ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN - LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

Tesis presentada como requisito previo para la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

CARLOS ALBERTO CADENA CEDEÑO

DANIEL ALEJANDRO NIETO COELLO

Latacunga, Junio del 2012

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo titulado **"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO PARA UN TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE EN UN TABLERO DIDÁCTICO"** fue desarrollado por CARLOS ALBERTO CADENA CEDEÑO y DANIEL ALEJANDRO NIETO COELLO, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Latacunga, Junio del 2012.

_____

Ing. GERMÁN ERAZO

DIRECTOR DE TESIS

_____

Ing. LUIS MENA

CODIRECTOR DE TESIS

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Germán Erazo (DIRECTOR),

Ing. Luis Mena (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO PARA UN TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE EN UN TABLERO DIDÁCTICO"**ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: CARLOS ALBERTO CADENA CEDEÑO y DANIEL ALEJANDRO NIETO COELLO, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Junio del 2012.

_____	_____
Ing. Germán Erazo	Ing. Luis Mena
DIRECTOR	CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Carlos Alberto Cadena Cedeño

Daniel Alejandro Nieto Coello

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado: **"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO PARA UN TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE EN UN TABLERO DIDÁCTICO"**ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de ingeniería en mención.

Latacunga, Junio del 2012.

_____	_____
Carlos A. Cadena C.	Daniel A. Nieto C.
C.I. 171438403-7	C.I. 171438127-2

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Carlos Alberto Cadena Cedeño

Daniel Alejandro Nieto Coello

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO PARA UN TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE EN UN TABLERO DIDÁCTICO"**cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio del 2012.

_____	_____
Carlos A. Cadena C.	Daniel A. Nieto C.
C.I. 171438403-7	C.I. 171438127-2

DEDICATORIA

Dedico el cumplimiento de esta tesis:

A mi madre, ya que sin su apoyo incondicional, sus consejos y su infinito amor, no lo hubiese logrado.

A mi hermano, que estuvo conmigo, aunquea vecesya no me decía.

A las personas que estuvieron conmigo, ya que nunca dejaron de alentarme y ayudarme en lo que necesitaba.

A las personas que no creían en mí, ya que con eso me dieron más ganas de lograr todo lo que me proponga.

Carlos Cadena

DEDICATORIA

Dedico el cumplimiento de este sueño:

A Dios, promotor de mis sueños y esperanzas,
dueño de mis talentos y creador del
mundo para poder soñar y crecer en él.

A mi madre, a quien le debo la oportunidad de
existir en este tiempo y espacio, te amo por
sobre todas las cosas. Eres la parte más importante
de mi vida.

A mis hermanos, son una parte muy importante
en mi vida y su ejemplo ha sido fundamental para
formarme íntegramente, éste es un regalo
con mucho cariño

Daniel Nieto

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me dió la fe, la fortaleza, la sabiduría yla salud para terminar este trabajo.

A mi madre, quien me enseño desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas, a ser inteligente y a ser una persona de bien con su gran amor. Mi triunfo es tuyo.

A mi padre, que desde el cielo debe estarenviándome sus bendiciones y empujones para que todome vaya bien en mi vida. ¡Gracias!

A mi hermano, quien a su manera me ayudo y me impulso, aunque sus palabras no lo demostraran. Sigue adelante.

A mi amigos, ya que sin ellos no hubiese conocido lo bueno y lo malo de vida. "Vale más cualquier amigo….".

A las personas especiales, que directa o indirectamente me ayudaron más que cualquiera que yo hubiese esperado. No los olvidare.

A mis profesores, que me impartieron todo su conocimiento y experiencia para llegar a este momento.

Carlos Cadena

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme
sabiduría durante todo este tiempo,
y la paciencia necesaria para culminar con este proyecto.

A mi madre por su apoyo, comprensión y gran amor
el cual me dió la fuerza para cumplir con este objetivo,
que me hace sentir tan feliz como a ti,
gracias por asegurarme que podría crecer y alcanzar el éxito
en cualquier cosa que me propusiera
si creía en mí de la misma manera en que tú lo hacías.
Te debo todo lo que soy ahora.

A mis hermanos, por siempre haberme
brindado su fuerza y apoyo incondicional.

A mis amigos, los que me alentaron y también dieron
su apoyo para alcanzar esta meta.

Y a mis profesores quienes me impartieron
su conocimiento, especialmente a mi director
y codirector de tesis.

Daniel Nieto

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN ii
CERTIFICADO iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD iv
AUTORIZACIÓN v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO viii
ÍNDICE GENERAL x
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE FIGURAS xv
RESUMEN xix
PRESENTACIÓN xx

CAPÍTULO 1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 1
1.3 OBJETIVOS 2
1.3.1 General 2
1.3.2 Específicos 2
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 2

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO 4
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4
2.2 TURBOCOMPRESOR CONVENCIONAL 5
2.2.1 Ciclos de funcionamiento 6
2.2.2 Constitución 7
2.2.3 Regulación de la presión 7
2.2.4 Temperatura de funcionamiento 9
2.2.5 Lubricación del turbo 10
2.3 TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE 11
2.3.1 Funcionamiento 11

2.3.2 Gestión electrónica de la presión 13
2.3.3 Componentes 14
2.3.4 Tipos 15
2.3.5 Parámetros de rendimiento 17
a) Presión 17
b) Revoluciones 17
c) Temperatura 17
2.4 SENSORES 17
2.4.1 Concepto 17
2.4.2 Tipos 18
a) Sensores de presión de aire 18
2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) 19
2.5.1 Funciones 19
2.5.2 Estructura 20
a) Unidad central de proceso (CPU) 21
b) Memoria 21
c) Sistema de entradas y salidas 21
2.5.3 Funcionamiento 22
2.5.4 Programar la memoria de un PLC 23

CAPÍTULO 3.- PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS 24
3.1 HIPÓTESIS 24
3.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN 24
3.2.1 Variable independiente 24
3.2.2 Variable dependiente 24
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 25

CAPÍTULO 4.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 26
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 26
4.1.1 La investigación científica 26
a) Exploratoria 26
b) Descriptiva 26

c) Explicativa 26
4.2 PRUEBA PILOTO 27
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 29
4.4 POBLACIÓN 30
4.5 MUESTRA 30
4.6 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO 31
4.7 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS 32
4.8 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS 32
4.9 ESQUEMA DE LA PROPUESTA 36
4.9.1 ESTRUCTURA DEL TABLERO DIDÁCTICO 37
a) Selección de materiales para la estructura 37
b) Diseño y ensamble de la estructura 37
4.9.2 DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA 44
a) Selección de elementos mecánicos 44
b) Preparación de la estructura para instalar los turbos 45
c) Instalación de los turbos 46
d) Sistema de lubricación de los turbos 48
e) Diseño y ensamble el recipiente de aceite 49
f) Bomba de vacío 51
g) Regulación del flujo de aire del compresor a los turbos 51
4.9.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA 52
a) Selección de elementos eléctricos 52
b) Instalación el motor monofásico 53
c) Control y protección del motor 54
d) Control del flujo de aire 54
4.9.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA 55
a) Selección de elementos electrónicos 55
b) Diseño del esquema de la caja de control 56
c) Instalación de elementos en la caja de control 56
d) Instalación del convertidor de presión del VTG 58
e) Instalación de los sensores MAP 59
4.9.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC 61

a) Abrir aplicación 61
b) Crear proyecto nuevo 61
c) Información del proyecto 62
d) Primeros pasos 62
e) Seleccionar CPU 63
f) Configuración de hardware 63
g) Transferir configuración 64
4.9.6 PROGRAMACIÓN DEL S7-1200 67
a) Editor de bloques 67
b) Transferir programa 69
c) Visualización on-line 70
4.9.7 PROGRAMACIÓN EN LABVIEW 71
a) Diseño de la interfaz HMI 71
b) Diagrama de bloques 73
4.9.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO 79
4.9.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS 92
4.9.10 COMPARACIÓN ENTRE EL TURBO CONVENCIONAL Y VTG 93

CAPÍTULO 5.- MARCO ADMINISTRATIVO 95
5.1 RECURSOS 95
Humanos 95
Físicos 95
Materiales 95
Tecnológicos 95
5.2 CRONOGRAMA 95
5.3 PRESUPUESTO 96

CONCLUSIONES 99
RECOMENDACIONES 100
BIBLIOGRAFÍA 101
ANEXOS 103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Operacionalización de variable dependiente 25
Tabla 3.2 Operacionalización de variable independiente 25
Tabla 4.1 Variables para muestra finita con datos tomados 30
Tabla 4.2 Materiales para la estructura 37
Tabla 4.3 Elementos mecánicos 44
Tabla 4.4 Acoples hidráulicos y mangueras 44
Tabla 4.5 Pernos y tuercas de montaje 45
Tabla 4.6 Elementos eléctricos 53
Tabla 4.7 Elementos electrónicos 55
Tabla 4.8 Datos de pruebas de turbo convencional 1 79
Tabla 4.9 Datos de pruebas VTG 1 81
Tabla 4.10 Datos de pruebas de turbo convencional 2 84
Tabla 4.11 Datos de pruebas VTG 2 86
Tabla 4.12 Datos de pruebas de turbo convencional 3 88
Tabla 4.13 Datos de pruebas VTG 3 90
Tabla 4.14 Presupuesto elementos para la estructura 96
Tabla 4.15 Presupuesto elementos mecánicos 96
Tabla 4.16 Presupuesto acoples hidráulicos y mangueras 97
Tabla 4.17 Presupuesto pernos y tuercas de montaje 97
Tabla 4.18 Presupuesto elementos eléctricos 98
Tabla 4.19 Presupuesto elementos electrónicos 98
Tabla 4.20 Presupuesto total 98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Flujo de formulación del problema 1
Figura 2.1 Esquema del flujo de aire en un turbo convencional 6
Figura 2.2 Partes de un turbo convencional 7
Figura 2.3 Esquema de la válvula de descarga o wastegate 8
Figura 2.4 Temperaturas de funcionamiento del turbo convencional 9
Figura 2.5 Circuito de engrase de un turbocompresor convencional 10
Figura 2.6 Sistema de mando de la geometría variable 11
Figura 2.7 Posición de los álabes según el número de r.p.m.del motor 12
Figura 2.8 Esquema del circuito de control de la presión para un VTG 14
Figura 2.9 Componentes de un VTG 15
Figura 2.10 VTG auto controlado por presión 15
Figura 2.11 VTG controlado por vacío 16
Figura 2.12 VTG controlado eléctricamente 16
Figura 2.13 Esquema de entradas y salidas de un sensor 18
Figura 2.14 Sensor de presión de aire 18
Figura 2.15 Circuito del sensor de presión de aire 19
Figura 2.16 Estructura de un PLC 20
Figura 4.1 Resultado encuesta realizada pregunta 1 32
Figura 4.2 Resultado encuesta realizada pregunta 2 32
Figura 4.3 Resultado encuesta realizada pregunta 3 33
Figura 4.4 Resultado encuesta realizada pregunta 4 34
Figura 4.5 Resultado encuesta realizada pregunta 5 34
Figura 4.6 Resultado encuesta realizada pregunta 6 35
Figura 4.7 Resultado encuesta realizada pregunta 7 35
Figura 4.8 Resultado encuesta realizada pregunta 8 36
Figura 4.9 Corte y medidas de ángulos para bases de la estructura 38
Figura 4.10 Dirección de acople de ángulos 38
Figura 4.11 Suelda de base de estructura 39
Figura 4.12 Medidas y dirección de ensamble del tubo cuadrado 39
Figura 4.13 Suelda y terminación de estructura 40

Figura 4.14 Cortes y medidas de la plancha superior del tablero 40
Figura 4.15 Cortes y medidas de la plancha lateral del tablero 41
Figura 4.16 Cortes y medidas de la plancha posterior del tablero 41
Figura 4.17 Cortes y medidas de la plancha inferior del tablero 42
Figura 4.18 Dirección de ensamble de la estructura 42
Figura 4.19 Suelda para ensamble de la estructura 43
Figura 4.20 Estructura final 43
Figura 4.21 Orificios de ensamble para turbos 46
Figura 4.22 Acople de admisión de aire para turbos 46
Figura 4.23 Instalación de turbos 47
Figura 4.24 Acoples de presión y retorno de aceite delturbo convencional 48
Figura 4.25 Acoples de presión y retorno de aceite del VTG 48
Figura 4.26 Medidas y suelda del recipiente de aceite 49
Figura 4.27 Recipiente de aceite 49
Figura 4.28 Acople de polea de bomba de aceite para motor monofásico 50
Figura 4.29 Acople para presión de bomba de aceite 50
Figura 4.30 Acople del motor a la bomba de vacío 51
Figura 4.31 Acople para el compresor 51
Figura 4.32 Filtro regulador de aire y electroválvula direccionadora de flujo 52
Figura 4.33 Instalación del motor monofásico 53
Figura 4.34 Instalación del contactor y guardamotor 54
Figura 4.35 Control del flujo de aire 55
Figura 4.36 Esquema de la caja de control 56
Figura 4.37 Instalación de luces piloto y botón de encendido deltablero 57
Figura 4.38 Instalación del PLC y cableado 57
Figura 4.39 Instalación de borneras y breaker 57
Figura 4.40 Instalación de tarjeta de acondicionamiento y cableado 58
Figura 4.41 Instalación del convertidor de presión del VTG 58
Figura 4.42 Instalación del sensor MAP de entrada 59

Figura 4.43 Instalación del sensor MAP de salida del VTG 60
Figura 4.44 Instalación del sensor MAP de salida del turbo convencional 60
Figura 4.45 Ejecutar aplicación 61
Figura 4.46 Crear proyecto nuevo 61
Figura 4.47 Informe del proyecto 62
Figura 4.48 Configurar equipo 62
Figura 4.49 Selección SIMATIC PLC 63
Figura 4.50 Selección CPU 63
Figura 4.51 S7-1200- Módulos de expansión 64
Figura 4.52 Insertar módulo 64
Figura 4.53 Ver propiedades – direccionamiento 65
Figura 4.54 Dar dirección IP al PG/PC 65
Figura 4.55 Dar dirección IP al S7-1200 66
Figura 4.56 Transferir configuración 66
Figura 4.57 Ventana de aceptación 67
Figura 4.58 Editor de bloques 67
Figura 4.59 Insertar instrucciones 68
Figura 4.60 Transferir el programa 69
Figura 4.61 Ventana de aceptación 69
Figura 4.62 Ponernos en on-line 70
Figura 4.63 Crear una tabla de observación 70
Figura 4.64 Pantalla inicial del programa 71
Figura 4.65 Ventana de inicio del programa 72
Figura 4.66 Pantalla de adquisición de datos 72
Figura 4.67 Pantalla de gráficas de datos 73
Figura 4.68 Condiciones iniciales del programa 74
Figura 4.69 Caso “configuración” 75
Figura 4.70 Caso “inicio” 75
Figura 4.71 Caso “adquirir” 76
Figura 4.72 Caso “analizar” 76
Figura 4.73 Caso “mostrar” 77

Figura 4.74 SubVI de gráficas 77
Figura 4.75 Caso “guardar” 78
Figura 4.76 Caso “extra” 78
Figura 4.77 Gráfica Pin vs t turbo convencional 1 80
Figura 4.78 Gráfica Pout vs t turbo convencional 1 80
Figura 4.79 Gráfica Pout vs Pin turbo convencional 1 81
Figura 4.80 Gráfica Pin vs t VTG 1 82
Figura 4.81 Gráfica Pout vs t VTG 1 82
Figura 4.82 Gráfica Pout vs Pin VTG 1 83
Figura 4.83 Gráfica Pin vs t turbo convencional 2 85
Figura 4.84 Gráfica Pout vs t turbo convencional 2 85
Figura 4.85 Gráfica Pout vs Pin turbo convencional 2 86
Figura 4.86 Gráfica Pin vs t VTG 2 87
Figura 4.87 Gráfica Pout vs t VTG 2 87
Figura 4.88 Gráfica Pout vs Pin VTG 2 88
Figura 4.89 Gráfica Pin vs t turbo convencional 3 89
Figura 4.90 Gráfica Pout vs t turbo convencional 3 89
Figura 4.91 Gráfica Pout vs Pin turbo convencional 3 90
Figura 4.92 Gráfica Pin vs t VTG 3 91
Figura 4.93 Gráfica Pout vs t VTG 3 91
Figura 4.94 Gráfica Pout vs Pin VTG 3 92
Figura 4.95 Gráfica Pout vs Pin comparación 93
Figura 4.96 Gráfica Pin vs t comparación 94

RESUMEN

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 altasrevoluciones, para ello se han desarrollado los turbocompresores de geometría variable.

Este proyecto se basa en la construcción de un equipo de entrenamiento con tecnología avanzada a bajo costo, que ayude en la formación técnica concerniente a turbos convencionales y turbos de geometría variable (VTG), y además nos permita comparar los parámetros de funcionamiento entre los mismos para determinar técnicamente su eficiencia.

El control electrónico para un turbo de geometría variable se compone de: un sistema de admisión de aire, para simular el funcionamiento en un vehículo, un sistema de lubricación para los elementos internos de los turbos, así también disponemos de un motor monofásico para activar la lubricación y el vacío que permite ejecutar la geometría variable en el VTG.

PRESENTACIÓN

El control electrónico para un turbo de geometría variable es una herramienta de experimentación concerniente a uno de los más recientes avances en cuestión electrónica de las vehículos diesel.

Este controladornos permite simular el funcionamiento de los turbos los más real posible, realizar distintas mediciones, comprobaciones y comparar el rendimiento entre un turbo convencional y un VTG.

Para el desarrollo de éste tema hemos dividido nuestro trabajo en cinco capítulos los cuales detallaremos a continuación.

El capítulo 1 contiene el planteamiento del problema, define los objetivos trazados y la justificación de realizar esta investigación.

El capítulo 2 define los principios y los fundamentos teóricos de los turbos, describe los componentes del sistema y su funcionamiento.

El capítulo 3 detalla el planteamiento de la hipótesis.

El capítulo 4 enmarca los parámetros de diseño y selección de los componentes, ademásdetalla el procedimiento de ensamble e implementación de la parte mecánica, eléctrica y electrónica, y nos indica el diseño del software de control y las pruebas de funcionamiento del tablero.

Finalmente el capítulo 5 presenta los recursos utilizados para la elaboración del proyecto.

TEMA:

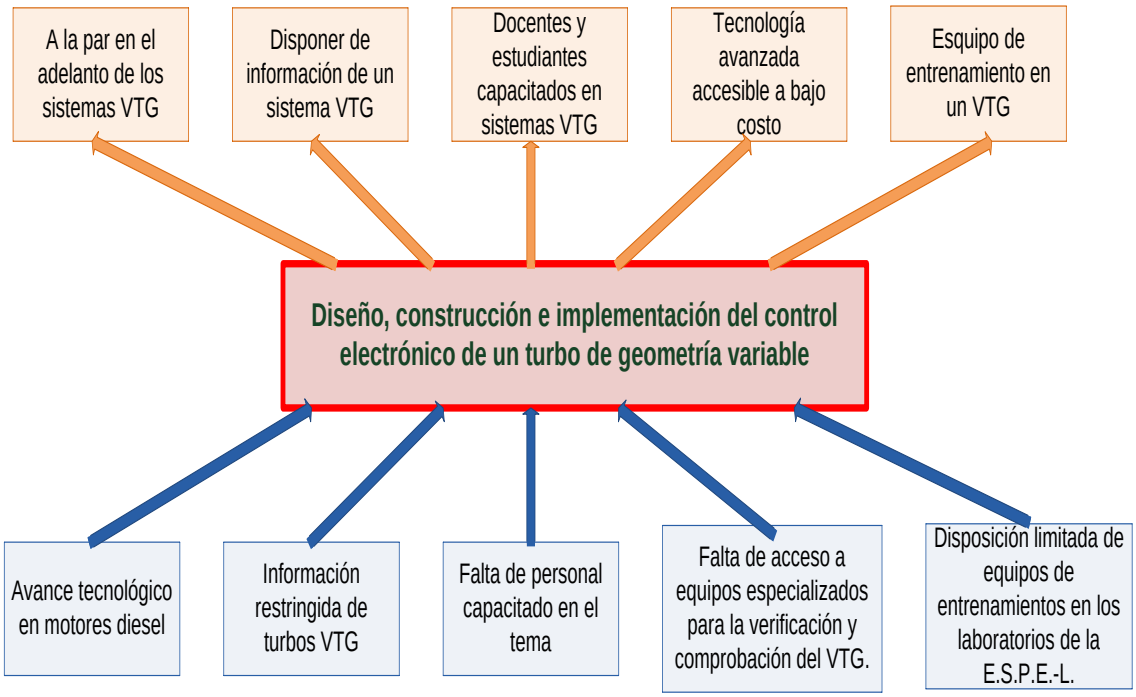
“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO PARA UN TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE EN UN TABLERO DIDÁCTICO”

CAPÍTULO 1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El avance tecnológico en los motores diesel incluye aplicaciones relacionadas al control electrónico, lo que ha originado que existan limitaciones en lo que se refiere a: técnicos profesionales especializados en el tema, equipo especializado para la verificación y comprobación de VTG. Con el diseño, construcción e implementación del control electrónico pondremos a disposición un equipo con tecnología avanzada accesible, en el que se puedan realizar un entrenamiento a docentes, estudiantes y personas interesadas en el avance tecnológico de los turbos estudiados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA



FUENTE: Autores

Figura 1.1 Flujo de formulación del problema

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

"Diseñar, construir e implementar el sistema del control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico para generar un equipo de entrenamiento con tecnología avanzada a bajo costo"

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Seleccionar componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos que permitan visualizar el funcionamiento de un VTG.

- Diseñar el sistema mecánico, eléctrico y electrónico para la aplicación.

- Diseñar un programa de control de operación que permita visualizar el funcionamiento de un VTG.

- Adaptar los diferentes componentes del sistema de control electrónico del VTG con la parte mecánica del mismo.

- Comparar el rendimiento de un turbocompresor convencional con el VTG, bajo parámetros de presiones y tiempos de respuesta.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga no dispone con un tablero didáctico que nos presente los parámetros de funcionamiento del turbocompresor de geometría variable, por lo que hemos realizado una investigación tecnológica la cual nos proporciona varios datos de funcionamiento de un turbocompresor convencional y uno de geometría variable para con los

resultados de la misma comparar el rendimiento entre los turbos antes mencionados.

Aplicaremos conocimientos adquiridos en áreas tales como: Sistemas Automotrices, Electrónica del automóvil, Motores turbo-diesel, Electrotecnia, Autotrónica, Microcontroladores y Sistemas Digitales, la creatividad del ingeniero automotriz y la capacidad para dar soluciones a las necesidades de la comunidad politécnica y demás personas que de una u otra manera se involucran en la industria automotriz.

Es importante que los estudiantes se conviertan en investigadores generando conocimiento, vinculándose con el mundo actual y desarrollo de la tecnología que avanza a gran escala.

CAPÍTULO 2
MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los automóviles que utilizan turbos convencionales tienen el inconveniente que a bajas revoluciones por minuto (r.p.m.) del motor, el eje de la turbina apenas es impulsado por los gases de escape, por lo que el motor se comporta como si fuera atmosférico.

Una solución para esto es utilizar un turbo pequeño de bajo soplado que empiece a comprimir el aire aspirado por el motor desde muy bajas revoluciones, pero esto tiene un inconveniente, y es que a altas revoluciones del motor el turbo de bajo soplado no tiene la capacidad suficiente para comprimir todo el aire que necesita el motor, por lo tanto, la potencia que ganamos a bajas revoluciones la perdemos a altas revoluciones. 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 revoluciones como a altas, para ello se han desarrollado los turbocompresores de geometría variable.

La implementación de un turbo VTG es para conseguir la máxima compresión del aire, a bajas r.p.m. deben cerrarse los álabes ya que disminuyendo la sección entre ellos, aumenta la velocidad de los gases de escape que inciden con mayor fuerza sobre las paletas del rodete de la turbina (menor sección es igual a mayor velocidad).

Cuando el motor aumenta de r.p.m. y aumenta la presión de soplado en el colector de admisión, la cápsula neumática lo detecta a través de un tubo conectado directamente al colector de admisión y lo transforma en un movimiento que empuja el sistema de mando de los álabes para que estos se muevan a una posición de apertura que hace disminuir la velocidad de los gases de escape que inciden sobre la turbina (mayor sección es igual menor velocidad).

El turbocompresor es básicamente una bomba de aire diseñada para operar utilizando la energía de los gases de escape originalmente desperdiciada por los motores sin sobrealimentación.Estos gases hacen girar el rotor de la turbina acoplado a través de un eje al rotor de un compresor, que al girar aspira un gran volumen de aire filtrado y lo pasa comprimido al motor.

