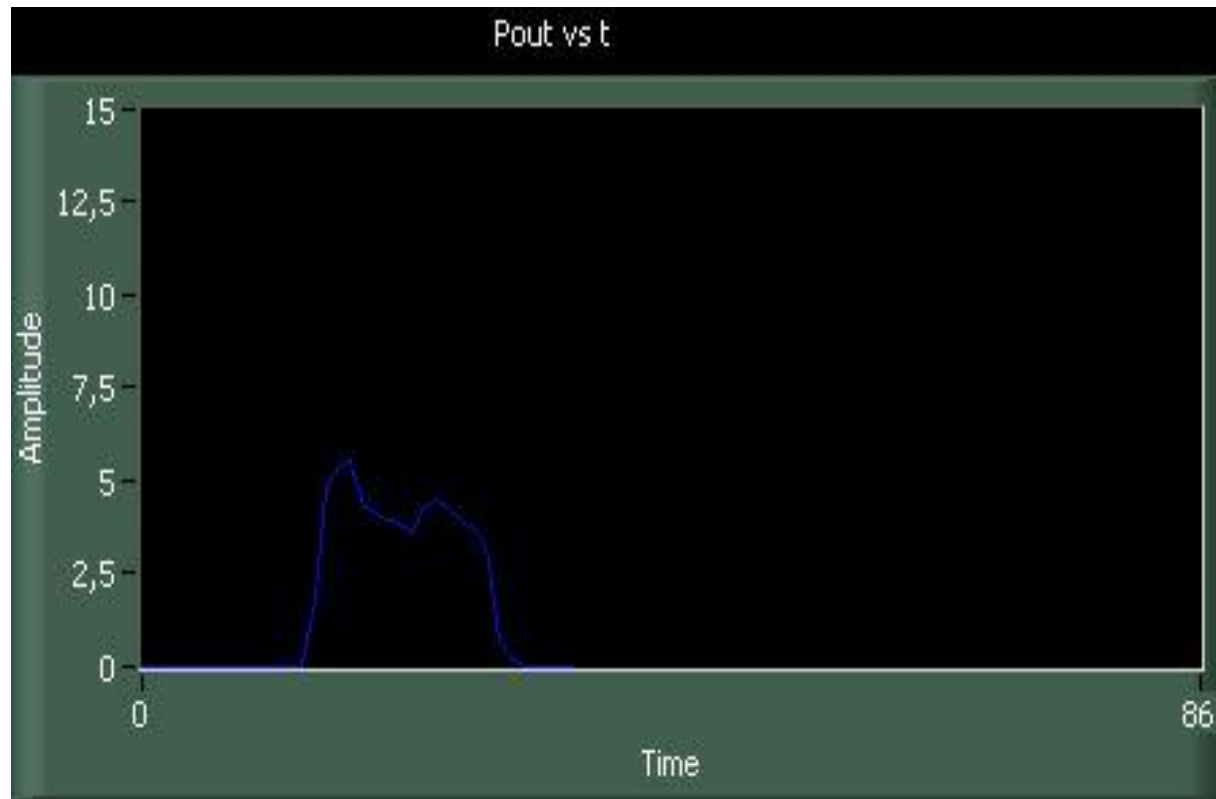
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- Gráfica Pin vs t