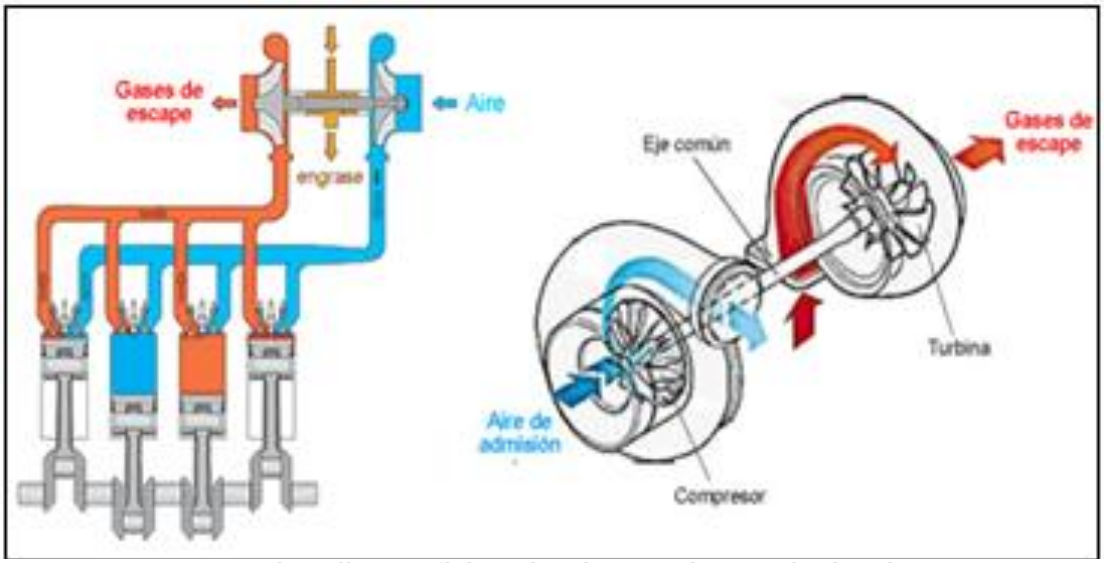
Como la energía utilizada para comprimir el aire de admisión proviene de los gases de escape, que se desecharía en un motor atmosférico, no resta potencia al motor cuando el turbocompresor está trabajando, tampoco provoca pérdidas fuera del rango de trabajo del turbo, a diferencia de otros, como los sistemas con compresor mecánico (sistemas en los que el compresor es accionado por una polea conectada al cigüeñal).

2.2 TURBOCOMPRESOR CONVENCIONAL

El turbocompresor 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.

El compresor está colocado en la entrada del múltiple de admisión, con el movimiento giratorio que le transmite la turbina a través del eje común, el compresor eleva la presión del aire filtrado y consigue unasobrealimentación del motor.

El turbo impulsado por los gases de escape alcanza velocidades por encima de las 100.000 r.p.m., por tanto, hay que tener muy en cuenta el sistema de lubricación de los cojinetes donde apoya el eje común de los rodetes de la turbina y el compresor. También hay que saber que las temperaturas a las que se va ha estar sometido el turbo en su contacto con los gases de escape van a ser muy elevadas (alrededor de 750 ºC).



FUENTE: http://www.aficionadosalamecanica.com/turbo2.htm
Figura 2.1 Esquema del flujo de aire en un turbo convencional

2.2.1 Ciclos de funcionamiento

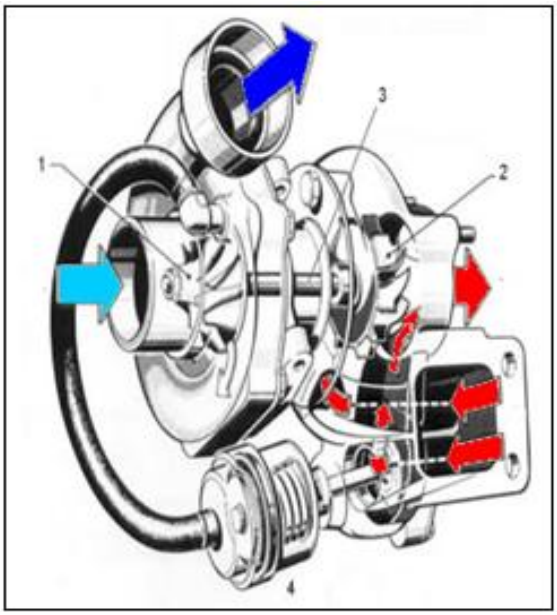
Funcionamiento a ralentí y carga parcial baja, en estas condiciones la energía de los gases de escape es muy baja y el aire aspirado por los cilindros no será pre comprimido por la turbina del compresor, existe aspiración normal.

Funcionamiento a carga parcial media, cuando la presión en el múltiple de admisión se acerca a la atmosférica, se impulsa la rueda de la turbina a un régimen de revoluciones mas elevado y el aire fresco aspirado por el rodete del compresor es precomprimido y conducido hacia los cilindros bajo presión atmosférica o ligeramente superior, el turbo actúa en lasobrealimentación.

Funcionamiento a carga parcial superior y plena carga, en esta fase sigue aumentando la energía de los gases de escape sobre la turbina del turbo y se alcanzará el valor máximo de presión en el múltiple de admisión, que debe ser limitada por un sistema de control (válvula de descarga),lo cual hará que el aire fresco aspirado por el rodete del compresor sea comprimido a la máxima presión que no debe sobrepasar los 0,9 bar en los turbos normales y 1,2 en los turbos de geometría variable.

2.2.2 Constitución

El turbo convencional se constituye de varios componentes acoplados entres si, y estos se encuentran en el interior de una carcaza que cuenta con conductos por los que entra al aire para ser comprimido.



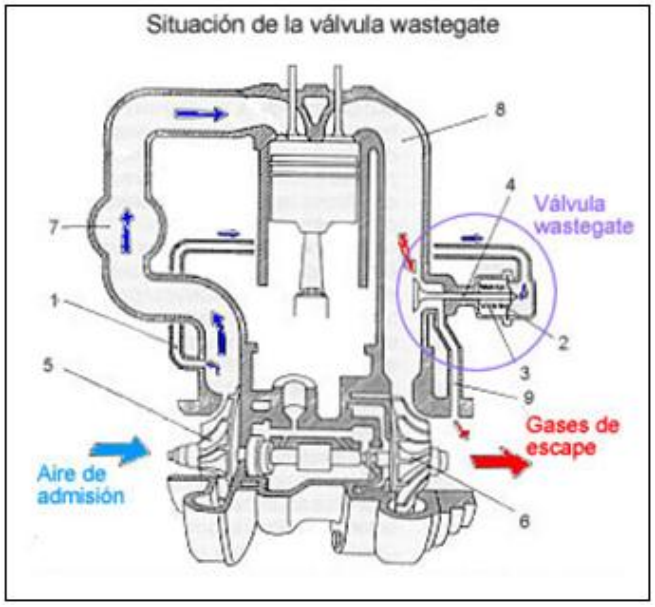
FUENTE: http://www.aficionadosalamecanica.com
Figura 2.2 Partes de un turbo convencional

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

2.2.3 Regulación de la presión

Para evitar el aumento excesivo de vueltas de la turbina y compresor como consecuencia de una mayor presión de los gases a medida que se aumenten las revoluciones del motor, se hace necesaria una válvula dedescarga. Esta válvula manda parte de los gases de escape directamente a la salida del escape sin pasar por la turbina.

La válvula de descarga o wastegateesta formada por una cápsula sensible a la presión compuesta por un muelle (3), una cámara de presión y un diafragma o membrana (2). El lado opuesto del diafragma esta permanentemente condicionado por la presión del colector de admisión al estar conectado al mismo por un tubo (1). Cuando la presión del colector de admisión supera el valor máximo de seguridad, desvía la membrana y comprime el muelle de la válvula despegándola de su asiento. Los gases de escape dejan de pasar entonces por la turbina del turbo (pasan por el bypass (9)) hasta que la presión de alimentación desciende y la válvula se cierre.



FUENTE: http://www.aficionadosalamecanica.com/turbo2.htm
Figura 2.3 Esquema de la válvula de descarga o wastegate.

1.- Tubo que transmite la presión del turbo en el múltiple de admisión

2.- Diafragma o membrana

3.- muelle

4.- Válvula

5.- Aletas del compresor

6.- Aletas de la turbina

7.- Múltiple de admisión

8.- Múltiple de escape

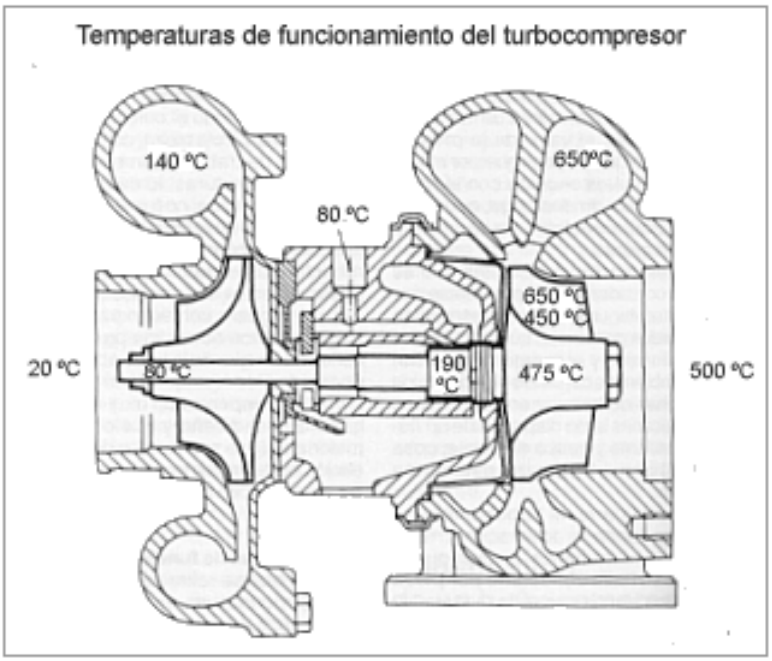
9.-Bypass

2.2.4 Temperaturas 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 ºC), los que esta en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan unos 80 ºC.

Estas diferencias de temperatura concentrada en una misma pieza determinan valores de dilatación diferentes, lo que se debe tener en cuenta a la hora del diseño de un turbo y en la elección de los materiales que soporten estas condiciones de trabajo.

El turbo se refrigera por el aceite de engrase y por el aire de aspiración cediendo una determinada parte de su calor al aire que pasa por el rodete del compresor. Este calentamiento del aire no resulta nada favorable para el motor, ya que dilata el aire de admisión de forma que le resta densidad y con ello riqueza en oxígeno, por lo que en los sistemas que vienen incorporados un turbocompresor también se adapta un intercooler que es el encargado de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor.



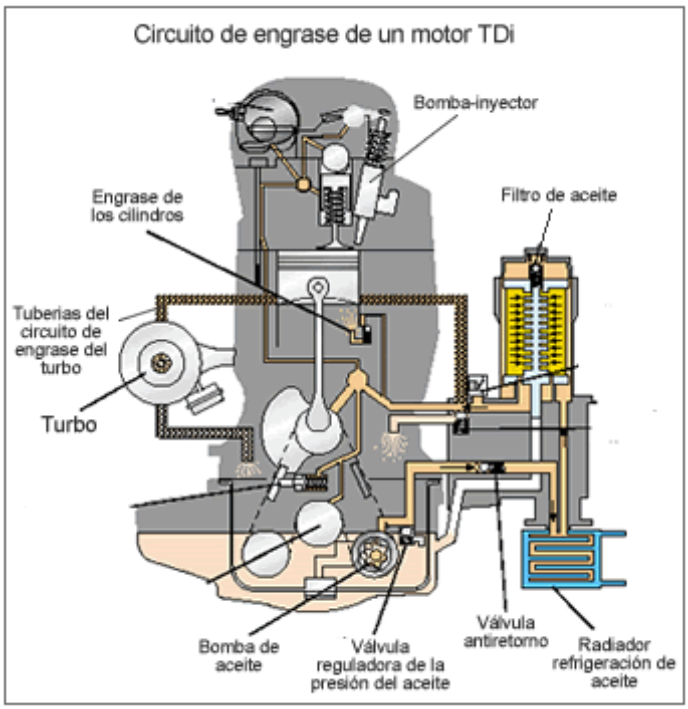
FUENTE: http://www.aficionadosalamecanica.com/turbo2.htm
Figura 2.4 Temperaturas de funcionamiento del turbo convencional

2.2.5 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 encontrase 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.

Se recomienda después de una utilización prolongada del motor con recorridos largos a altas velocidades, no parar inmediatamente el motor sino dejarlo arrancado al ralentí un mínimo de 30 segundos para garantizar una lubricación y refrigeración óptima para cuando se vuelva arrancar de nuevo. Teniendo en cuenta que el aceite del motor arde aproximadamente a 220 ºC puede carbonizarse el turbo.



FUENTE: http://www.aficionadosalamecanica.com/turbo2.htm
Figura 2.5 Circuito de engrase de un turbo convencional

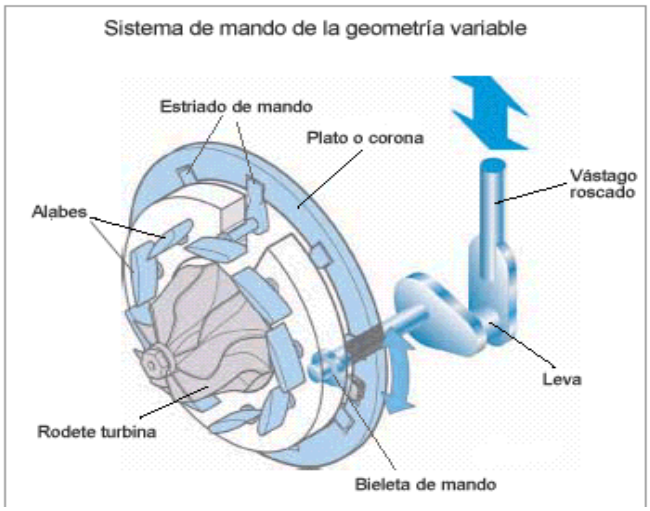
2.3 TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE

2.3.1 Funcionamiento

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.

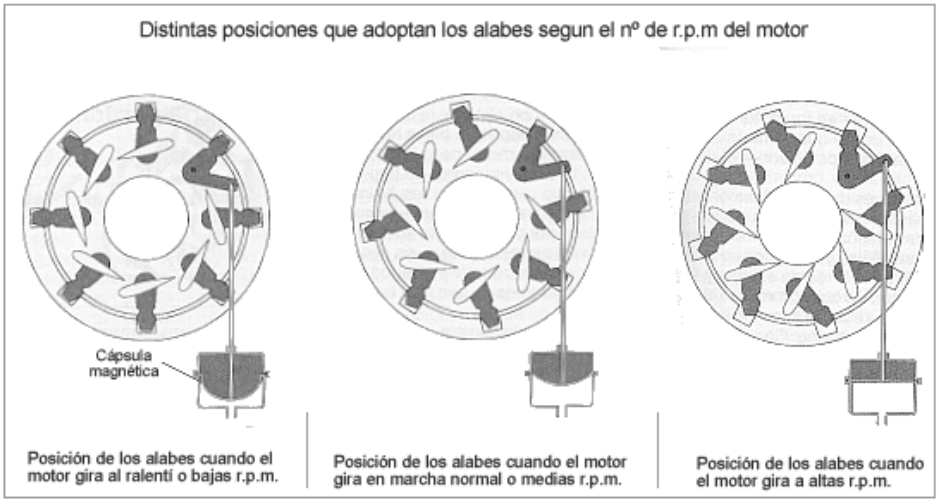
Para conseguir la máxima compresión del aire a bajas r.p.m. deben cerrarse los álabes ya que disminuyendo la sección entre ellos, aumenta la velocidad de los gases de escape que inciden con mayor fuerza sobre las paletas del rodete de la turbina. Cuando el motor aumenta de r.p.m. y aumenta la presión de soplado en el colector de admisión, la cápsula neumática lo detecta a través de un tubo conectado directamente al colector de admisión y lo transforma en un movimiento que empuja el sistema de mando de los álabes para que estos se muevan a una posición de apertura que hace disminuir la velocidad de los gases de escape que inciden sobre la turbina.

Los álabes van insertados sobre una corona, pudiendo regularse el vástago roscado de unión a la cápsula neumática para que los álabes abran antes ó después.



FUENTE: http://topauto.com.ar/glosario/t/tgv.html
Figura 2.6 Sistema de mando de la geometría variable

Las posiciones fundamentales que pueden adoptar los alabes se describen en el siguiente gráfico:



FUENTE: http://topauto.com.ar/glosario/t/tgv.html
Figura 2.7 Posición de los álabes según el número de r.p.m. del motor

En la figura 2.7de la izquierda los álabes adoptan una posición cerrada que apenas deja espacio para el paso de los gases de escape. Esta posición la adopta el turbo cuando el motor gira a bajas r.p.m. y la velocidad de los gases de escape es baja. Con ello se consigue acelerar la velocidad de los gases de escape, al pasar por el estrecho espacio que queda entre los alabes, que hace incidir con mayor fuerza los gases sobre la turbina.

También adoptan los álabes esta posición cuando se exige al motor las máximas prestaciones partiendo de una velocidad baja o relativamente baja, lo que provoca que el motor pueda acelerar de una forma tan rápida como el conductor le exige, por ejemplo en un adelantamiento o una aceleración brusca del automóvil.

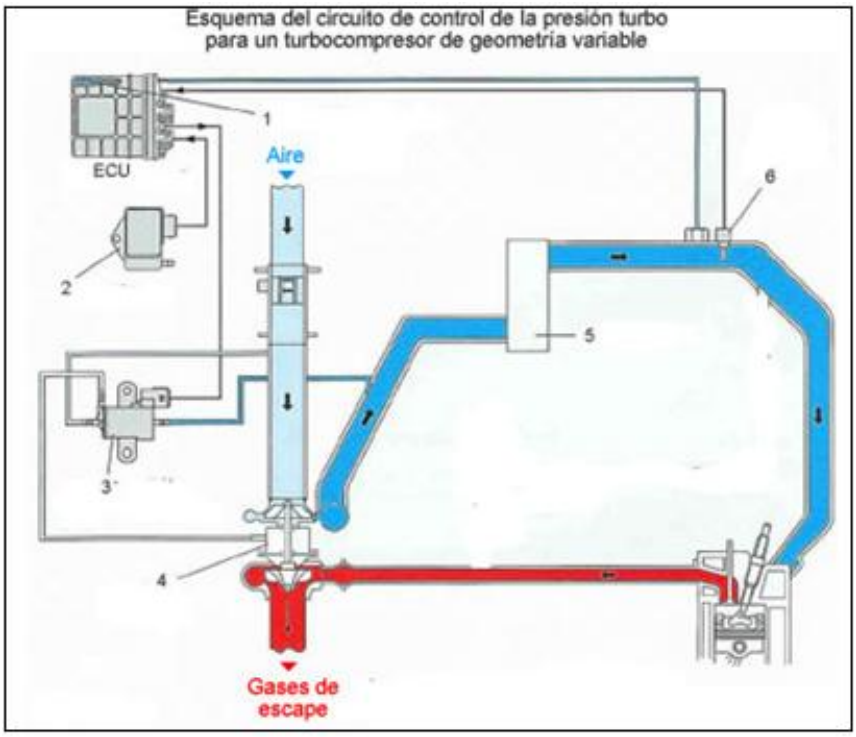
Del centro observamos que los álabes toman una posición mas abierta que corresponde a un funcionamiento del motor con un régimen de revoluciones medio y marcha normal, en este caso el turbo VTG se comportaría como un turbo convencional. Las paletas adoptan una posición intermedia que no interfieren en el paso de los gases de escape que inciden sin variar su velocidad sobre la turbina.

De la derecha los álabes adoptan una posición muy abierta debido a que el motor gira a muchas r.p.m., los gases de escape entran a mucha velocidad en el turbo haciendo girar la turbina muy deprisa. La posición muy abierta de los álabes hace de freno a los gases de escape por lo que se limita la velocidad de la turbina. En este caso, la posición de los álabes hacen la función que realizaba la válvula wastegate en los turbos convencionales, es decir, la de limitar la velocidad de la turbina cuando el motor gira a altas revoluciones y hay una presión muy alta en el colector de admisión, esto explica por que los turbos VTG no tienen válvula wastegate.

El funcionamiento que hemos visto para el Turbo VTG es teórico ya que el control de la cápsula manométrica lo mismo que en los turbos convencionales mas modernos, se hace mediante una gestión electrónica que se encarga de regular la presión que llega a la cápsula manométrica, en todos los márgenes de funcionamiento del motor y teniendo en cuenta otros factores como son la temperatura del aire de admisión, la presión atmosférica (altitud sobre el nivel del mar) y las exigencias del conductor.

2.3.2 Gestión electrónica de la presión

En la figura 2.8 tenemos el circuito de admisión y escape de un motor Diesel de inyección directa (TDi) que utiliza un turbocompresor de geometría variable (VTG). Como se ve en el esquema ya no aparece la válvula de descarga o wastegate, sin embargo la electroválvula de control de la presión turbo (3) si está y de ella sale un tubo que va directamente a la cápsula neumática del turbocompresor. La electroválvula de control está comandada por la ECU (unidad de control) que mediante impulsos eléctricos provoca su apertura o cierre, lo cual mueve un mecanismo de accionamiento de álabes.



FUENTE: http://topauto.com.ar/glosario/t/tgv.html

Figura 2.8 Esquema del circuito de control de la presión para un VTG

1.- Sensor de presión del turbo incorporado en la misma ECU

2.- Sensor de altitud

3.- Electroválvula reguladora de la presión del turbo

4.- Turbocompresor de geometría variable

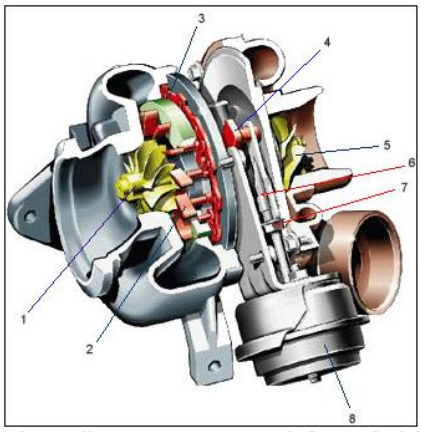
5.- Intercooler

6.- Sensor de temperatura

2.3.3 Componentes

Un turbo de geometría variable (VTG) se diferencia de un convencional principalmente en que éste tiene un plato o corona, ubicado en el rodete de la turbina, dispuesto de álabes móviles, los cuales son los encargados de realizar la variación que llamamos geometría variable.

Los principales componentes son:



FUENTE: http://topauto.com.ar/glosario/t/tgv.html
Figura 2.9 Componentes de un VTG

1.- Rodete de la turbina

2.- Álabes

3.- Plato o corona

4.-Leva

5.- Rodete del compresor

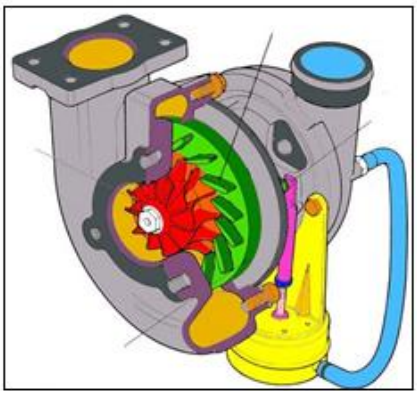
6.- Vástago o varilla roscada

7.- Tuerca de Ajuste de la longitud de la varilla

8.- Cápsula neumática

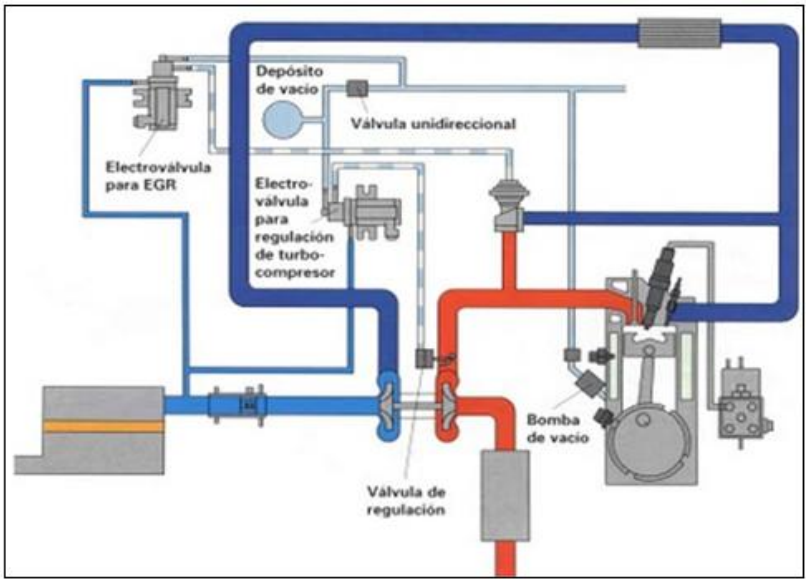
2.3.4 Tipos

VTG auto controlado por presión.-este turbo consta de una cápsula neumática que dirige el flujo de aire de acuerdo a la presión, y regula el plato por medio de la misma, realizando de ésta manera la geometría variable.



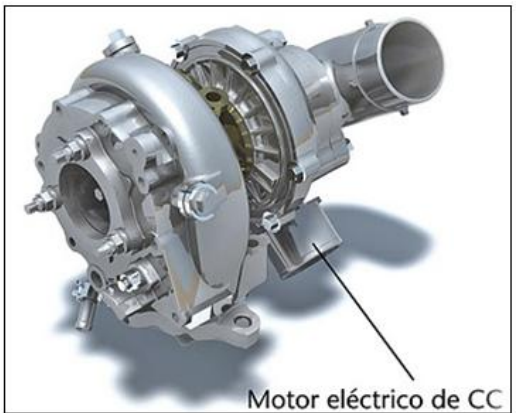
FUENTE: http://sam-electromecanica.blogspot.com/clasificacion-turbocompresores
Figura 2.10 VTG auto controlado por presión

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 vacíosegún la necesidad para una correcta geometría variable del turbo, la cual la realiza por el movimiento de un vástago, por medio del vacío que nos proporciona la bomba, conectado a la corona del VTG donde se encuentran los álabes móviles.



FUENTE: http://sam-electromecanica.blogspot.com/clasificacion-turbocompresores
Figura 2.11 VTG controlado por vacío

VTG controlado eléctricamente.- el principio de mover los álabes se mantiene, cambiando simplemente la manera de moverlo y en éste caso se lo hace mediante un motor eléctrico paso a paso, el cual recibe señales de la ECM para su funcionamiento.



FUENTE: http://sam-electromecanica.blogspot.com/clasificacion-turbocompresores
Figura 2.12 VTG controlado electrónicamente

2.3.5 Parámetros de rendimiento.

a) Presión.

Los turbocompresores más pequeños y de presión de soplado más baja ejercen una presión máxima de 0,25 bar (3,625 psi), mientras que los más grandes alcanzan los 1,5 bar (21,75 psi). En motores de competición se llega a presiones de 3 y 8 bares dependiendo de si el motor es gasolina o diésel.

b) Revoluciones.

Actualmente los turbocompresores giran a rotaciones superiores a 60.000 r.p.m. acercándose a las 180.000 r.p.m.

c) Temperatura.

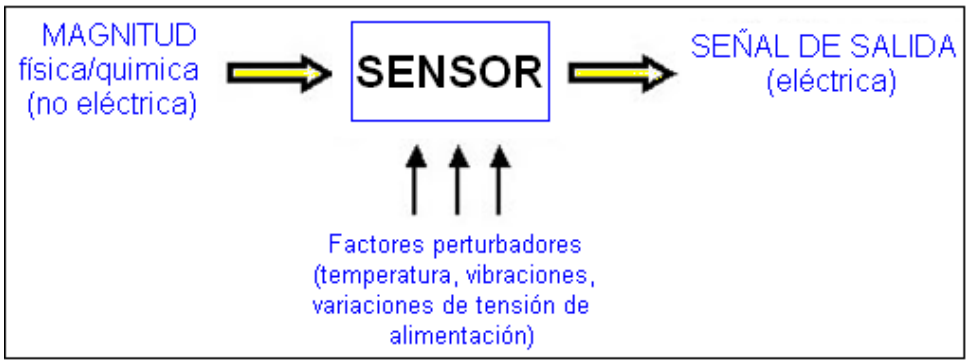
Los turbocompresores se diseñan, fabrican y prueban para que resistan temperaturas de hasta 725° C (1300° F).

2.4 SENSORES

2.4.1 Concepto

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.

La señal eléctrica de salida del sensor no es considerada solo como una corriente o una tensión, sino también se consideran las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el período, la fase o la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos "resistencia", "capacidad" e "inductancia".



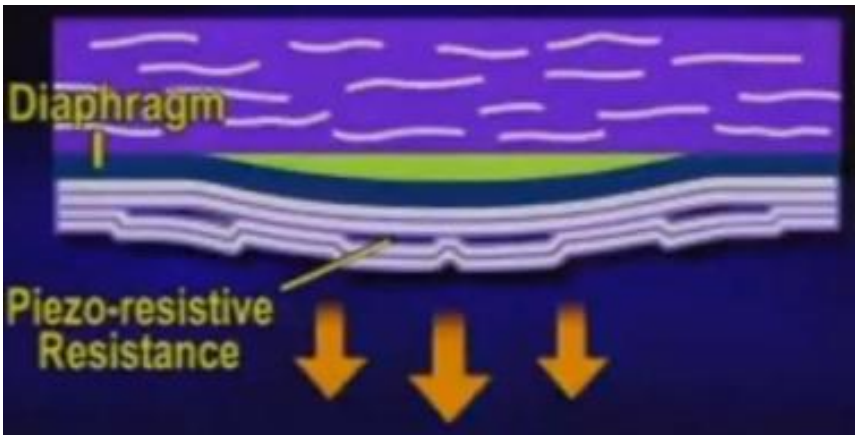
FUENTE: Autores
Figura 2.13 Esquema de entradas y salidas de un sensor

El sensor se puede presentar como un "sensor elemental" o un "sensor integrado" este último estaría compuesto del sensor propiamente dicho mas la parte que trataría las señales para hacerlas comprensibles por la unidad de control. La parte que trata las señales generadas por el sensor, se encarga en general de dar a las señales de los sensores la forma normalizada necesaria para ser interpretada por la unidad de control.

2.4.2 Tipos

a) Sensores de presión de aire

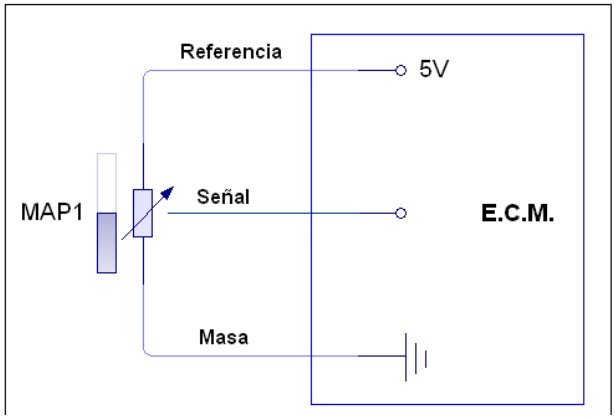
Los sensores de medición de presión se utilizan para medir la presión interna del múltiple de admisión, presión atmosférica, presión de vapor dentro del tanque de gasolina, etc.



FUENTE: http://www.youtube.com Adaptación: Autores
Figura 2.14 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.

Los terminales del sensor consisten de uno de uno de energía de 5V, tierra y señal.



FUENTE: Autores

Figura 2.15 Circuito del sensor de presión de aire

2.5 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.

2.5.1 Funciones

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información de acuerdo a los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas), los cualeslogran captar los estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas) llamados actuadores.

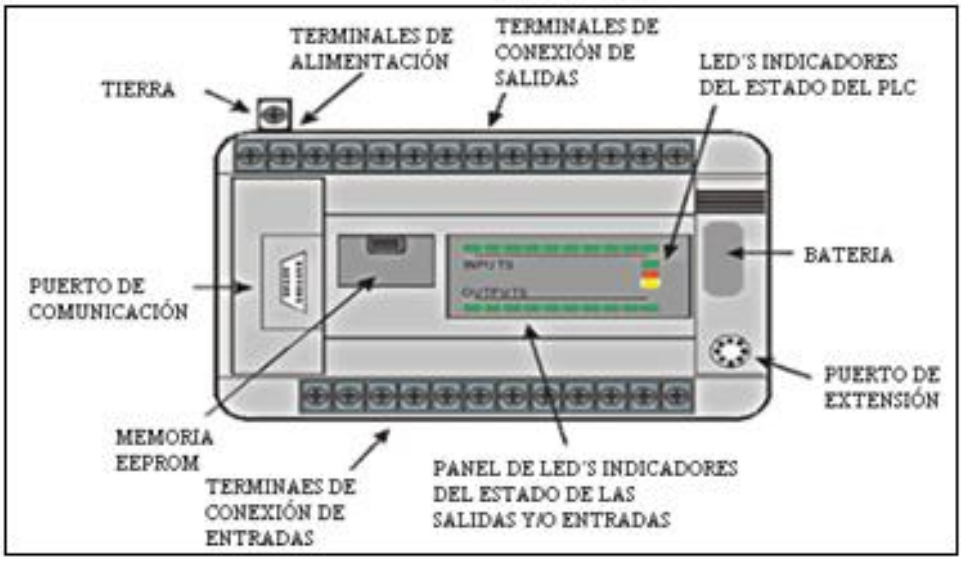
Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

2.5.2 Estructura

Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas, normalmente AND y OR, que el programador debe conectar de forma adecuada para que hagan la función lógica requerida. Suelen programarse con lenguaje en escalera ó también con bloques de funciones.

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la unidad central de proceso (CPU), la memoria y el sistema de entradas y salidas (E/S).



FUENTE: Adaptación Autores
Figura 2.16 Estructura de un PLC

a) Unidad central de proceso (CPU)

La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.

b) Memoria

La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema.

La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.

c) Sistema de entradas y salidas (E/S) - inputs and outputs (IO)

El sistema de entradas y salidas recopila la información del proceso (entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: pilotos, relés, contactores, drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.

Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: ON u OFF, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los

niveles de tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las E/S análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's). Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).

2.5.3 Funcionamiento

Cuando se pone en marcha el PLC éste realiza una lista de chequeos internos para verificar que todo este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (fuente de alimentación, conexiones de entradas y salidas).

Una vez efectuadas las comprobaciones y son aprobadas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicia. Esto último si el autómata se encuentra en modo RUN (marcha), ya que de estar en modo STOP (paro) aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en RUN. Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas.

Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico. Cualquier singularidad que se detecte se mostrará en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará

totalmente el sistema. El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones.

El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.

2.5.4 Programar la memoria de un PLC

Al programar un PLC se necesita una interfaz entre el operador y el PLC para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control. Normalmente esta interfaz se lleva acabo a través de software instalados en computadores personales (PC). Dependiendo del tipo de PLC el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador (firmware).

Las funciones que estos equipos o software de programación son la edición y modificación del programa, detección de errores, archivamiento de programas (discos duros) y monitoreo en línea de variables. La conexión del PC al PLC comúnmente se realiza mediante una conexión en serie (generalmente la RS-232C o la RS-422).

CAPÍTULO 3
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

3.1 HIPÓTESIS

Con la implementación del control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico, ¿será pertinente realizar las pruebas de operación, funcionamiento y comparación de un turbo convencional y un VTG?

3.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

A partir del objetivo general realizaremos el planteamiento de las variables de investigación. El objetivo es “Diseñar, construir e implementar el sistema del control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico para generar un equipo de entrenamiento con tecnología avanzada a bajo costo”

3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Diseñar, construir e implementar el control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico.

3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- Generar un equipo de entrenamiento con tecnología avanzada a bajo costo.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Diseñar, construir e implementar el control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico.	Académica	Tipo de control electrónico en un VTG. ≥1	¿Cuántos sistemas de control se utilizan en sistema VTG?
	Tecnológica	Número de señales de entrada y salida que intervienen en el control electrónico de un VTG. ≥3	¿Cómo son procesadas las señales que se generan en el sistema PLC?
		Estrategias de protección y seguridad del sistema de control electrónico.≥2	¿Cuáles son las estrategias de protección y seguridad deltablero?
		Modelos de autos que implementan VTG.≥3	¿Qué modelos de vehículos implementan sistemas VTG?

Fuente: Autores

Tabla 3.1 Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Generar un equipo de entrenamiento con tecnología avanzada a bajo costo.	Académica	Gráficas determinadas por las señales recibidas por el P.L.C. del tablero. ≥5	¿Cuántas gráficas obtenemos de las señales del PLC?
	Tecnológica	Número de procedimientos y pruebas para la calibración y puesta a punto.≥1	¿Cómo se realiza la calibración y puesta a punto del tablero?

Fuente: Autores

Tabla 3.2 Operacionalización de variable independiente

CAPÍTULO 4
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es la acción de indagar a partir de un indicio para descubrir algo, la investigación es una actividad inherente de la naturaleza humana.

4.1.1 La investigación científica

Podemos decir que la investigación científica se define como la serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos mediante la aplicación de métodos y técnicas y para lograr esto nos basamos en los siguientes.

a) Exploratoria: son las investigaciones que pretenden darnos una visión general de tipo aproximativo respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y cuando aun, sobre él es difícil formular hipótesis precisas o de ciertas generalidades. Suelen surgir también cuando aparece un nuevo fenómeno, que precisamente por su novedad, no admite todavía una descripción sistemática, o cuando los recursos que dispone el investigador resultan insuficientes como para emprender un trabajo más profundo.

b) Descriptiva: su preocupación primordial radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada.

c) Explicativa: son aquellos trabajos donde muestra preocupación, se centra en determinar los orígenes o las causas de un determinado conjunto de fenómenos,

donde el objetivo es conocer por que suceden ciertos hechos atrás ves de la delimitación de las relaciones causales existentes o, al menos, de las condiciones en que ellas producen. Este es el tipo de investigación que mas profundiza nuestro conocimiento de la realidad, porque nos explica la razón de las cosas, y es por lo tanto más complejo y delicado pues el riesgo de cometer errores aumenta considerablemente.

4.2 PRUEBA PILOTO

Para el estudio se elaboró la siguiente encuesta, con la que se conseguirá la información que será de gran importancia para el desarrollo del presente proyecto, las preguntas son sencillas y de fácil comprensión para los encuestados.

A continuación se presenta el formulario para el desarrollo de la encuesta que se deberá aplicar previamente como piloto.

ENCUESTA DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Reciba un cordial saludo. El objetivo es evaluar la factibilidad de la construcción de un tablero didáctico del CONTROL ELECTRÓNICO DE UN TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE dentro del campo de la Ingeniería automotriz. Coloque una X en su respuesta.

---

1. ¿Conoce Ud. El funcionamiento de un turbo de geometría variable?

   SI _____ NO _____

2. ¿Sabe en qué vehículos viene incorporado los turbos de geometría variable?

   SI _____ NO _____ ALGUNOS _____

3. ¿Conoce que tipos de turbo de geometría variable existen?

   SI _____ NO _____

4. ¿Conoce los parámetros de funcionamiento del turbo de geometría variable?

   SI _____ NO _____

5. ¿Le gustaría que exista un tablero que simule el funcionamiento de un turbo de geometría variable?

   SI _____ NO _____

6. ¿Le gustaría que exista un programa que grafique las curvas de los parámetros de funcionamiento del turbo de geometría variable?

   SI _____ NO ____

7. ¿Sabe Ud. La diferencia de rendimientos entre un turbo de geometría variable y un turbo convencional?

   SI _____ NO ____

8. ¿Le gustaría que este tablero compare el rendimiento de un turbo de geometría variable con un turbo convencional?

   SI ____ NO _____

Gracias por su colaboración.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación debe tener las siguientes características:

- La recopilación de la información debe ser sistemática.
- El método de recopilación debe ser objetivo y no tendencioso.
- Los datos recopilados siempre deben ser información útil.
- El objeto de la investigación siempre debe tener como objetivo final servir como base para tomar decisiones.

Con estos antecedentes se procedió a la búsqueda de la información mediante la aplicación de encuestas. Como instrumento de recolección de información utilizamos información primaria a través del cuestionario detallado en la encuesta presentada anteriormente.

El instrumento de la investigación más adecuado y elegido por su grado de credibilidad es la encuesta, porque que es una técnica de investigación que consiste en una interrogación verbal o escrita que se realiza a personas con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación. Para esta interrogación a las personas, se hará uso de un cuestionario, que nos indicará claramente la aceptación o no de este proyecto, aplicándolo a los técnicos y profesionales que trabajan y desarrollan sus actividades en torno a este sistema con el fin de obtener la información requerida.

Finalmente, determinamos los objetivos de nuestra encuesta, los cuales son:

- Evaluar la factibilidad de la creación de este proyecto.
- Evaluar la viabilidad de proporcionar un material didáctico de turbocompresores.

4.4 POBLACIÓN

La población incluye a personas entre tecnólogos, mecánicos y profesionales involucrados en el área de turbocompresores como son: Turbomaster, Garrett, SECAP, Airtac, StarMotors, Hyundai, etc. Para lo cual partimos de la información de la población de 30 personas.

4.5 MUESTRA

Para obtener este tamaño de muestra hemos considerado un modelo de cálculo tomando en cuenta que por ser nuestro universo o tamaño de la población "Finita" (se conoce su tamaño), se determinará la muestra en base a la siguiente ecuación:

$$n = Z_{\alpha}^{2} \frac{N \cdot p \cdot q}{i^{2}(N-1) + Z_{\alpha}^{2} \cdot p \cdot q}$$

n	Tamaño muestral
N	Tamaño de la población.
Zα	Valor correspondiente a la distribución de Gauss 1,96 para α =0,05 y 2,58 para α=0,01.
p	Proporción esperada del parámetro a evaluar. En caso de desconocerse, aplicar la opción más desfavorable (p=0,5), que hace mayor el tamaño muestral.
q	1-p (Si p=50%, q=50%)
i	Error que se prevé cometer. Por ejemplo, para un error del 10%, introduciremos en la fórmula el valor 0,1. Así, con un error del 10%, si el parámetro estimado resulta del 80%, tendríamos una seguridad del 95% (para α =0,05) de que el parámetro real se sitúa entre el 70% y el 90%. Vemos, por tanto, que la amplitud total del intervalo es el doble del error que introducimos en la fórmula.

Fuente: Tapia Franklin.- Universidad Central
Tabla 4.1 Variables para muestra finita con datos tomados

Para la determinación del tamaño de la muestra en esta investigación, se trabajó con los siguientes datos:

- **N** = Tomaremos el valor de 30 de población.
- **$Z\alpha^2$** = 1.96^2 (si la seguridad es del 95%)
- **p** = proporción esperada (en este caso 50% = 0.5)
- **q** = 1 – p (en este caso 1-0.5 = 0.5)
- **i** = precisión (en este caso deseamos un 10%).

Cálculo de la muestra

$n = Z_a^2 \frac{N * p * q}{i^2 (N-1) + Z_a^2 * p * q}$
$n = 1.96^2 \frac{30 * 0{,}5 * 0.5}{0.1^2 (30-1) + 1.96^2 * 0{,}5 * 0.5}$
$n = 3.8416 \frac{7.5}{0.29 + 0.9604}$
$n = 3.8416 \frac{7.5}{1.2504}$
$n = 10$

Aplicando la fórmula para calcular la muestra obtenemos un resultado de 10 lo que significa que debemos realizar al menos 10 encuestas.

4.6 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De las encuestas que se realizarán se procederá a la tabulación de datos, codificación, cálculos, etc. a fin de determinar los hallazgos más importantes de nuestra investigación.

4.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

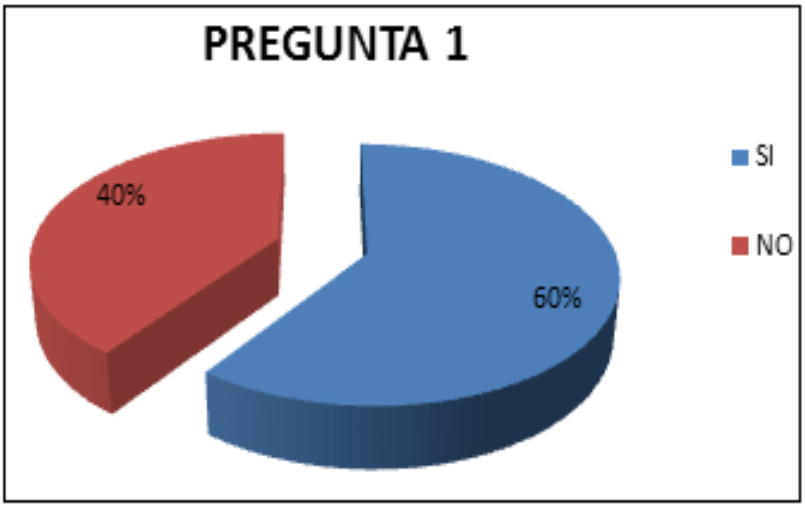
El instrumento utilizado para la investigación y que relaciona las variables fueron 10 encuestas, justificadas a través de la ecuación de tamaño muestral para población finita, con la cual hicimos el cálculo de tamaño de muestra para una confiabilidad del 95 %.

4.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

De las encuestas realizadas se procedió a la tabulación de datos, codificación, cálculos, etc. a fin de determinar los hallazgos más importantes de nuestra investigación.

De las encuestas realizadas se pueden encontrar los siguientes resultados de acuerdo con las indagaciones a 10 personas elegidas.

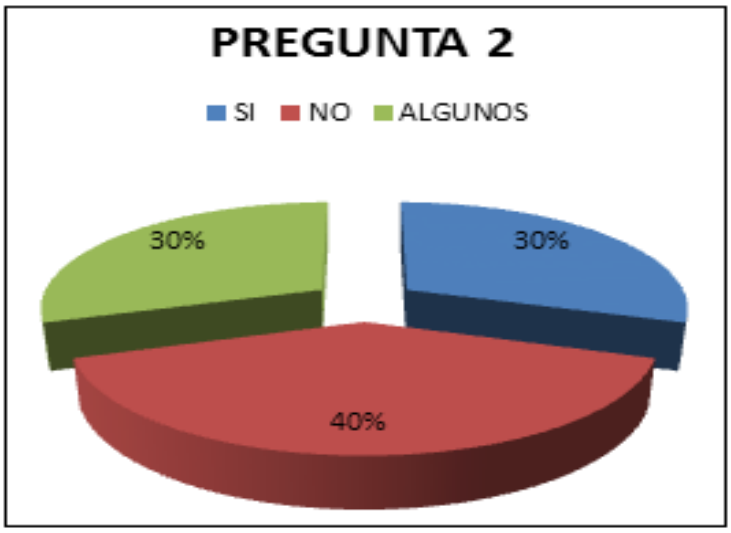
1.- ¿Conoce Ud. El funcionamiento de un turbo de geometría variable?



FUENTE: Autores
Figura 4.1 Resultados encuesta realizada pregunta 1

RESULTADO: El análisis demuestra que un 60% de los encuestados conocen el funcionamiento de un VTG y un 40% no lo conoce.

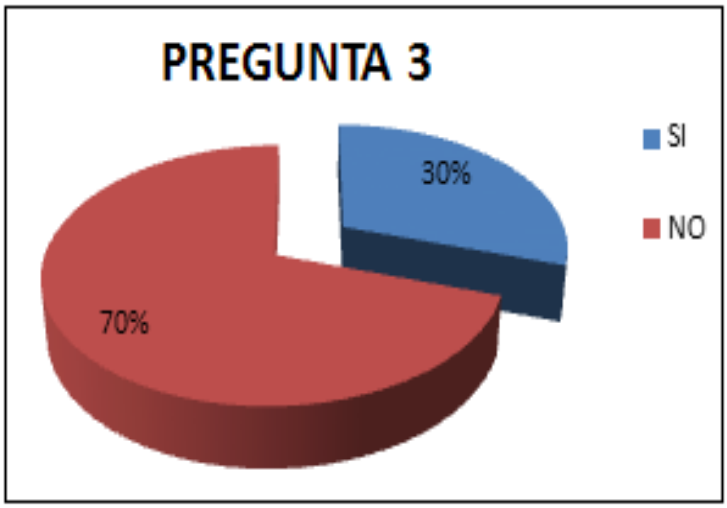
2.- ¿Sabe en qué vehículos viene incorporado los turbos de geometría variable?



FUENTE: Autores
Figura 4.2 Resultados encuesta realizada pregunta 2

RESULTADO: El análisis demuestra que un 30% de los encuestados si conoce los vehículos q incorporan los VTG, otro 30% conoce algunos vehículos y el 40% definitivamente no conoce los vehículos que incorporan un VTG.

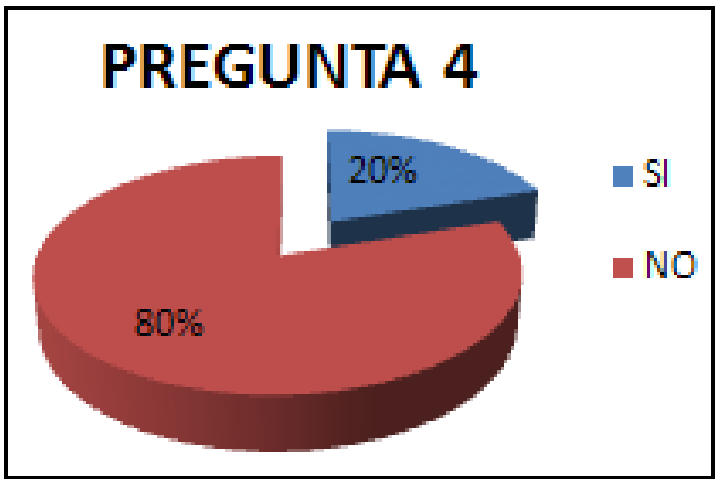
3.- ¿Conoce que tipos de turbo de geometría variable existen?



FUENTE: Autores
Figura 4.3 Resultados encuesta realizada pregunta 3

RESULTADO: El análisis demuestra que el 70% de los encuestados no conoce los tipos de VTG mientras que un 30% si lo conoce.