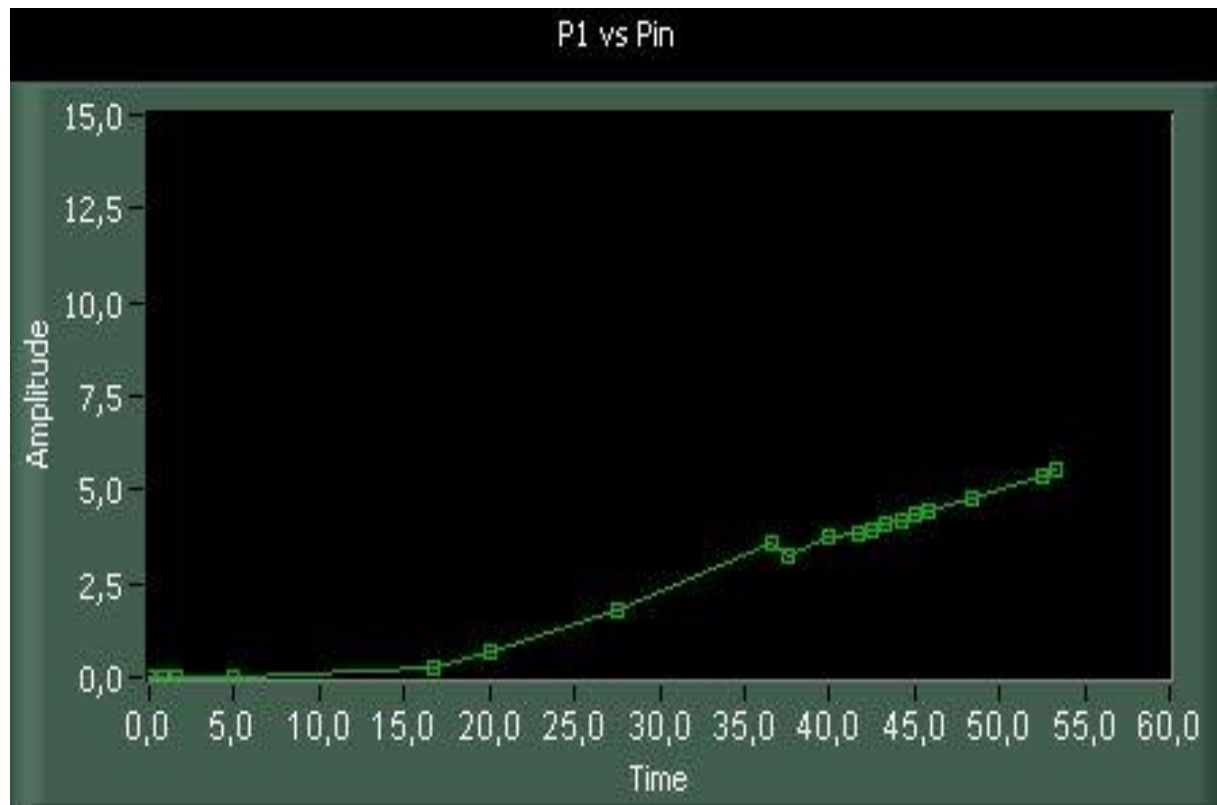
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- Gráfica Pout vs t



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- Gráfica Pout vs Pin



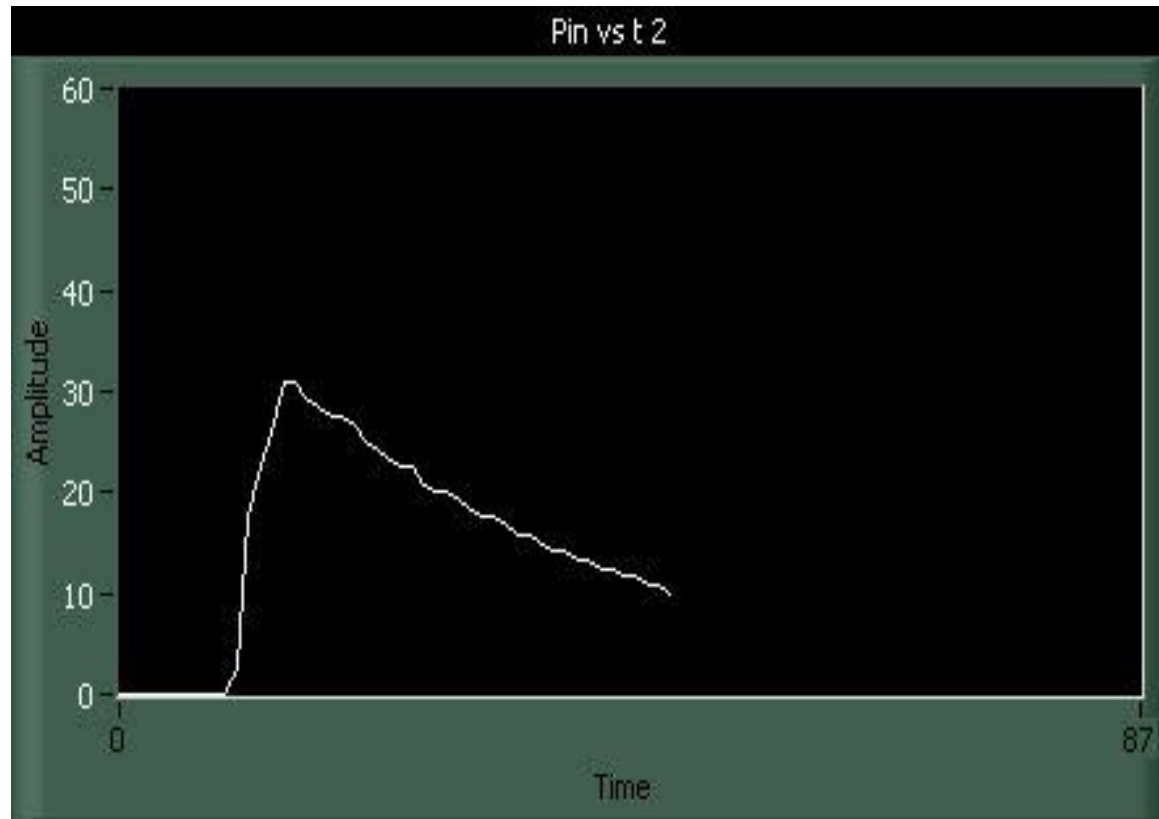
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- **VTG.**