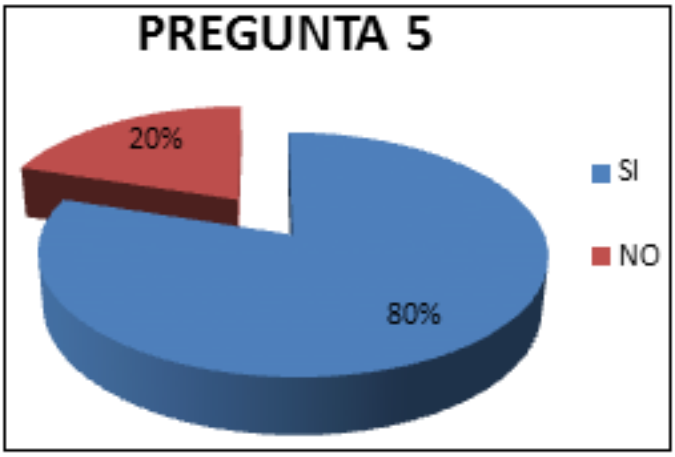
4.- ¿Conoce los parámetros de funcionamiento del turbo de geometría variable?



FUENTE: Autores
Figura 4.4 Resultados encuesta realizada pregunta 4

RESULTADO: El análisis demuestra que un 80% de los encuestados no sabe los parámetros de funcionamiento de un VTG y solamente un 20% si lo sabe.

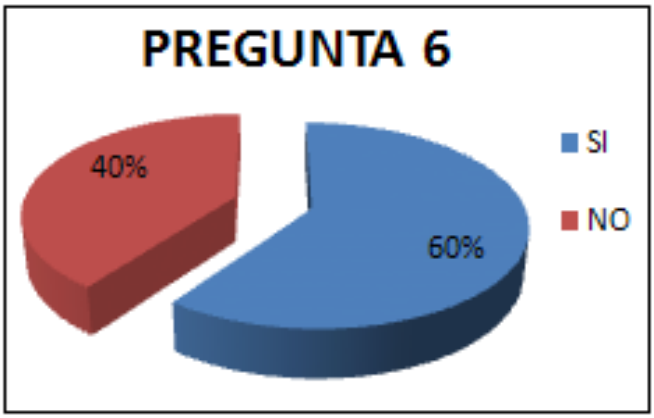
5.- ¿Le gustaría que exista un tablero que simule el funcionamiento de un turbo de geometría variable?



FUENTE: Autores
Figura 4.5 Resultados encuesta realizada pregunta 5

RESULTADO: El análisis demuestra que un 80% de los encuestados está de acuerdo con la construcción de un tablero que simule el funcionamiento de un VTG y un 20% no lo está.

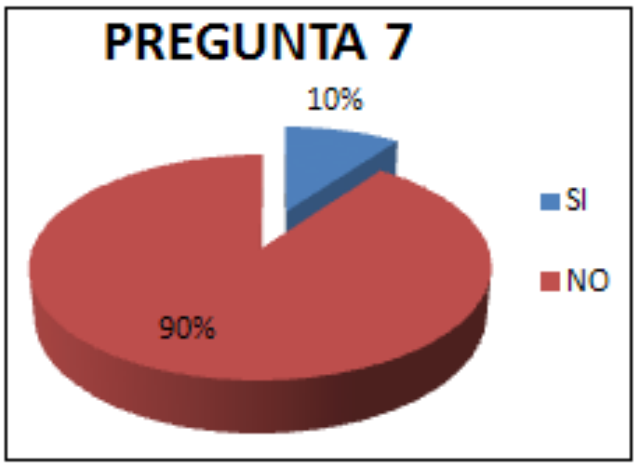
6.- ¿Le gustaría que exista un programa que grafique las curvas de los parámetros de funcionamiento del turbo de geometría variable?



FUENTE: Autores
Figura 4.6 Resultados encuesta realizada pregunta 6

RESULTADO: El análisis demuestra que a un 60% de los encuestados les gustaría que exista un programa para graficar las curvas de los parámetros de un VTG y a un 40% no le gustaría.

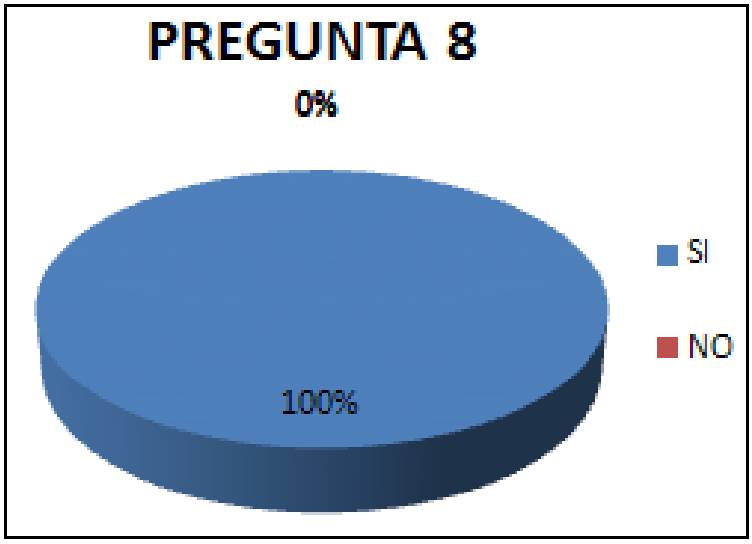
7.- ¿Sabe Ud. La diferencia de rendimientos entre un turbo de geometría variable y un turbo convencional?



FUENTE: Autores
Figura 4.7 Resultados encuesta realizada pregunta 7

RESULTADO: El análisis demuestra que un 90% de los encuestados no conoce la diferencia de rendimientos entre un turbo convencional y un VTG, mientras que un 10% si sabe la diferencia.

8.- ¿Le gustaría que este tablero compare el rendimiento de un turbo de geometría variable con un turbo convencional?



FUENTE: Autores
Figura 4.8 Resultados encuesta realizada pregunta 8

RESULTADO: El análisis demuestra que el 100% de los encuestados les gustaría que exista un tablero el cual compare el rendimiento de un turbo convencional con un VTG, lo que garantiza el éxito de este proyecto.

4.9 ESQUEMA DE LA PROPUESTA

Con los resultados obtenidos en las encuestas, nuestra propuesta es:

Construir un control electrónico para un turbo de geometría variable, mediante la adaptación de elementos electrónicos que simulen el funcionamiento del mismo, previo al análisis de cada uno de los elementos.

Implementar la parte mecánica, eléctrica y electrónica necesaria para elaborar un tablero didáctico de fácil manejo, que nos indique de manera sencilla el rendimiento de un turbo convencional y un VTG, permitiéndonos hacer una comparación de los mismos.

4.9.1 ESTRUCTURA DEL TABLERO DIDÁCTTICO

Para empezar la construcción del tablero seleccionamos los materiales adecuados para el acoplamiento de los componentes mecánicos, que vamos a colocar en el mismo, los cuales nos deben brindar una resistencia óptima para el peso de los 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

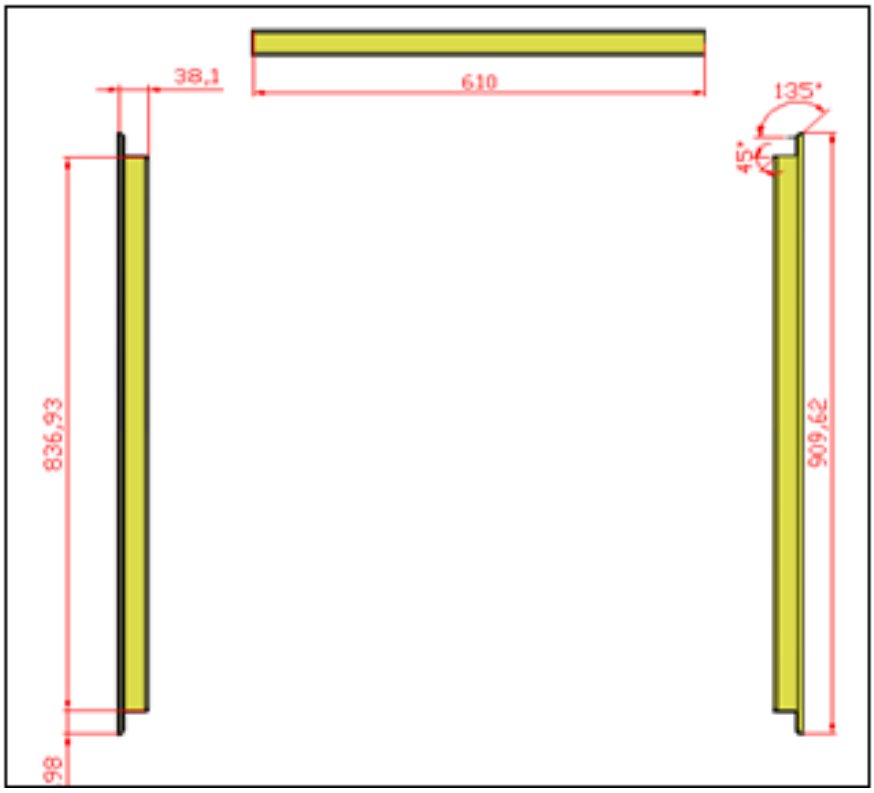
FUENTE: Autores
Tabla 4.2 Materiales para la estructura

b) DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA.

Elegidos todos los componentes para la estructura, diseñamos el esquema en AutoCAD, esto consiste en dibujar las planchas, ángulos y el tubo cuadrado de hierro, hacemos los cortes, medidas y sueldas que vamos a realizar luego en el material para obtener la estructura, ensamblado en el programa procedemos a ejecutar de acuerdo a lo esquematizado.

A continuación incluimos todas las medidas, cortes y sueldas realizadas en planos previos a su ejecución.

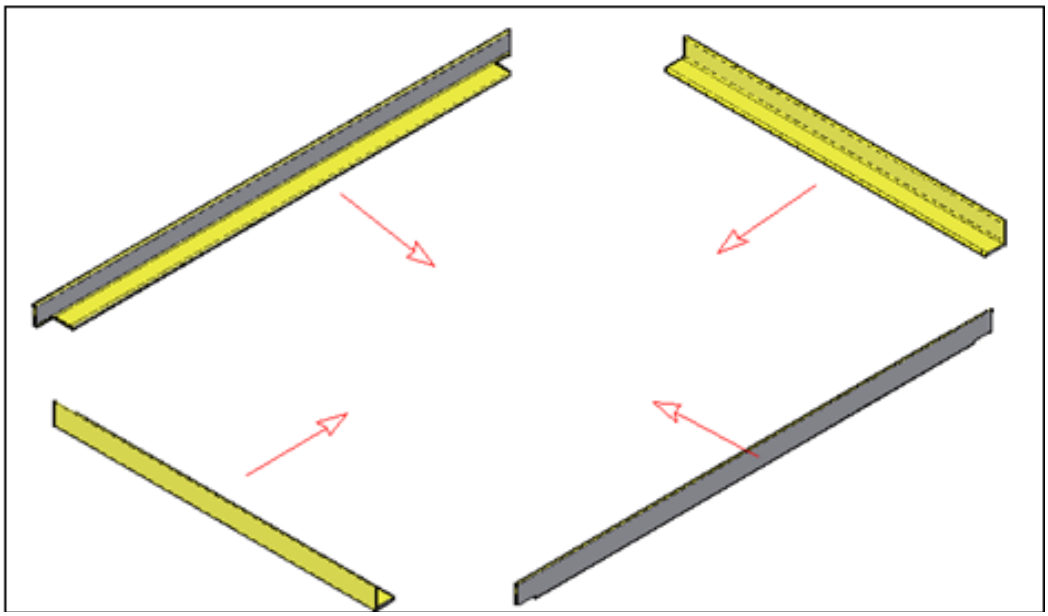
Corte y medidas de ángulos para bases de la estructura



FUENTE: Autores

Figura 4.9 Corte y medidas de ángulos para bases de la estructura.

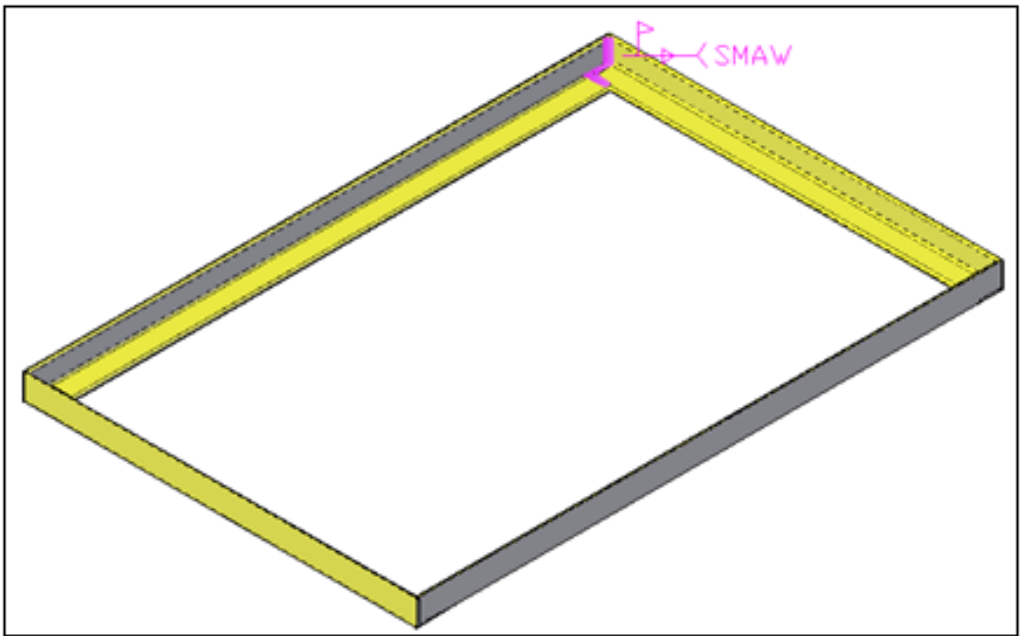
Dirección de acople de ángulos



FUENTE: Autores

Figura 4.10 Dirección de acople de ángulos.

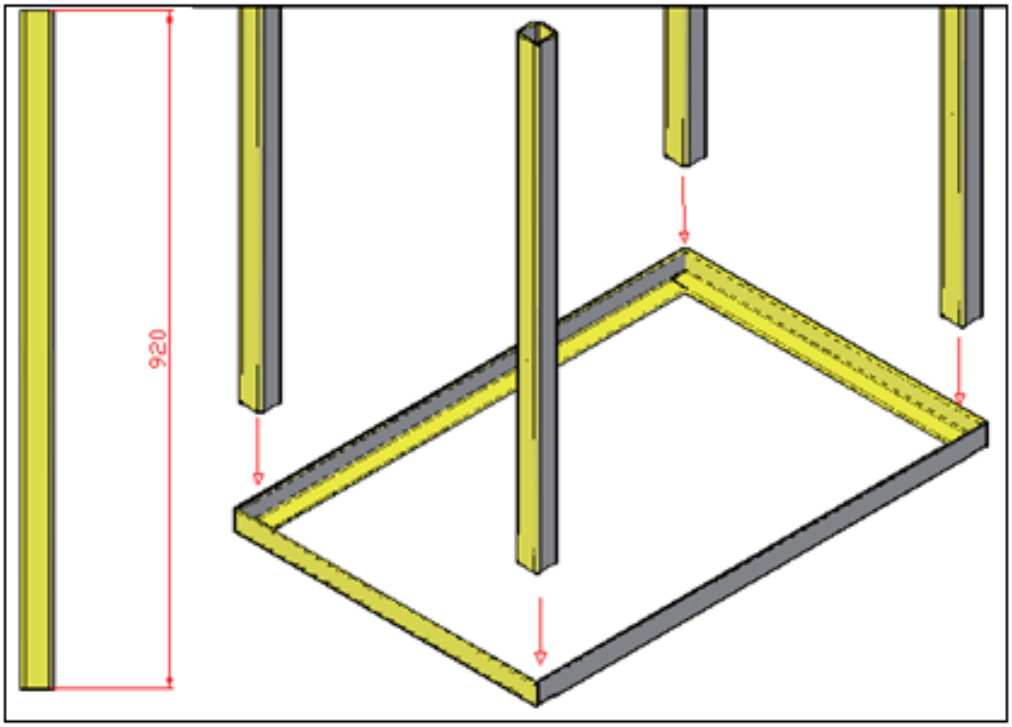
Suelda de bases de la estructura



FUENTE: Autores

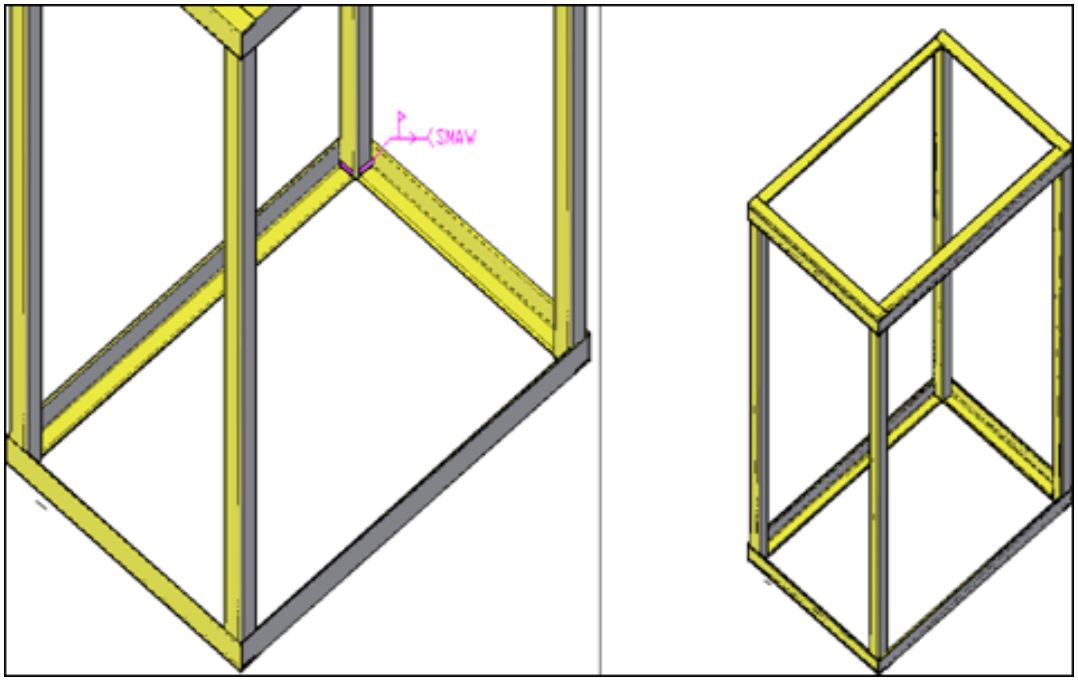
Figura 4.11 Suelda de bases de la estructura

Ensamble de la estructura



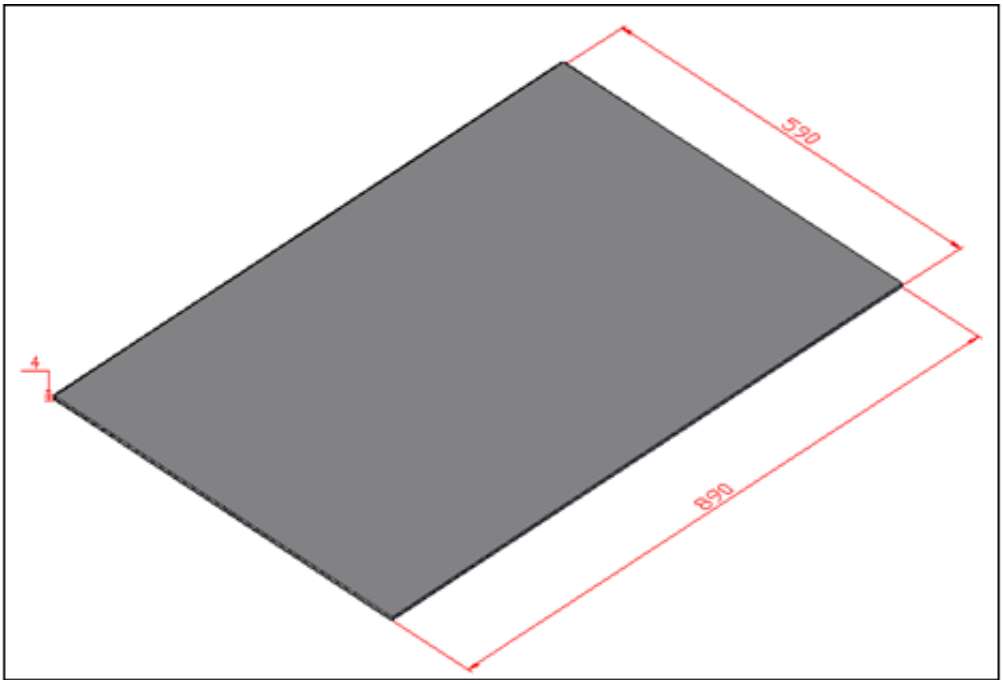
FUENTE: Autores

Figura 4.12 Medida y dirección de ensamble del tubo cuadrado



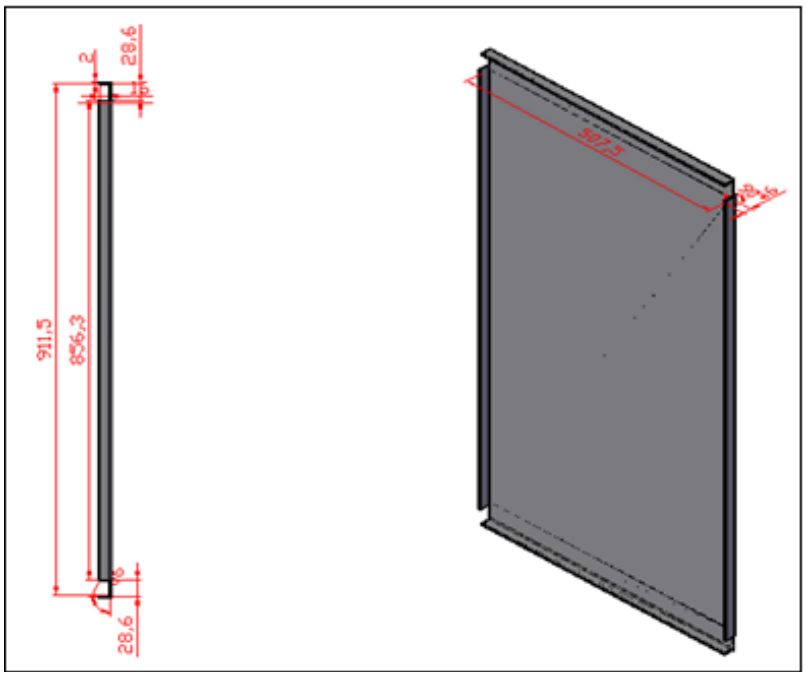
FUENTE: Autores

Figura 4.13 Suelda y terminado de estructura



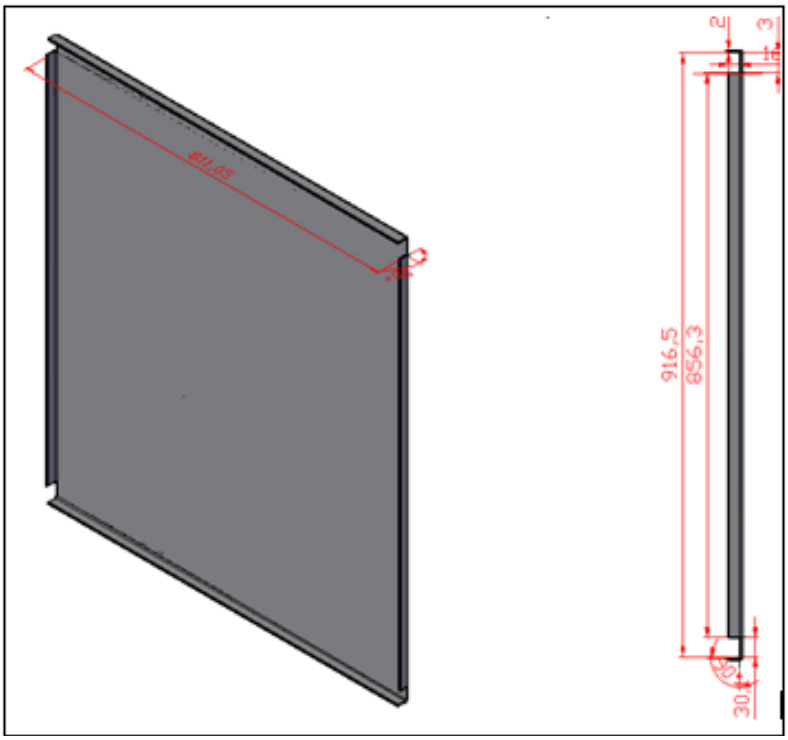
FUENTE: Autores

Figura 4.14 Corte y medidas de la plancha superior del tablero



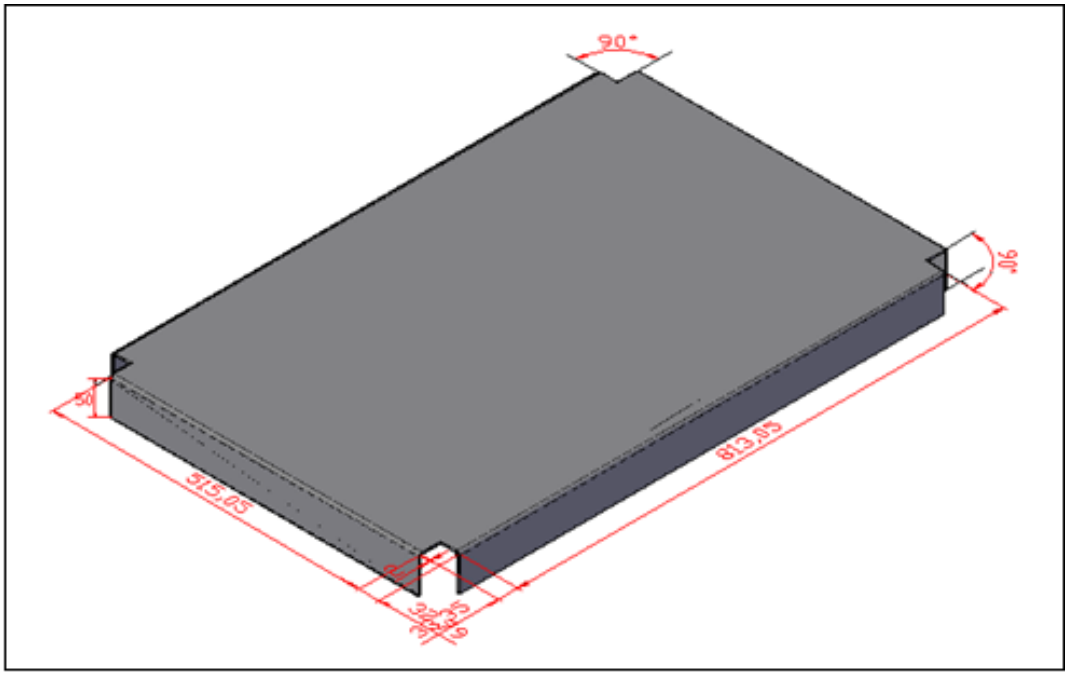
FUENTE: Autores

Figura 4.15 Corte y medidas de las planchas laterales del tablero



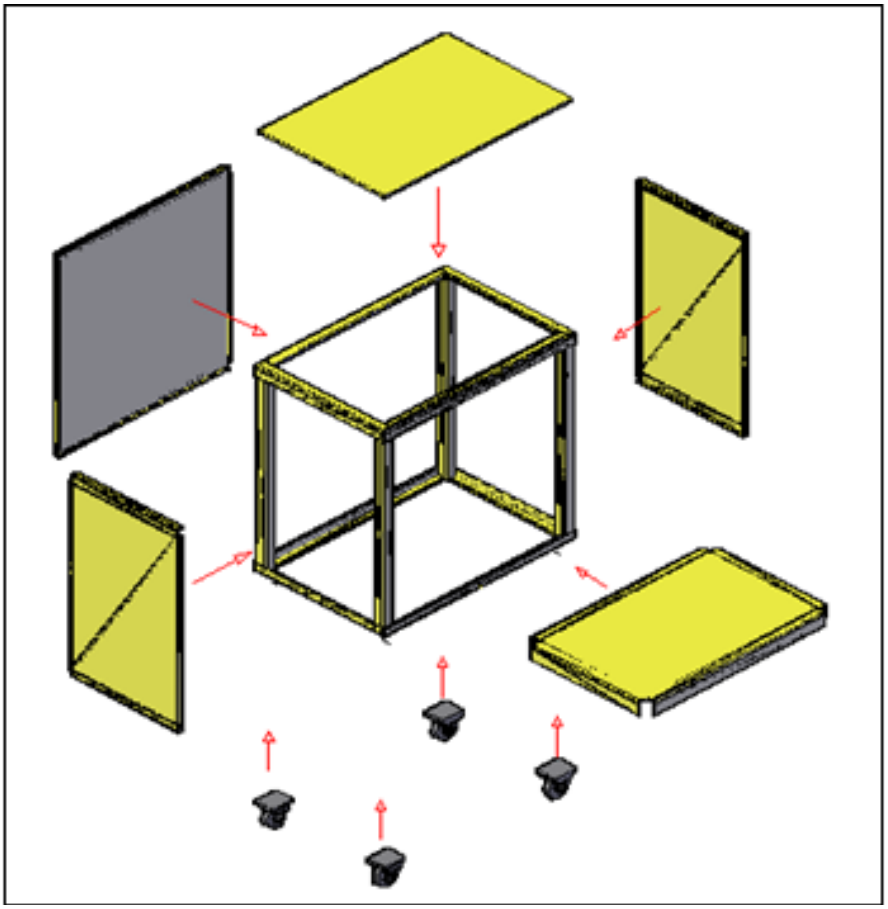
FUENTE: Autores

Figura 4.16 Corte y medidas de la plancha posterior del tablero



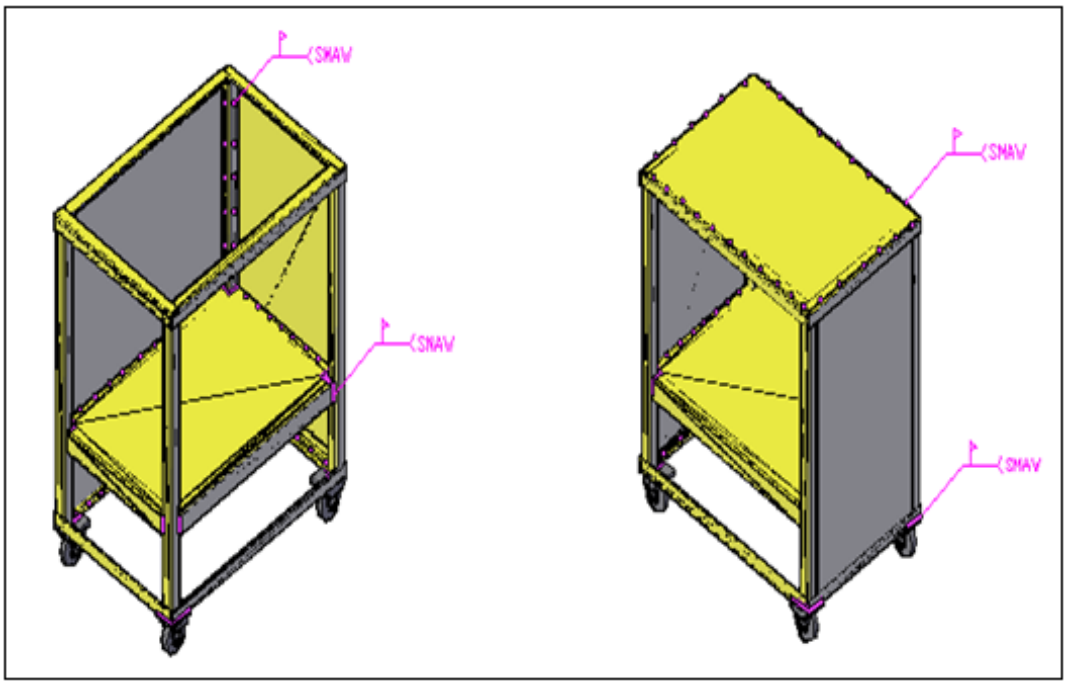
FUENTE: Autores

Figura 4.17 Corte y medidas de la plancha inferior del tablero



FUENTE: Autores

Figura 4.18 Dirección de ensamble de la estructura



FUENTE: Autores
Figura 4.19 Suelda para el ensamble de la estructura

Estructura final

FUENTE: Autores
Figura 4.20 Estructura Final

4.9.2 DISEÑO Y ENSAMBLE DE LA PARTE MECÁNICA

Debemos seleccionar los elementos mecánicos a la par de lo que construimosla 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

FUENTE: Autores
Tabla 4.3 Elementos mecánicos

1	Manguera para turbo mtp	2-3/8”
1	Manguera para turbo mtp	2”
4	Racór	½*12; 3/8*12
1	Codo	3/8*6
1	T	½*12
5	Cañería para acoples rápidos	1m*12mm
1	Cañería para acoples rápidos	1m*10mm
1	Cañería para acoples rápidos	1m*6mm

FUENTE: Autores
Tabla 4.4 Acoples hidráulicos y mangueras.

1	Tapón de cárter	18mm
3	Perno admisión VTG con tuerca	8x1,25 x30
4	Perno admisión turbo con tuerca	RG 7 1/16”x1 1/4”
4	Perno soporte motor eléctrico con tuerca y rodela de presión	RG 5/16”x 1 1/4” 5/16”
7	Perno tubos al filtro y tapa aceite	5/16”x 3/4”
4	Perno soporte recipiente aceite con tuerca	M10x1,50x30 10x1,50
1	Perno soporte bomba de aceite con tuerca y rodela de presión	M8x1,25x80
1	Perno soporte bomba de aceite con tuerca y rodela de presión	M8x1,25x100
2	Perno soporte de bomba de vacío con tuerca	M10x1,50x60
3	Tornillo de sujeción bomba de vacío con tuerca cadmiada	M6x100 M6

FUENTE: Autores

Tabla 4.5 Pernos y tuercas de montaje

b) Preparación de la estructura para instalar los turbos

Terminada la estructura y seleccionados todos los elementos mecánicos, los cuales se encuentran en las tablas anteriores, procedemos a realizar todo lo necesario para poderlos instalar de manera adecuada (Figura 4.21), esto significa que debemos hacer los orificios para: la admisión de los turbos (tanto del compresor como del aire atmosférico), lubricación (presión de entrada y retorno de aceite), cableado, instalación del recipiente de aceite y bomba de vacío.

FUENTE: Autores

Figura 4.21 Orificios de ensamble para 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

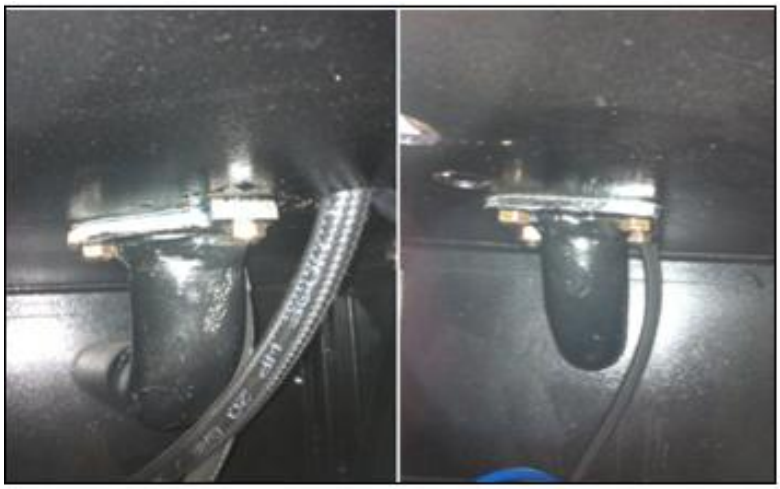
7.- Presión de aceite hacia VTG

8.- Retorno de aceite del VTG

c) Instalación de los Turbos

Para la instalación de los turbos decidimos colocar el convencional en el lado izquierdo del tablero y el VTG al lado derecho, centrados para una buena visibilidad y para un manejo confortable, en el medio dejamos un espacio considerable ya que por ahí va a salir los gases residuales de los turbos y debemos considerar colocar tubos para su escape. En la admisión desde el

compresor hacemos un acople que consta de un tubo de escape con acoples rápidos y racores (Figura 4.22), debemos colocar empaques para que no existan fugas de aire.



FUENTE: Autores
Figura 4.22 Acople de admisión de aire de los turbos

Para la admisión atmosférica desde el filtro lo vamos a realizar con tubos, por su menor costo, pero para el acople al turbo si utilizamos un pedazo de manguera para turbo, y las aseguramos con abrazaderas.

FUENTE: Autores
Figura 4.23 Instalación de turbos

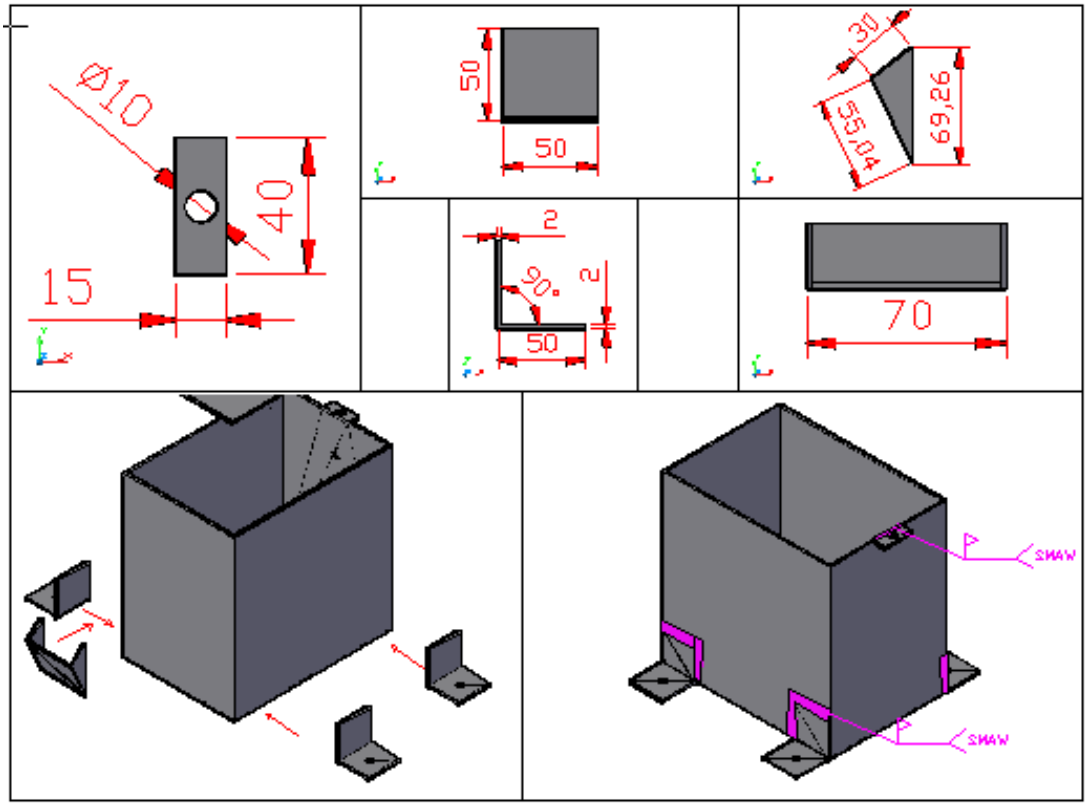
d) Sistema de lubricación de los Turbos

Debemos tener en cuenta que los turbos necesitan presión de aceite y retorno de aceite, para lo cual hacemos los respectivos acoples hidráulicos tanto para la presión como para el retorno y un recipiente para el almacenamiento del aceite.

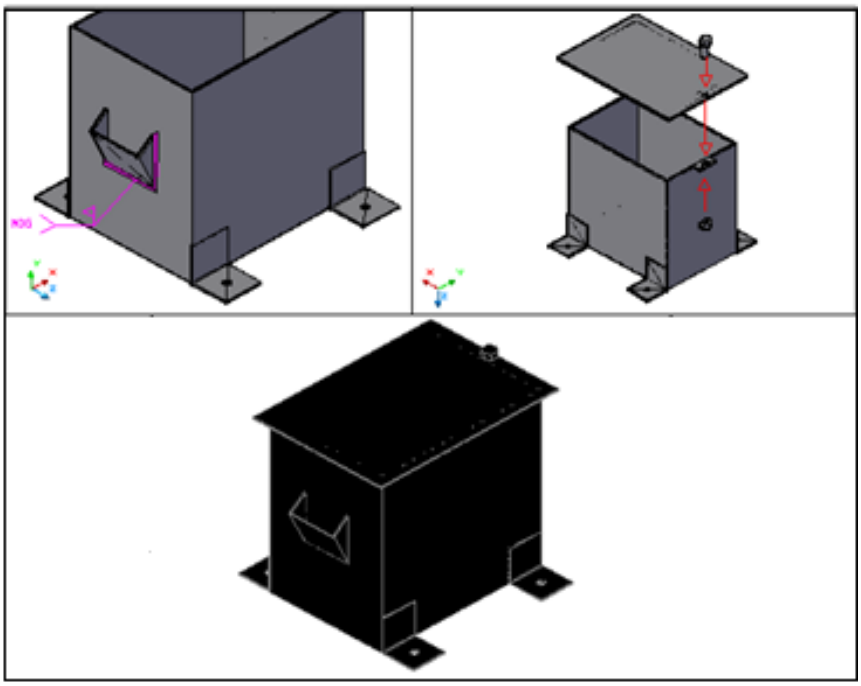
FUENTE: Autores
Figura 4.24 Acoples de presión y retorno de aceite del turbo convencional

FUENTE: Autores
Figura 4.25 Acoples depresión y retorno de aceite del VTG

e) Diseño y ensamble del recipiente de aceite

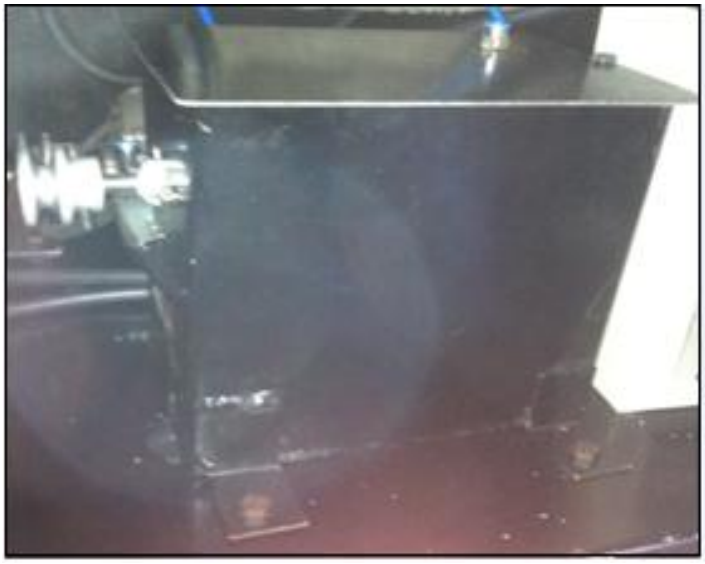


FUENTE: Autores
Figura 4.26 Medidas y suelda del recipiente de aceite



FUENTE: Autores
Figura 4.27 Recipiente de aceite

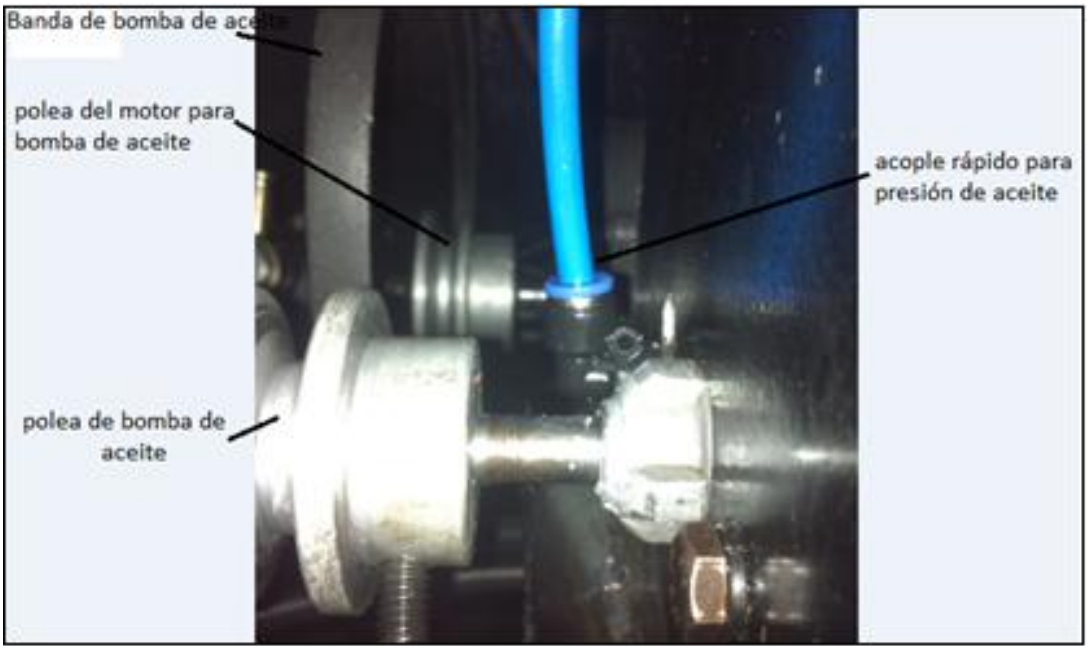
Diseñado y construido el recipiente de aceite, acoplamos la bomba de aceite y a ésta le colocamos una polea para que el motor le transmita su movimiento.



FUENTE: Autores

Figura 4.28 Acople de polea de bomba de aceite para motor monofásico

La bomba de aceite tiene un orificio del cual vamos a tomar la presión que necesitamos para lubricar a los turbos, pero necesitamos hacer el acople (Figura 4.29) sin que interfiera con la polea ni la banda de la misma.

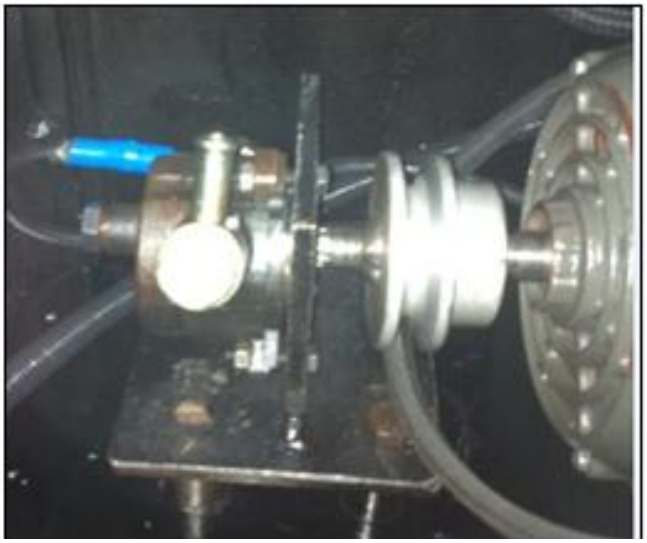


FUENTE: Autores

Figura 4.29 Acople para presión de la bomba de aceite

f) Bomba de vacío

Para el control de la geometría variable del turbo necesitamos una bomba de vacío por lo que hacemos un acople a nuestro motor mediante un eje estriado y una placa de montaje para empotrar la bomba al tablero.



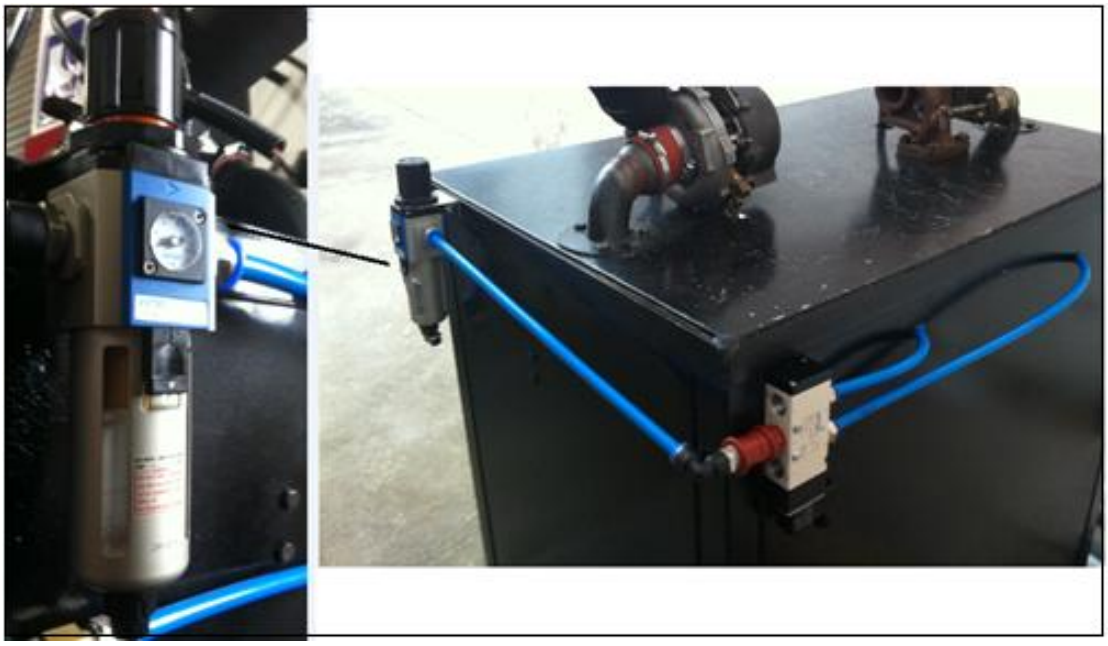
FUENTE: Autores
Figura 4.30 Acople del motor a la bomba de vacío

g) Regulación del flujo de aire del compresor a los turbos

Para la simulación del funcionamiento de los turbos necesitamos una entrada de aire, nosotros hemos decidido hacer funcionar los turbos con un compresor, por lo tanto, la entrada será adaptada para el mismo.