Pin(psi)	Pout(psi)	Tiempo(hh:mm)
0	0	20:23
2	0	20:23
18	0	20:23
22	2	20:23
26	3	20:23
31	4	20:23
29	4	20:23
28	3	20:23
27	3	20:23
25	3	20:23
24	3	20:23
23	2	20:23
22	2	20:24
21	2	20:24
20	2	20:24
19	2	20:24
18	2	20:24
17	1	20:24
16	1	20:24
15	1	20:24
14	1	20:24
13	1	20:24

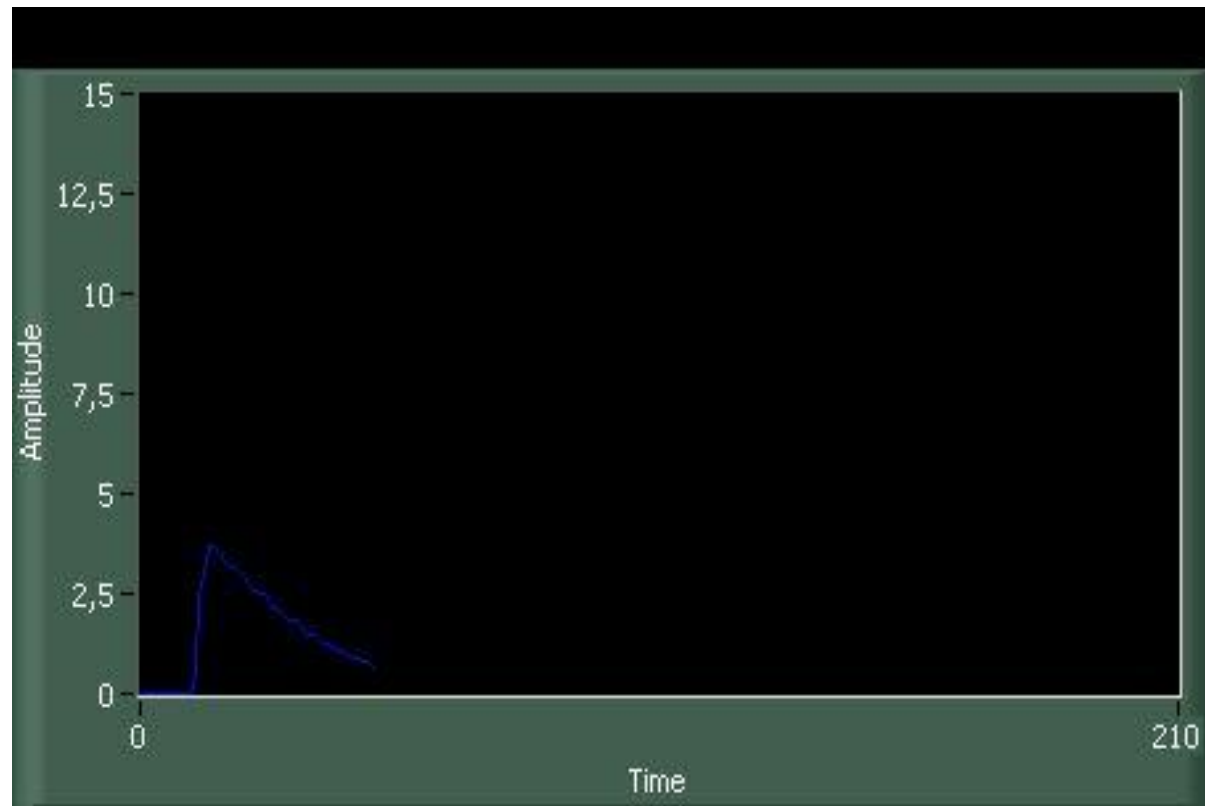
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- Gráfica Pin vs t



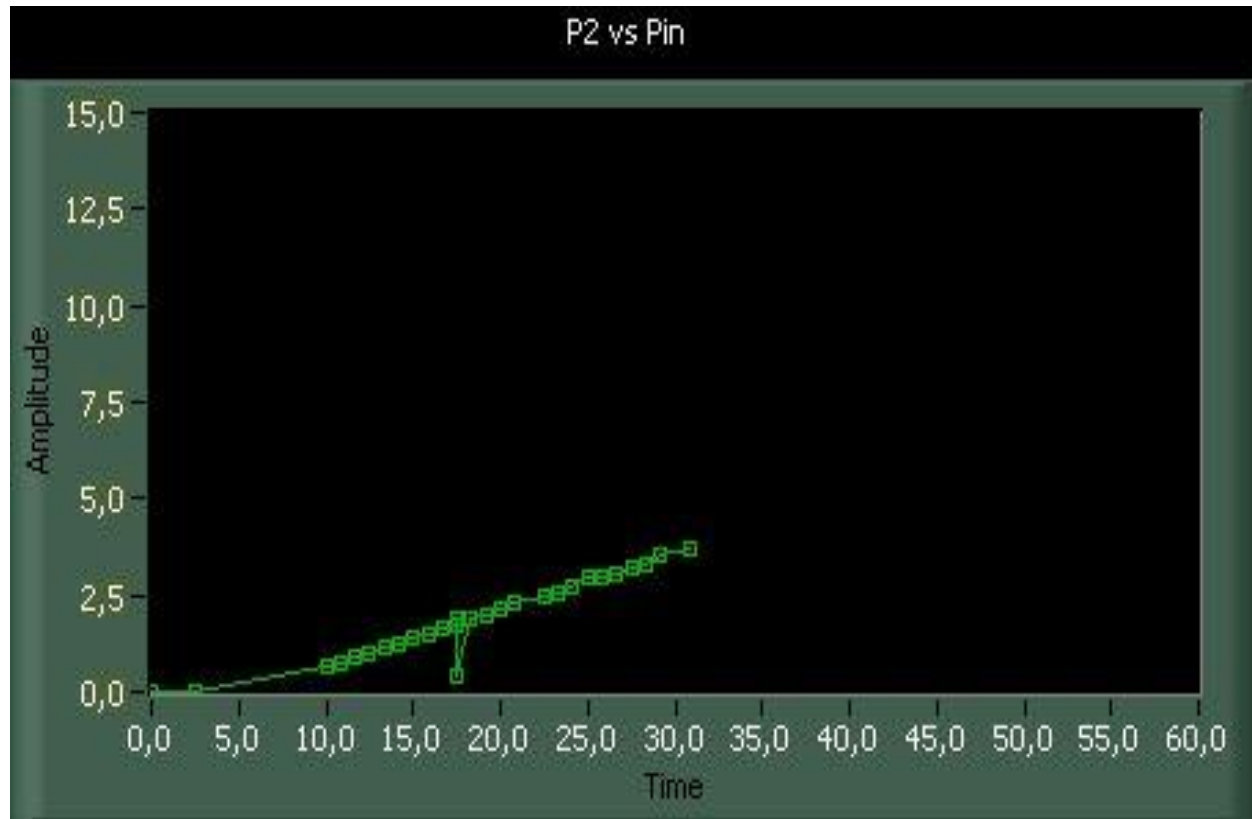
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- Gráfica Pout vs t



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TABLERO DIDÁCTICO

- Gráfica Pout vs Pin



ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. En la gráfica P_{in} vs t para ambos casos del turbo convencional y turbo VTG son correctos; además de tener un rango de 0Psi a 60Psi aproximadamente que es lo que nos proporciona el compresor utilizado para la simulación.
2. En la gráfica P_{out} vs t comienza en 0Psi y empieza a subir al mismo tiempo en que la P_{in} es lo suficiente para que la simulación o movimiento de los turbos comience.
3. En la gráfica P_{out} vs P_{in} del turbo convencional, la presión de salida se mantiene constante (0Psi) hasta que la presión de entrada llegue aproximadamente a 15Psi donde empieza el trabajo del mismo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