FUENTE: Autores
Figura 4.31 Acople para el compresor

Incorporamos un regulador, el cual nos permita dejar pasar la cantidad de aire que el usuario desee, por lo que seleccionamos un componente que nos permite realizar esta acción y simultáneamente filtra el aire que viene del compresor, lo cual es muy beneficioso ya que cuenta con una trampa de agua y filtro de partículas, una vez que pasa por este filtro el aire se dirige a los turbos pasando por una electroválvula seleccionadora (ver funcionamiento en parte eléctrica), la cual permite dirigir el flujo de aire hacia el turbo que el usuario desee hacer funcionar.



FUENTE: Autores
Figura 4.32 Filtro regulador de aire y electroválvula direccionadora de flujo

4.9.3 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	Contactor	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

FUENTE: Autores
Tabla 4.6 Elementos eléctricos

b) Instalación del motor monofásico

Para hacer funcionar la bomba de aceite (lubricación de los turbos) y la bomba de vacío (control de la geometría variable) se requiere de un motor eléctrico. Hacemos un acople directo a la bomba de vacío y además colocamos una polea para mover la bomba de aceite mediante una banda.

FUENTE: Autores
Figura 4.33 Instalación del motor monofásico

c) Control y protección del motor

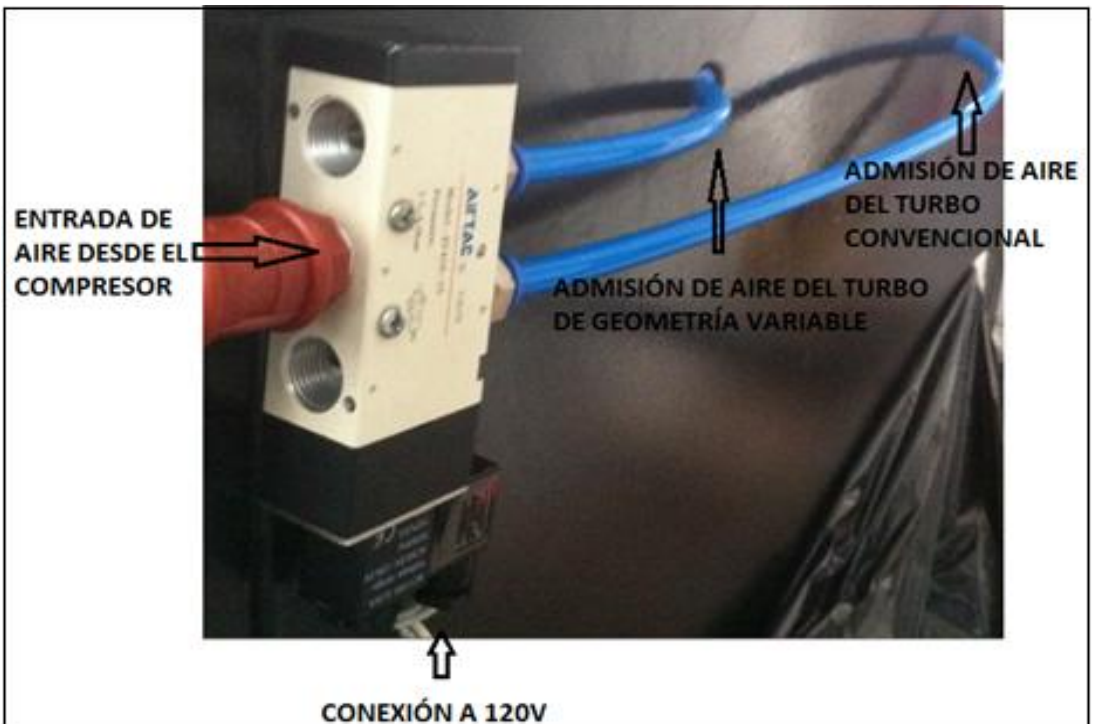
Para el funcionamiento del motor colocamos un contactor, el cual va a recibir la señal del PLC, para accionar el mismo, y ésta señal la vamos a controlar nosotros mediante el software de operación del tablero, también colocamos un guardamotor el cual tiene una función de proteger al motor de cualquier sobre voltaje y trabamiento del mismo, además su accionamiento es manual, debemos mencionar que estos 2 elementos se encuentran en una caja de paso alejada de la caja de control, la cual contiene el PLC, pero cercana al motor para sus correctas conexiones.

FUENTE: Autores
Figura 4.34 Instalación del contactor y guardamotor

d) Control del flujo de aire

Debido a que el tablero dispone de 2 turbos y solamente una entrada de aire, debemos controlar el flujo hacia uno u otro turbo según necesitemos hacer funcionar, para esto contamos con una electroválvula que realiza este trabajo, su funcionamiento es sencillo, hacemos la conexión a 120V, cuando ésta recibe 120V un solenoide deja pasar el flujo por un conducto, y si no recibe voltaje dejará pasar el flujo por el otro conducto, así conseguimos el direccionamiento del

aire, para esto necesitamos hacer una conexión a 120V y al PLC para controlarlo mediante el programa, y lo hace cuando se selecciona el turbo que va a funcionar, su esquema de conexión es básicamente el de un switch.



FUENTE: Autores
Figura 4.35 Control del flujo de aire

4.9.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

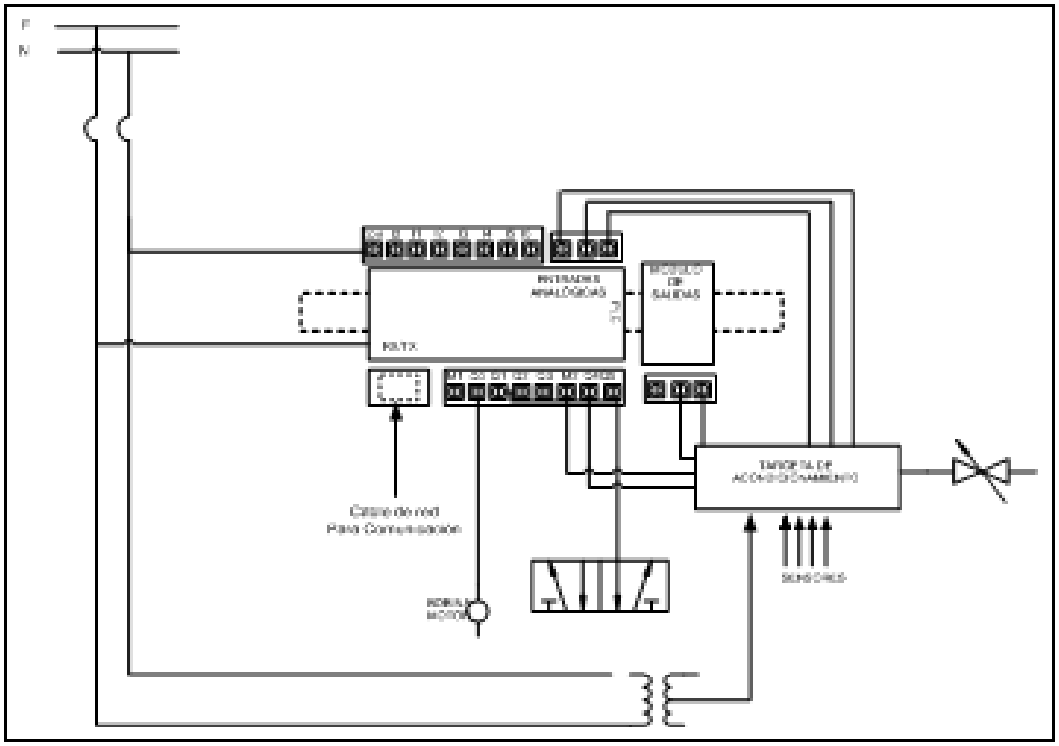
a) Selección de elementos electrónicos

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	

FUENTE: Autores
Tabla 4.7 Elementos electrónicos

b) Diseño del esquema de la caja de control

Esquematizar lo que concierne a la caja de control antes de su conexión, como vemos en la figura 4.36, hacemos las conexiones del PLC con el módulo de salidas, y desde ahí hacia la tarjeta de acondicionamiento, en la cual se encuentran los bornes para los sensores y a su vez está conectado el transformador para estos sensores, también conectamos el control del motor y de la electroválvula, una vez realizado esto también debemos considerar la conexión a fuente (F) y a neutro (N) tanto del PLC como de la tarjeta y el transformador.



FUENTE: Autores
Figura 4.36 Esquema de la caja de control

c) Instalación de elementos en la caja de control

Colocar el riel DIN para sobre éste montar los diferentes elementos tal como los habíamos esquematizado anteriormente, esta caja contará con: el PLC, el módulo de salidas, la tarjeta de acondicionamiento, el transformador, el breaker, las luces piloto y la botón de encendido del tablero, seleccionados los

elementos que van a ir en la caja los colocamos y procedemos a realizar el cableado respectivo, siguiendo el esquema de conexión.

FUENTE: Autores
Figura 4.37 Instalación de luces piloto y botón de encendido del tablero

FUENTE: Autores
Figura 4.38 Instalación del PLC y cableado

FUENTE: Autores
Figura 4.39 Instalación de borneras y breaker

FUENTE: Autores

Figura 4.40 Instalación de tarjeta de acondicionamiento y cableado

d) Instalación del convertidor de presión del VTG

Para el funcionamiento de la geometría variable del turbo es necesario que exista un convertidor de presión que es el que regula el paso del vacío desde la bomba hacia el turbo, además a ésta le acoplamos un depósito y un filtro para el correcto funcionamiento del convertidor.

FUENTE: Autores

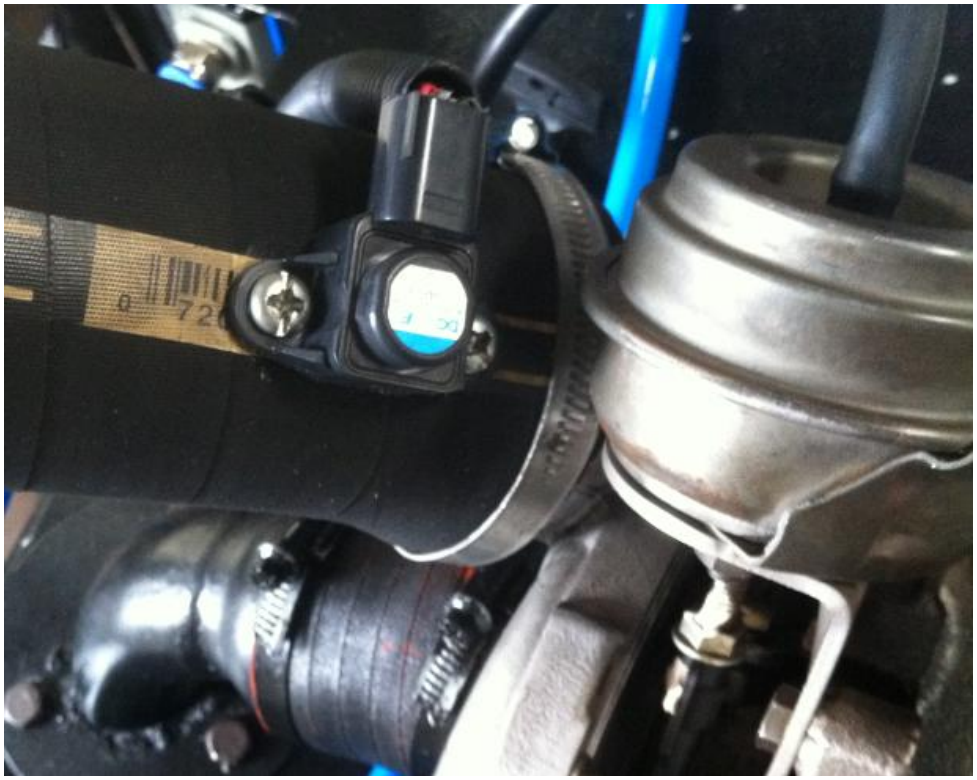
Figura 4.41 Instalación del convertidor de presión del VTG

e) Instalación de los sensores MAP

El sensor MAP lo vamos a colocar en la entrada de aire justo después del filtro regulador de flujo, así, la señal que obtengamos de éste servirá para los 2 turbos; para su instalación utilizamos una T de acoples rápidos, consiguiendo con esto, que el flujo del aire continúe su trayectoria normalmente, complementamos el acople con cañería que nos sirve para ajustar a la boca del sensor desde la medida de la cañería que viene desde el compresor.

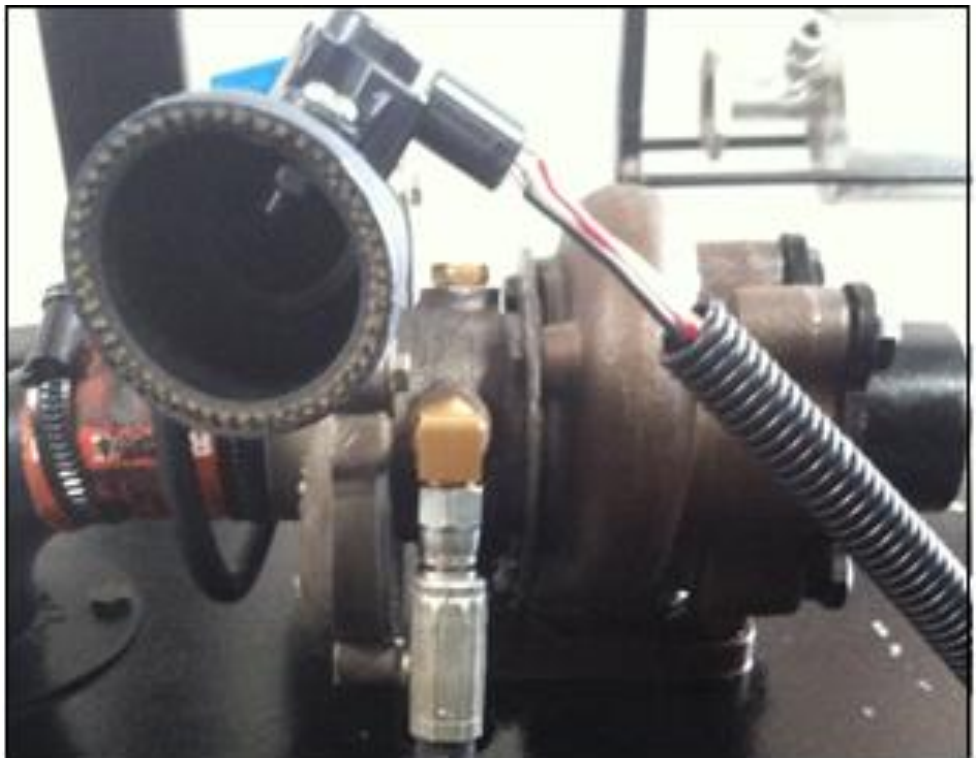
FUENTE: Autores
Figura 4.42 Instalación del sensor MAP de entrada

Luego debemos instalar un sensor MAP en cada una de las salidas de los turbos, para ello realizamos un acople con manguera y en ésta colocamos los sensores.



FUENTE: Autores

Figura 4.43 Instalación del sensor MAP de salida del VTG

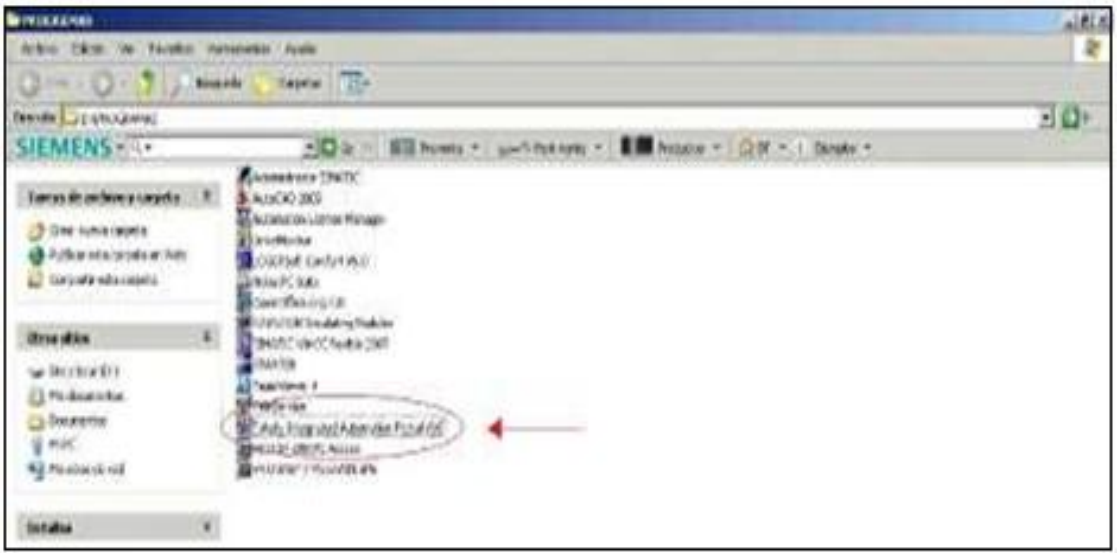


FUENTE: Autores

Figura 4.44 Instalación del sensor MAP de salida del turbo convencional

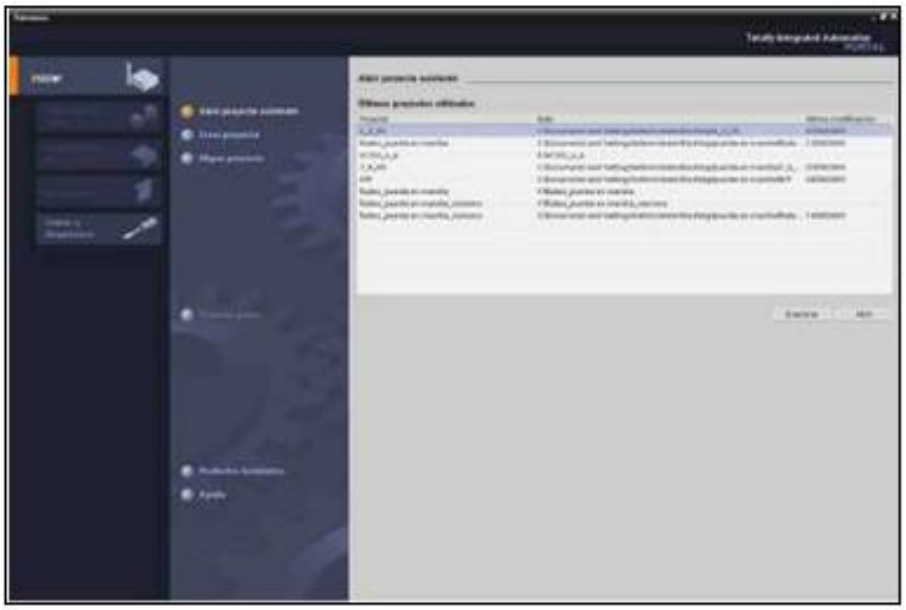
4.9.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC

a) Abrir Aplicación.- Ejecutamos la aplicación de Step 7 Basic v10.5



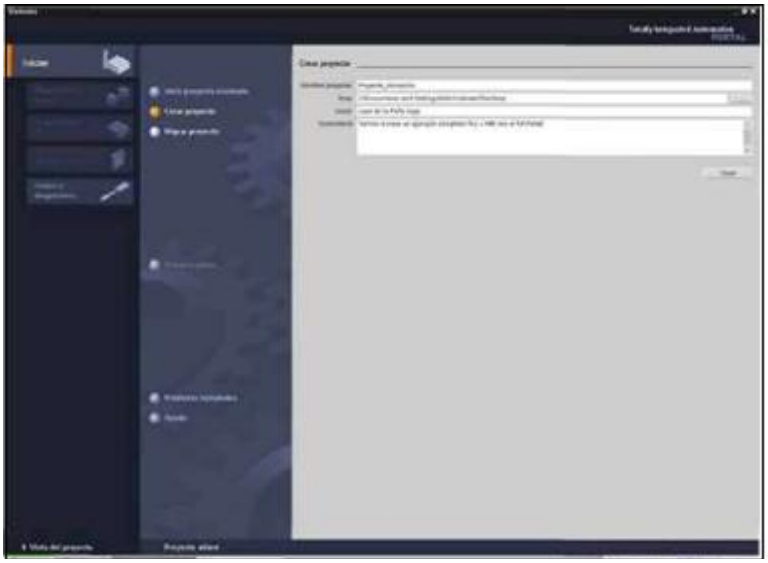
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.45 Ejecutar Aplicación

b) Crear Proyecto Nuevo.- Dentro de la pantalla de inicio nos aparece seleccionado por defecto la opción de "Abrir proyecto existente". Se inicia un proyecto desde cero, por lo que seleccionaremos "Crear proyecto".



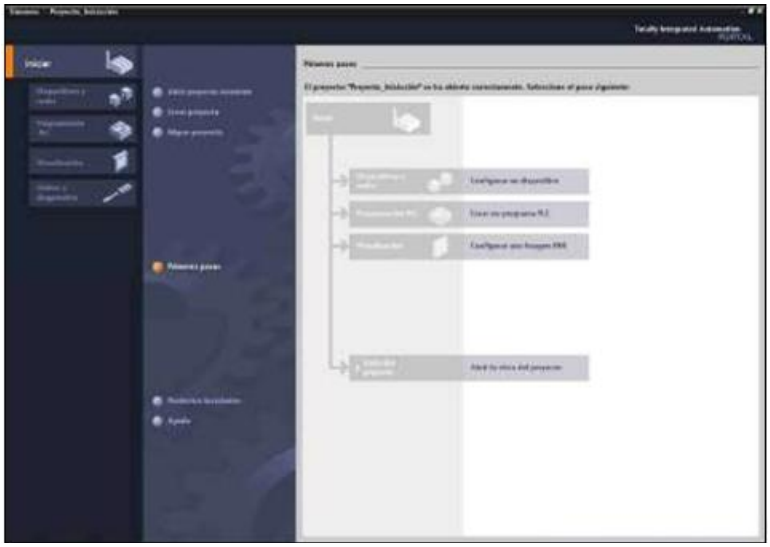
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.46 Crear proyecto nuevo

c) Información del Proyecto.- Al seleccionar esta opción le daremos el nombre al proyecto, quien es el autor, etc. y elegimos la opción de "Crear".



FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.47 Información del proyecto

d) Primeros Pasos.-En “Crear” nos aparece la "Vista Portal" y nos selecciona por defecto "Primeros pasos". Desde aquí tenemos las siguientes opciones: a) para "configurar un dispositivo", b) "Crear programa PLC" y c) "Configurar una imagen HMI". Empezaremos por lo básico configurando el HW del equipo para lo que le daremos a “configurar un dispositivo”.



FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.48 Configurar equipo

e) Seleccionar CPU.- En "Agregar Dispositivo" aparecen dos opciones: PLC o el Panel HMI. Nosotros elegimos el PLC. Damos al botón del PLC y nos aparecerá en la ventana de la derecha todas las CPU donde tendremos que seleccionar la que tengamos, que en nuestro caso es el CPU 1212C y daremos a “Agregar”.

FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.49 Seleccionar SIMATIC PLC

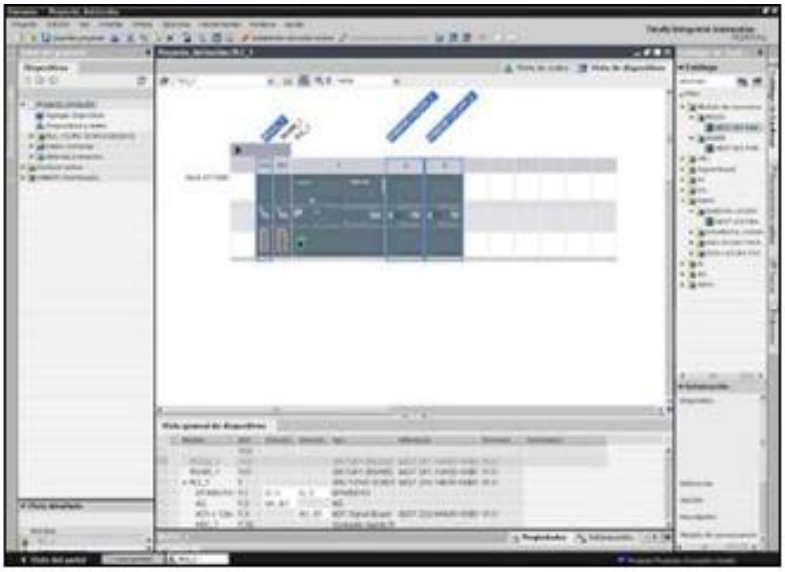
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.50 Seleccionar CPU

f) Configuración de Hardware.-Aparece la ventana de configuración del equipo. Tenemos que hacer ahora es meter el módulo que tenemos en nuestro equipo físicamente (módulo de I/O). En el SIMATIC S7-1200 los módulos de

comunicación se insertan a la izquierda de la CPU y los módulos de I/O se meten a la derecha. Como máximo puede haber 3 módulos de comunicación y 8 de I/O.

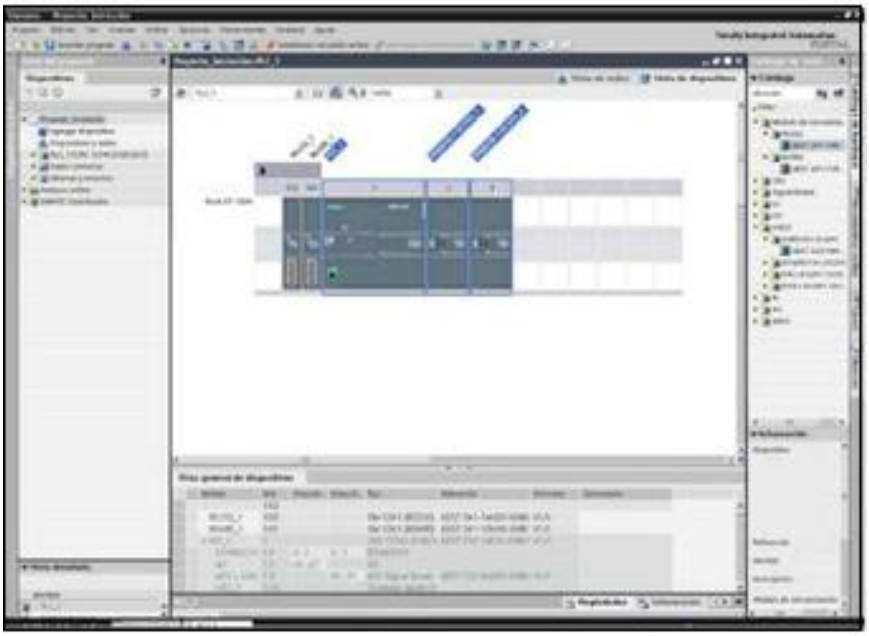
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.51 S7-1200 - Módulos de Expansión

En la parte de inferior de la pantalla, según vamos insertando los módulos nos podemos meter en las propiedades del módulo y ver sus propiedades, el direccionamiento, etc.



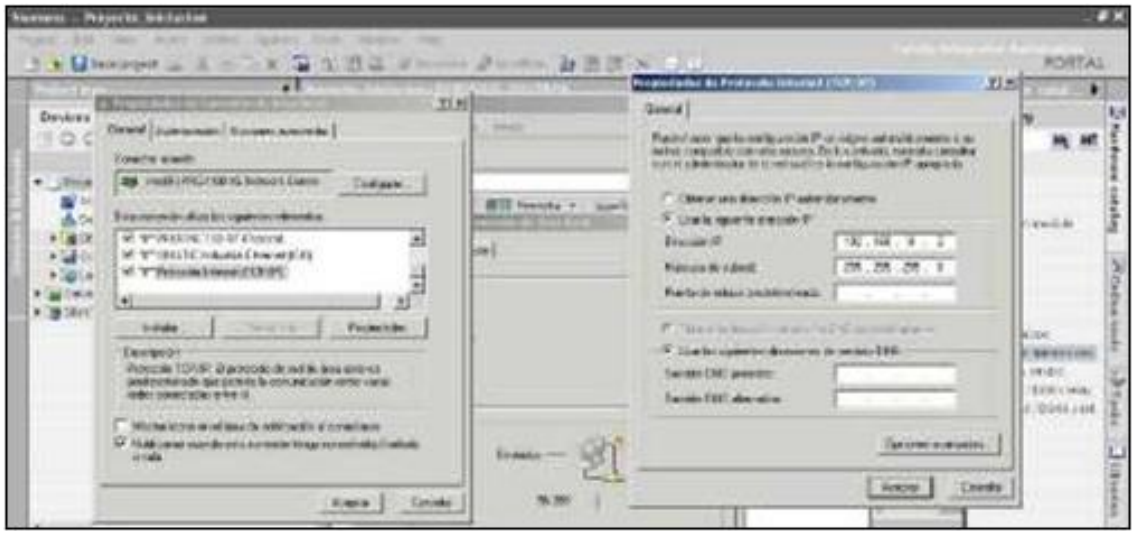
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.52 Insertar módulo

g) Transferir Configuración.-Para transferir la configuración seleccionamos la CPU y se nos habilita el ícono que es para transferir pero antes de esto comprobaremos la dirección IP del PC y del PLC.



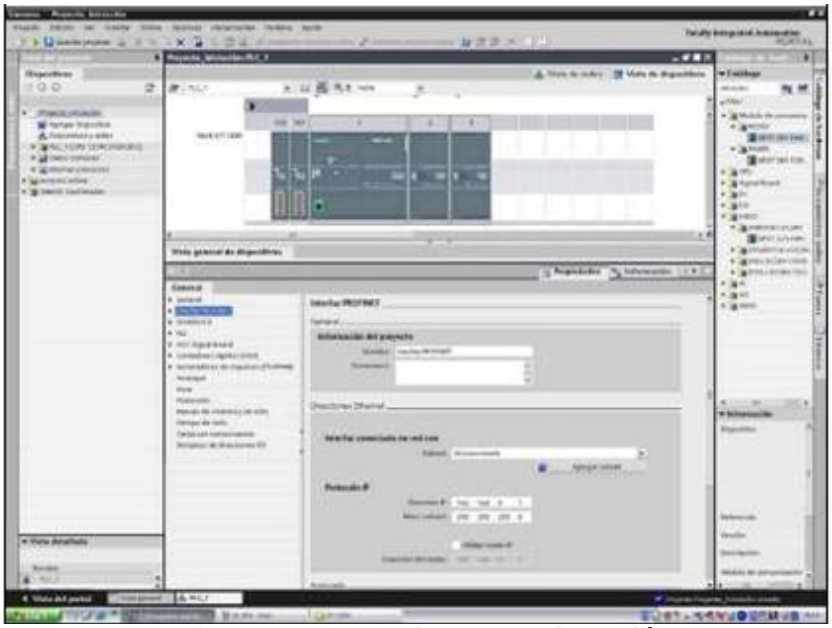
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.53 Ver Propiedades – Direccionamiento

Primero la IP del PC, le asignamos la dirección 192.168.0.2 o la que sea del rango que no coincida ni con el PLC ni con la pantalla. (Por defecto, el rango suele ser "192.168.0.XXX").



FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.54 Dar dirección IP al PG/PC

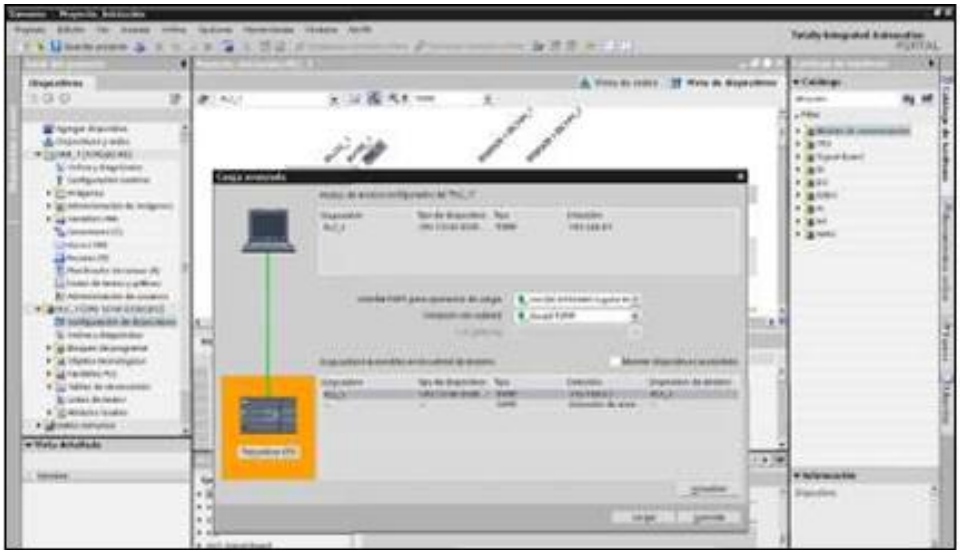
Aquí es donde le daremos la IP y la mascara de subred que queramos a nuestro PLC.



FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.55 Dar dirección IP al S7-1200

Comprobado que nos comunica correctamente con el PLC nos disponemos a transferir la configuración HW.

Daremos al botón de transferir(siempre seleccionando la CPU sino nos aparecerá este ícono deshabilitado) y nos aparecerá la siguiente pantalla donde deberemos seleccionar el interface de comunicación de la PG/PC y por TCP/IP. Nos aparece le damos al botón de "Cargar".



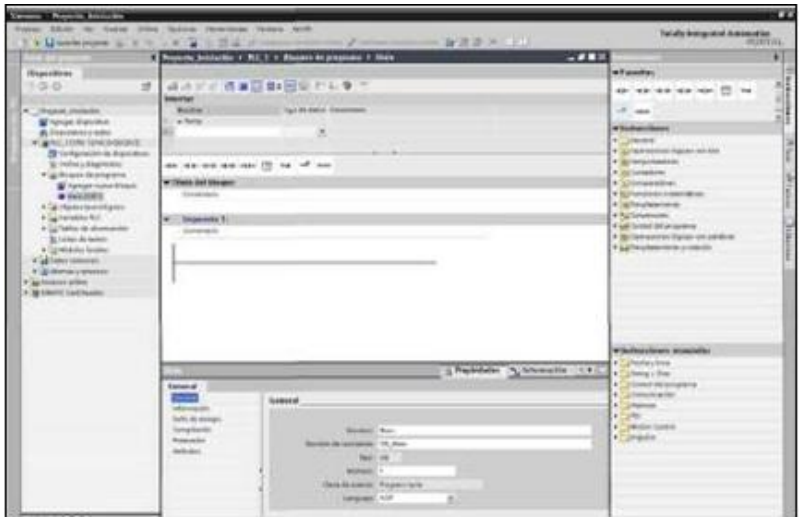
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.56 Transferir Configuración

Cuando damos clic en “Cargar” realiza una compilación del proyecto para ver que todo es correcto. Si está todo bien le damos otra vez a “Cargar” y si está todo bien nos saldrá una nueva ventana de que todo ha ido bien.

FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.57 Ventana de Aceptación

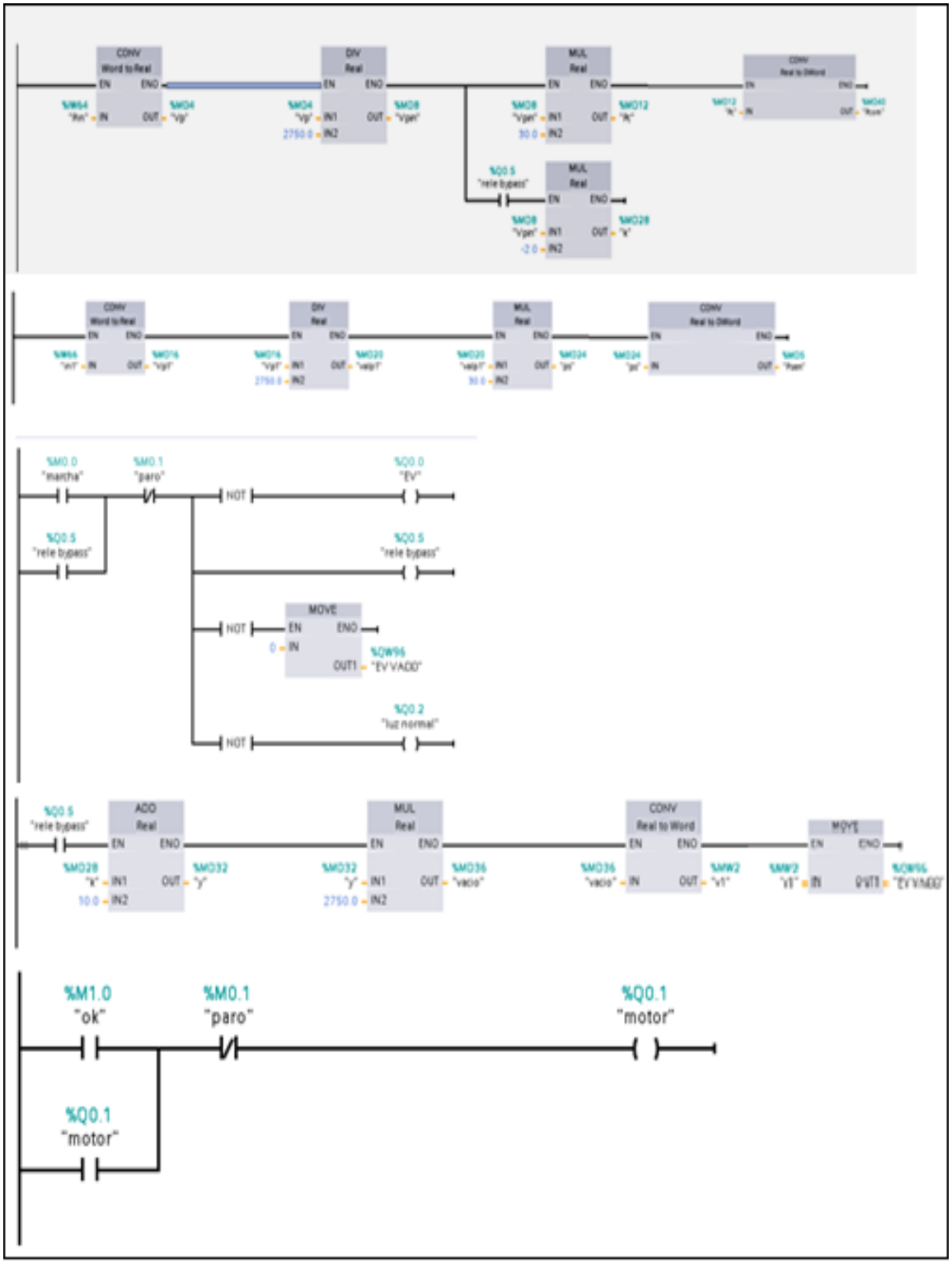
4.9.6 PROGRAMACIÓN DEL S7-1200

a) Editor de Bloques.- Transferida la parte HW, nos vamos a la parte de programación. Para ello ponemos en editar/crear bloque y le damos a "agregar nuevo bloque".



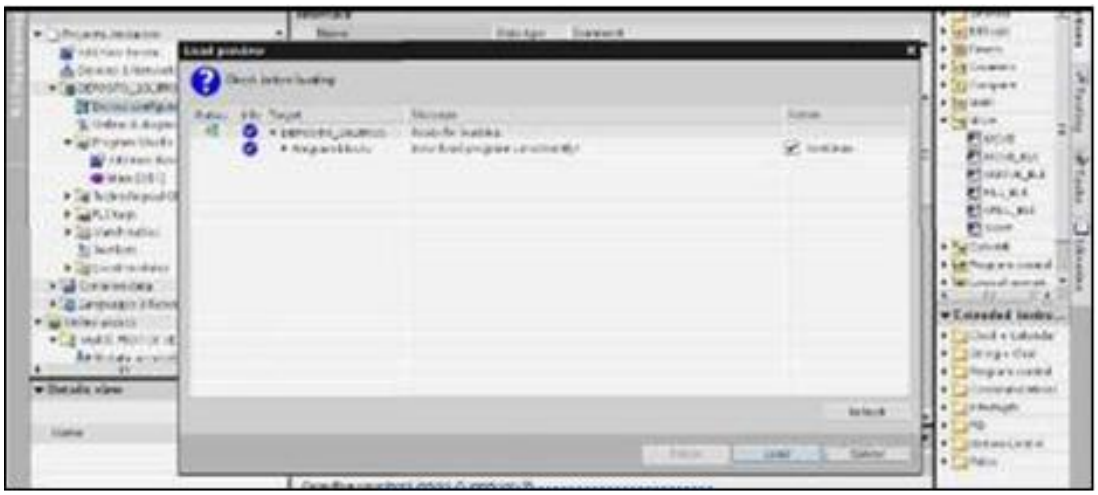
FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.58 Editor de Bloques

Las propiedades del bloque que insertemos estarán en la ventana de propiedades. Insertamos las instrucciones que va a realizar el programa.



FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.59 Insertar Instrucciones

b) Transferir Programa.-Realizado el programa le damos al botón de transferir, y en las ventanas que nos salgan le damos a "Cargar". Cuando transferimos podemos transferir sólo el bloque que estamos editando o si seleccionamos en la ventana del proyecto "Bloques de Programa" transferirá todos los bloques, y si seleccionamos el PLC transferirá tanto el Hardware como el programa completo.

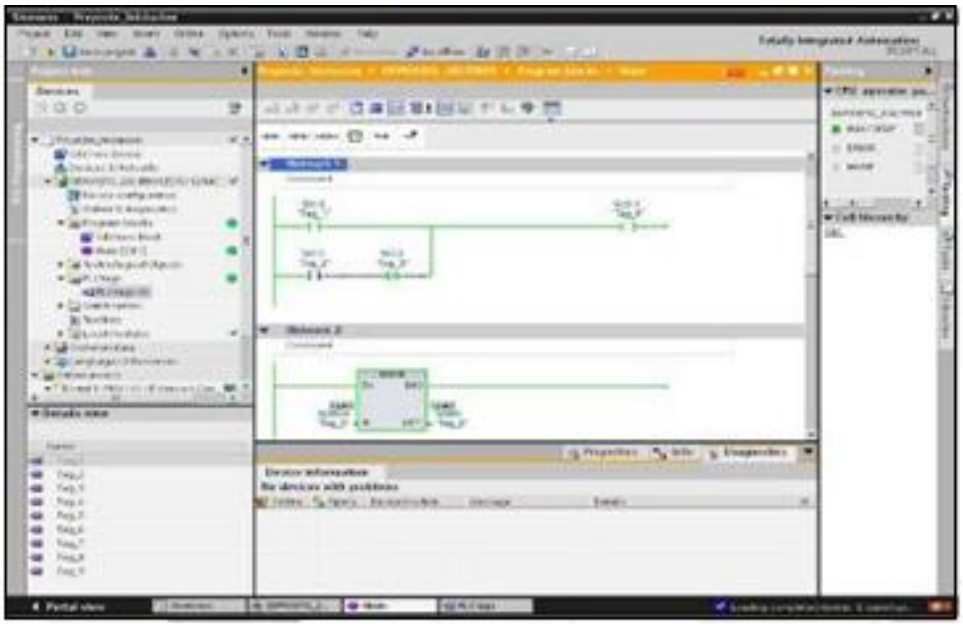


FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.60 Transferir el Programa

FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.61 Ventana de Aceptación

Y con esto ya habremos hecho el primer proyecto completo para la parte del PLC. Para comprobar que el programa funciona correctamente nos podremos poner en Online y ver el estado que tienen las variables en todo momento.

c) Visualización on-line.- Para ponernos en On-line y visualizar el estado de las variables, le daremos al botón de "establecer conexión online" y nos pondrá en On-line donde se pondrá la pantalla de color naranja.



FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.62 Ponernos en on-line

Otra manera de ver el estado de las variables es creando una tabla de variables. Le damos a crear una nueva y aquí podremos introducir todas las variables del proyecto que queramos visualizar.

FUENTE: Software Step 7 Basic v10.5. Adaptación: Autores
Figura 4.63 Crear una tabla de observación

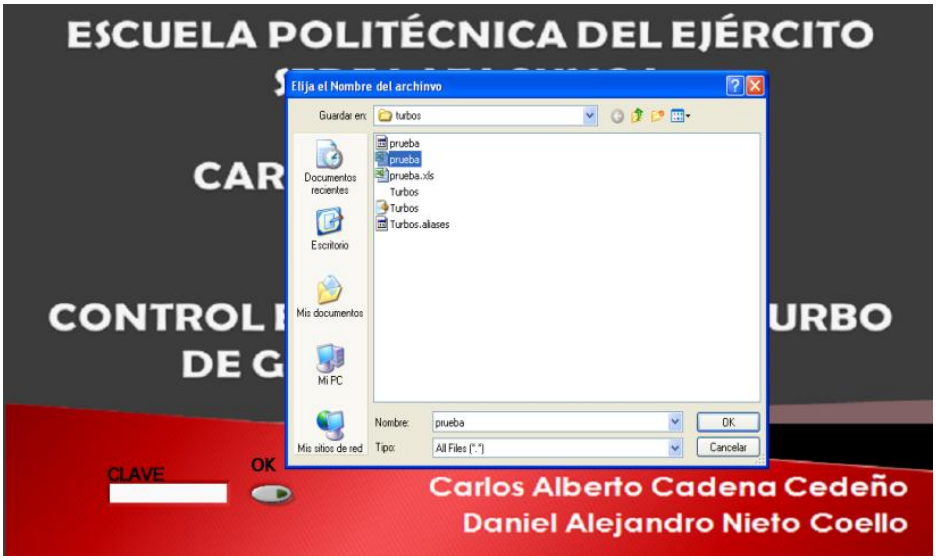
4.9.7 PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

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) que se utiliza para que el usuario sea capaz de ejecutar el programa de una forma adecuada y sencilla, con el objetivo de obtener las gráficas de rendimiento de los turbos convencionaly de geometría variable.

FUENTE: Autores
Figura 4.64 Pantalla inicial del programa

La pantalla inicial del programa pide una clave, al introducir la clave y presionar OK, el proceso va a comenzar, 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.



FUENTE: Autores

Figura 4.65 Ventana de inicio del programa

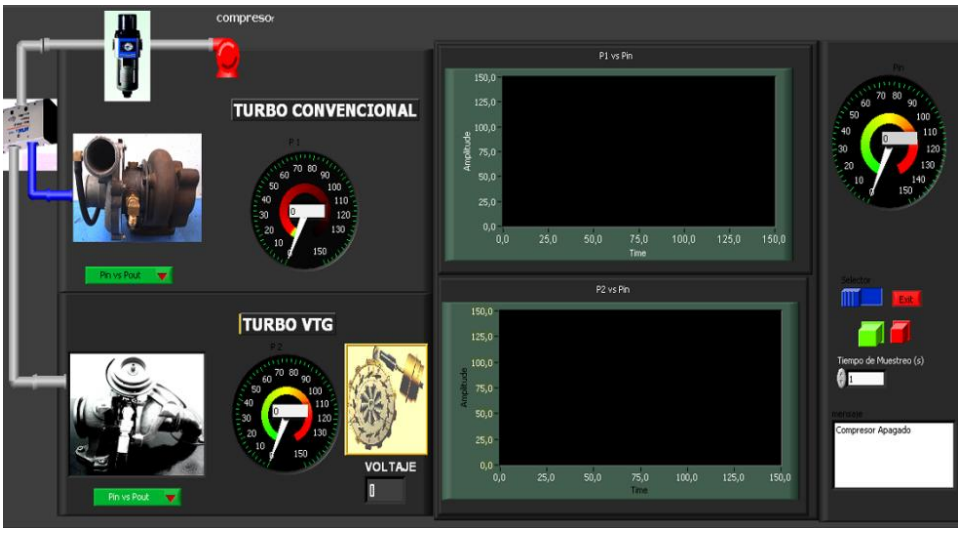
Direccionado el archivo donde se guardan los datos obtenidos durante el proceso, se ingresa a la pantalla generalque controla la gestión de adquisición de datos de los turbos.

Para comenzar con la adquisición de datos el usuario debe elegir el turbo que va a funcionar primero y para ello cuenta con una pestaña en la parte derecha de la pantalla, también hay un lugar que nos permite escoger el tiempo de muestreo el cual debemos colocar según la rapidez de toma de datos que deseemos, y existe un botón para encender el motor.

FUENTE: Autores

Figura 4.66 Pantalla de adquisición de datos

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.

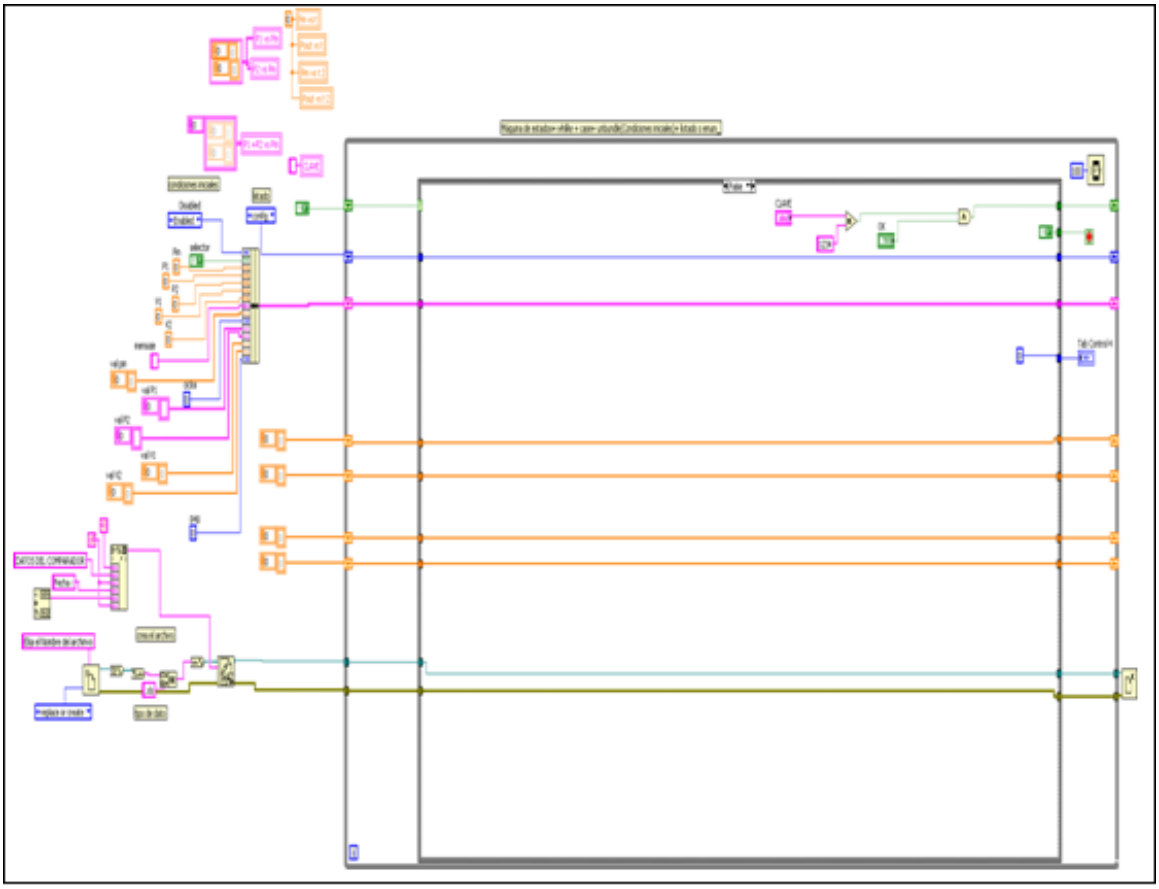


FUENTE: Autores
Figura 4.67 Pantallas de gráficas de datos

Al finalizar el programa y la adquisición de datos podemos utilizar los datos obtenidos, por medio de EXCEL, los cuales se guardan en la dirección de archivo que se solicita al iniciar la ejecución del programa y también se guardan todas las gráficas en una carpeta conjunta.