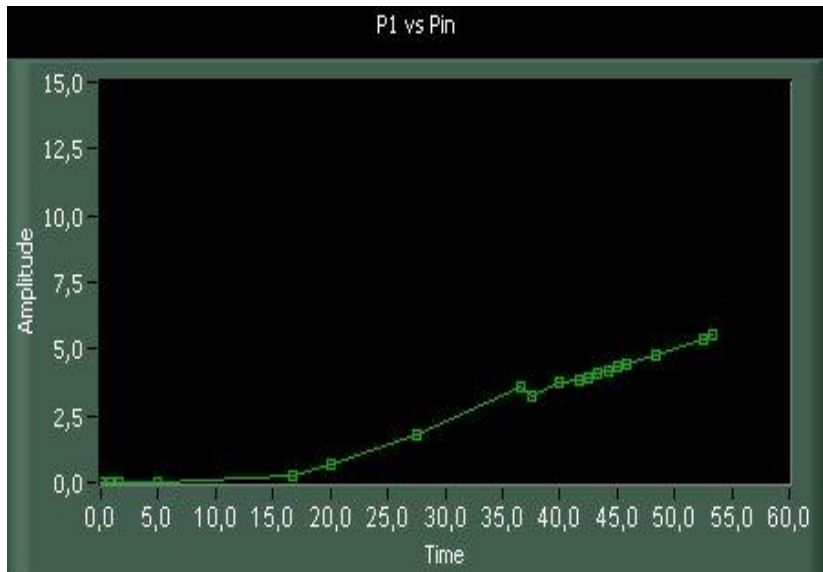
4. En la gráfica P_{out} vs P_{in} del turbo VTG, la presión de salida se mantiene constante (0Psi) hasta que la presión de entrada llegue aproximadamente a 5Psi donde empieza el trabajo del mismo.
5. Con todas las gráficas estamos con todos los datos necesarios para realizar las comparaciones de funcionamientos de ambos turbos, de acuerdo a los parámetros utilizados.

COMPARACIÓN DEL TURBO CONVENCIONAL Y EL VTG

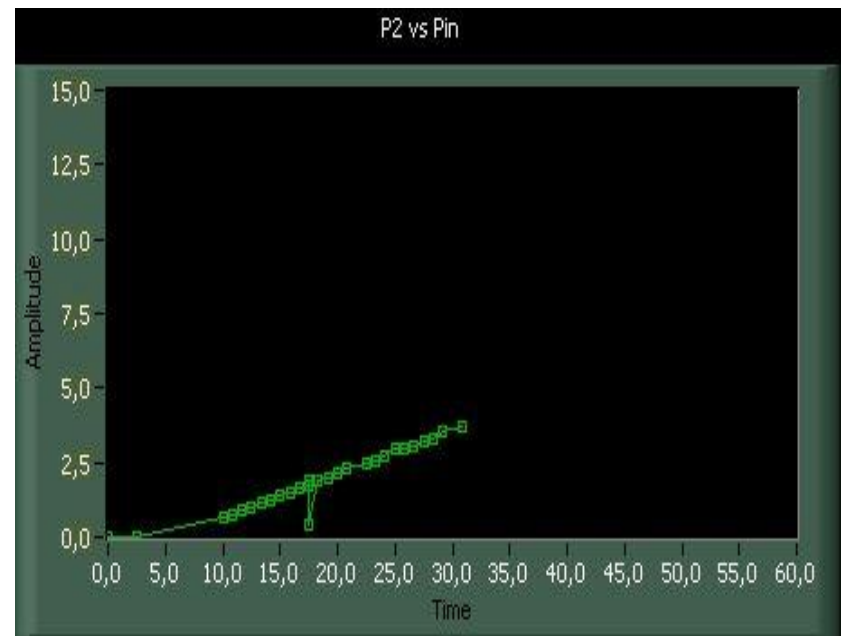
- El turbo convencional tiene una respuesta de presión a los 15psi de entrada de presión aproximadamente, en todas las pruebas, así mismo el VTG tiene una respuesta de presión a los 5psi aproximadamente. Con este valor es muy claro darnos cuenta que el VTG reacciona con una entrada de aire mucho menor que el turbo convencional, esto se debe a la ventaja de la geometría variable.

COMPARACIÓN DEL TURBO CONVENCIONAL Y EL VTG

Turbo convencional



VTG



La presión máxima no debe sobrepasar los 0,9 bar (13psi) en los turbos convencionales y 1,2 (17psi) en los VTG, de acuerdo a las características constructivas.

FIN DE LA PRESENTACIÓN

MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN!!!