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. Por consiguiente en la primera parte se encuentran los valores por default, constantes y configuraciones de puertos, tiempos rutas de archivos, etc.



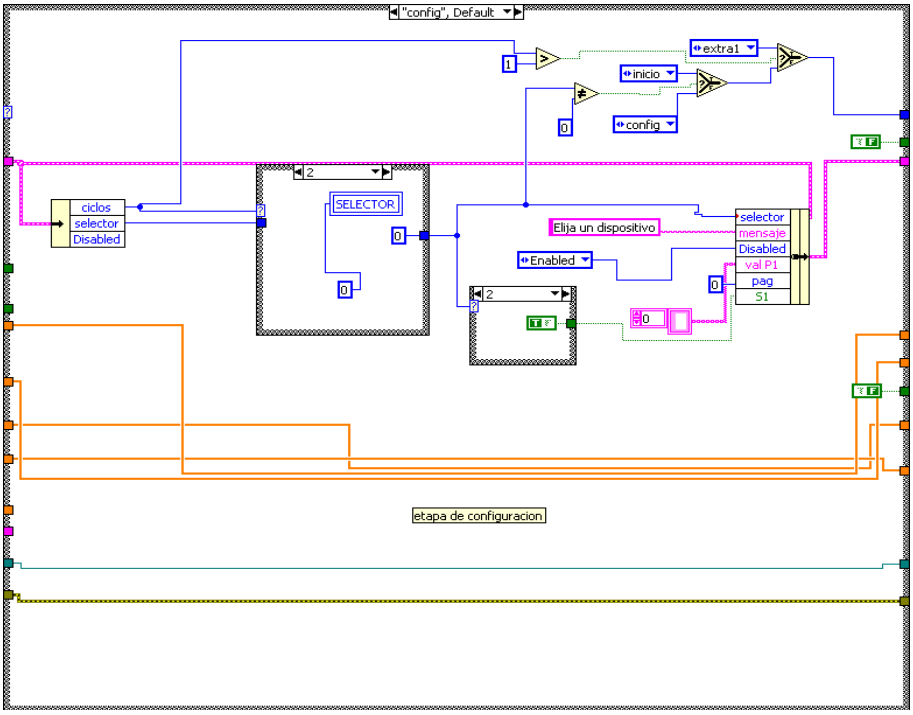
FUENTE: Autores

Figura 4.68 Condiciones iniciales del programa

El primer caso dentro del lazo es aquel que espera el ingreso y la posterior pulsación del botón de inicio mientras puede visualizarse una caratula, que es la pantalla inicial del programa figura 4.65.

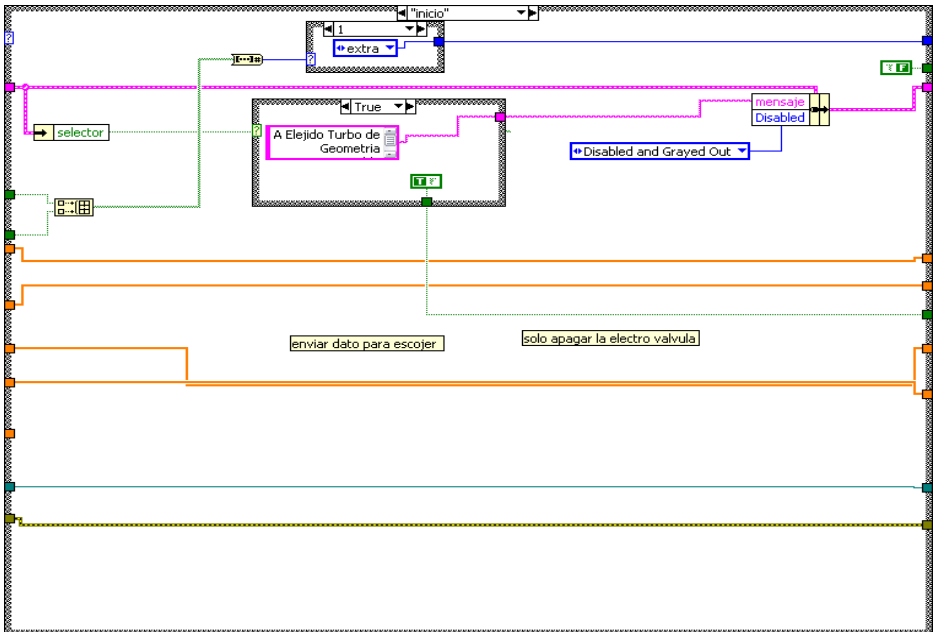
Ingresado al programa el siguiente caso es el de configuración donde se chequea la posición del selector para iniciar el modo de medida ya sea para el turbo convencional o para el VTG.

Aquí también se cuenta el número de ciclos que se ha dado, es decir si ya se ha realizado una medida, es aquí donde el programa vuelve y pasa automáticamente a otro caso de medida sin la necesidad de volver a manipular el control.



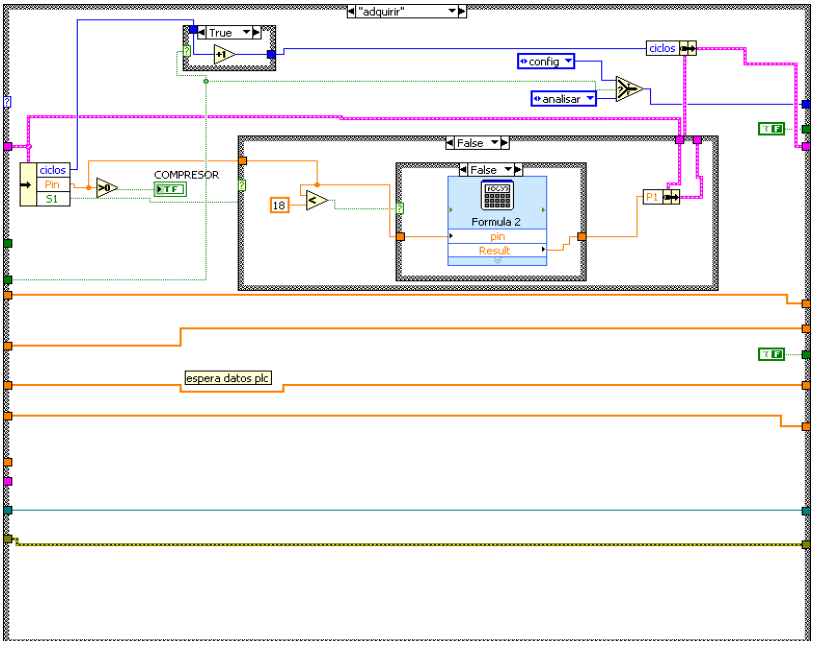
FUENTE: Autores
Figura 4.69 Caso "configuración"

Luego se pasa al caso de inicio, es aquí donde se envía al PLC el dato de cual turbo va a funcionar, si es el de turbo convencional está listo para funcionar, caso contrario, si es el VTG se espera por la activación del motor, que se la realiza con el botón verde de la pantalla.



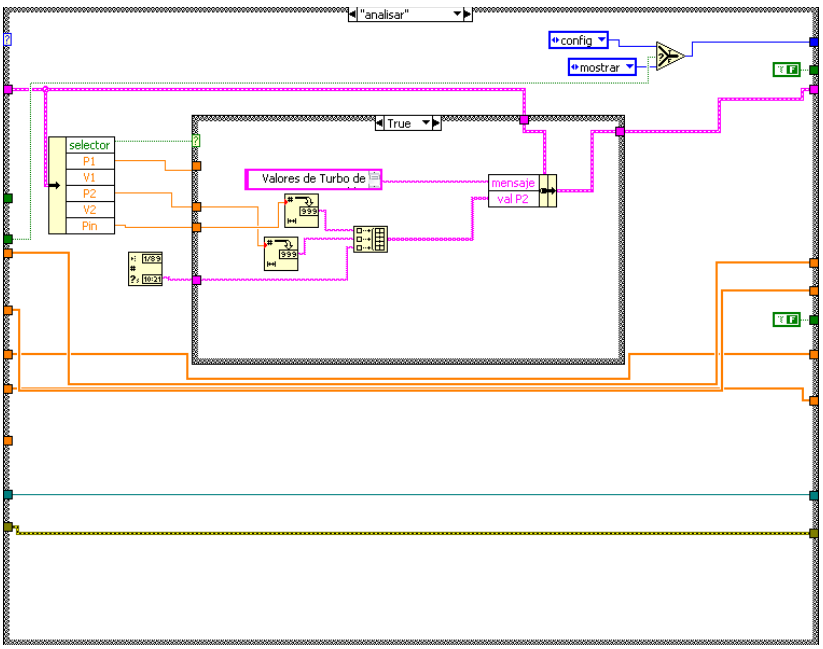
FUENTE: Autores
Figura 4.70 Caso "inicio"

El siguiente caso es el de “adquirir” donde se recogen las señales del PLC para posteriormente analizarlas, transformarlas y acondicionarlas.



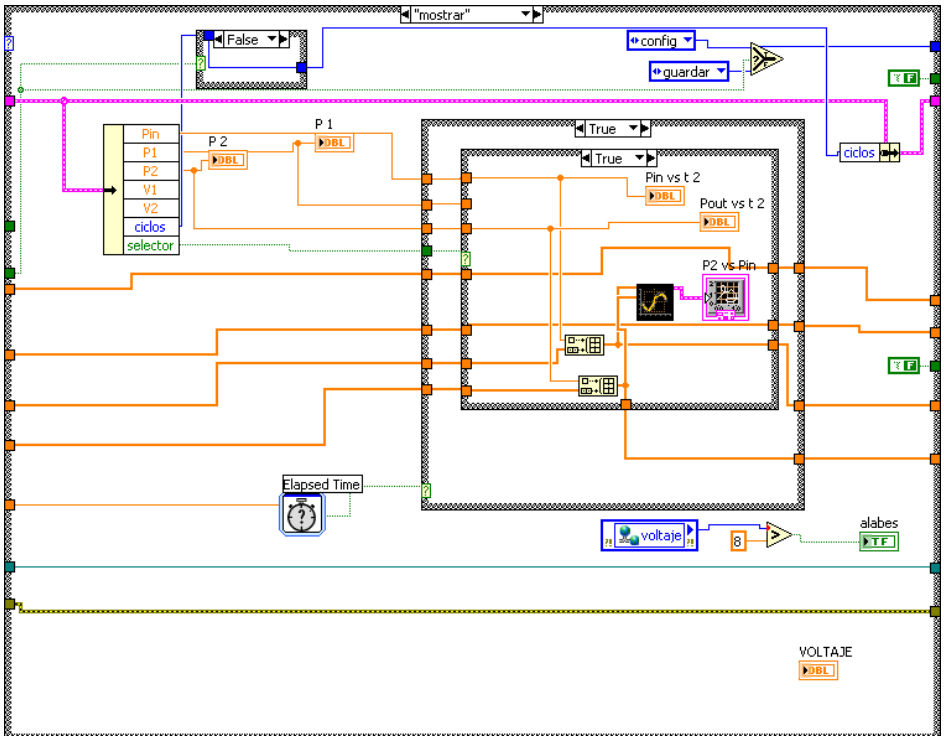
FUENTE: Autores
Figura 4.71 Caso “adquirir”

En el próximo caso analizamos las señales antes adquiridas y procedemos a acondicionarlas para poder mostrarlas.



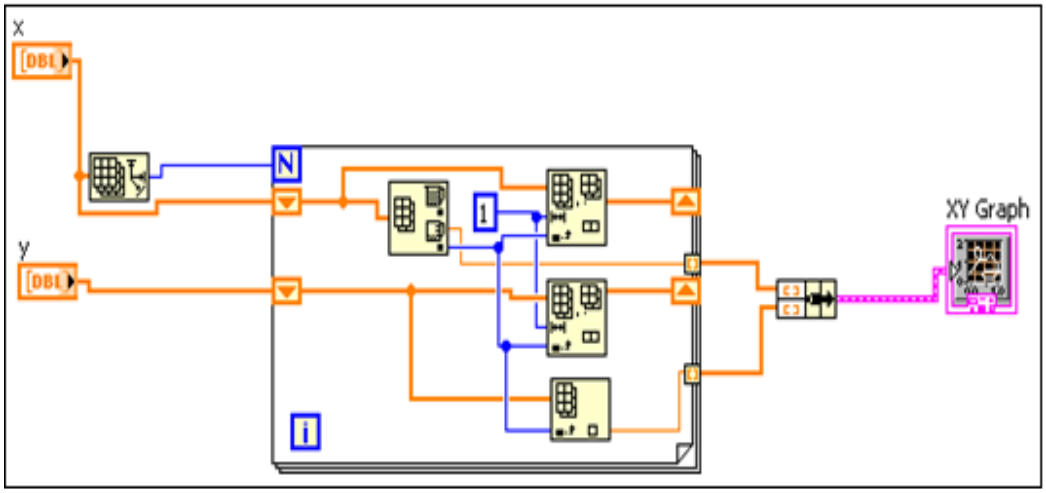
FUENTE: Autores
Figura 4.72 Caso “analizar”

Listas las variables es necesario mostrarlas en gráficas e indicadores para lo cual tenemos el caso denominado “mostrar”, que indica los valores que hemos medido, en los manómetros de la pantalla.



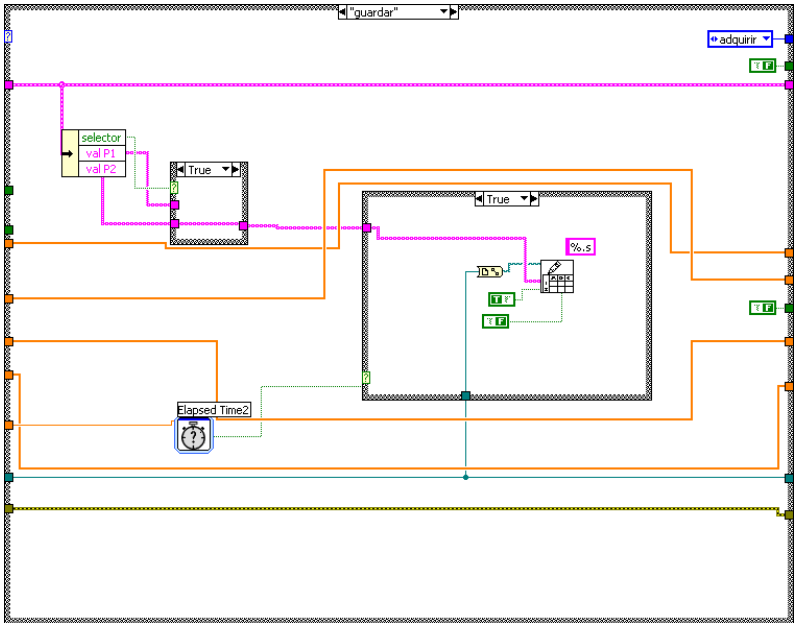
FUENTE: Autores
Figura 4.73 Caso “mostrar”

Para las gráficas se elaboró un SubVI aparte que consta de una pequeña secuencia que solo corre cuando lo necesita el programa principal.



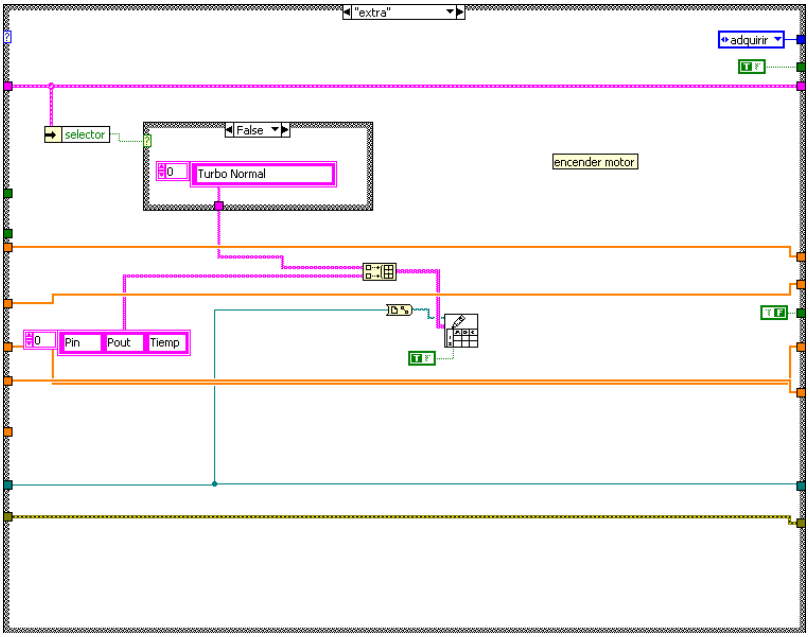
FUENTE: Autores
Figura 4.74 SubVI de gráficas

Al final de todo guardamos los datos en un archivo de Excel cada cierto tiempo, para esto disponemos de otro proceso, como se muestra en el caso “guardar”.



FUENTE: Autores
Figura 4.75 Caso “guardar”

Los casos de adquirir, analizar, mostrar, guardar funcionan secuencialmente hasta una orden de paro o fin de medida con la que constan cada uno de estos.



FUENTE: Autores
Figura 4.76 Caso “extra”

4.9.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO

Prueba de funcionamiento N°1

La presión de entrada (Pin) es la que medimos del primer sensor después del filtro regulador de flujo de aire, es la presión que nos da el compresor, y simularía la presión de los gases de escape en el vehículo.La presión de salida (Pout) es la que nos entrega el turbo.

De ésta prueba obtenemos los siguientes datos:

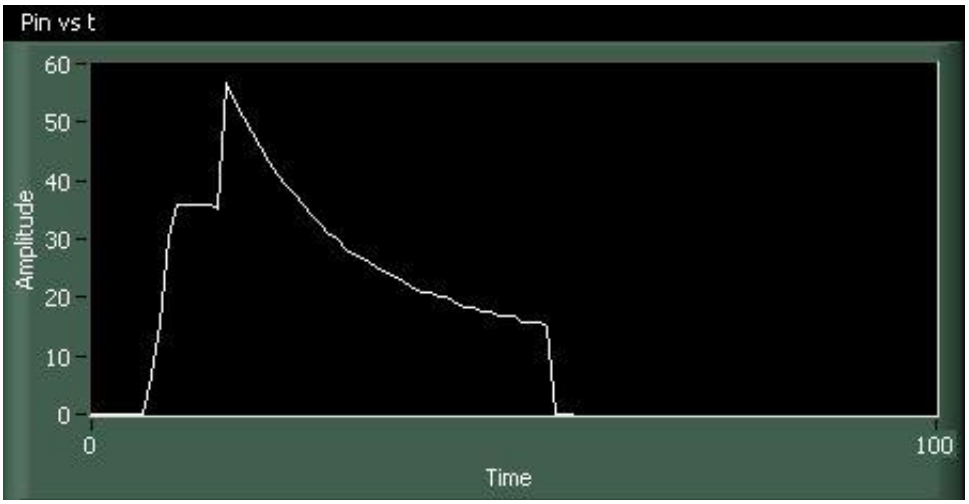
TURBO CONVENCIONAL

Pin(psi)	Pout(psi)	Tiempo(hh:mm)
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
0	0	20:15

FUENTE: Autores

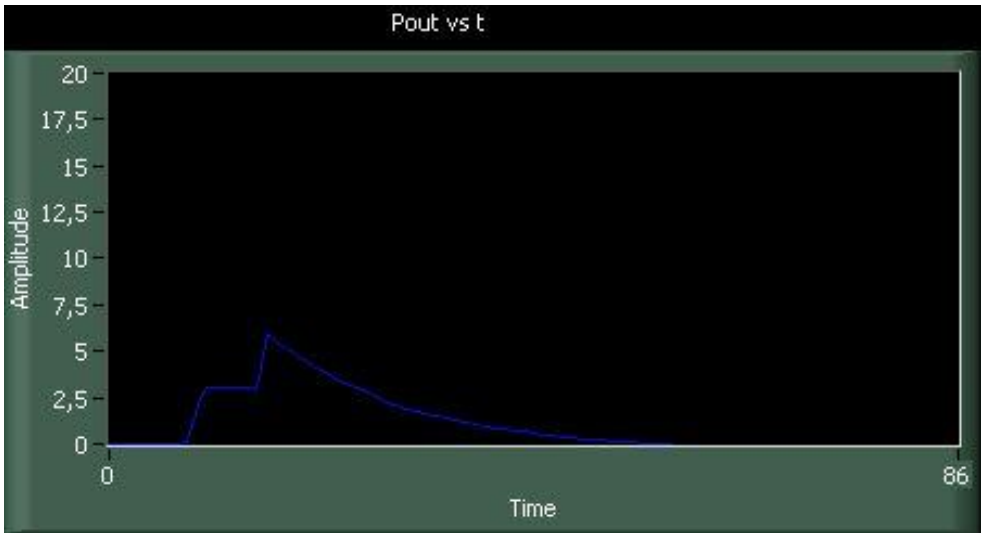
TABLA 4.8 Datos de pruebas turbo convencional 1

En ésta gráfica observamos la variación de la presión de entrada (Pin) del turbo, con respecto al tiempo. Nos indica que el compresor llega a un máximo de 60psi, cuando abrimos totalmente el regulador de aire.



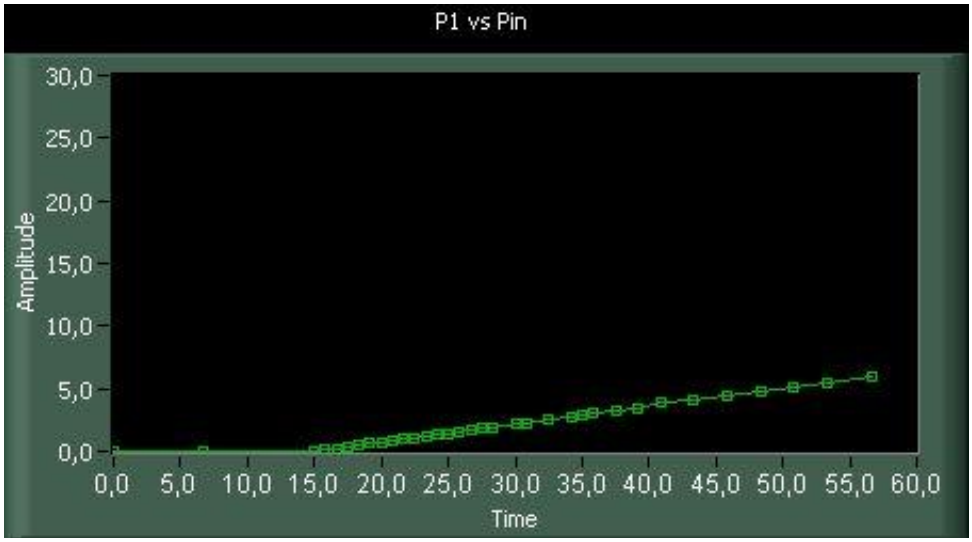
FUENTE: Autores
FIGURA 4.77 Gráfica Pin vs t turbo convencional 1

Esta gráfica nos indica la variación de la presión de salida (Pout) del turbo, con respecto al tiempo. Como podemos ver tenemos una salida máxima de 7psi aproximadamente, algo que hay que recalcar es que el turbo empieza a actuar luego de un determinada presión en cierto tiempo.



FUENTE: Autores
FIGURA 4.78 Gráfica Pout vs t turbo convencional 1

En la siguiente gráfica obtenemos una variación de la presión de salida (Pout) con respecto a la presión de entrada (Pin), en la cual vemos que el turbo empieza a funcionar, comprimiendo el aire, cuando tiene una presión de entrada de 15psi aproximadamente.



FUENTE: Autores

FIGURA 4.79 Gráfica Pout vs Pin turbo convencional 1

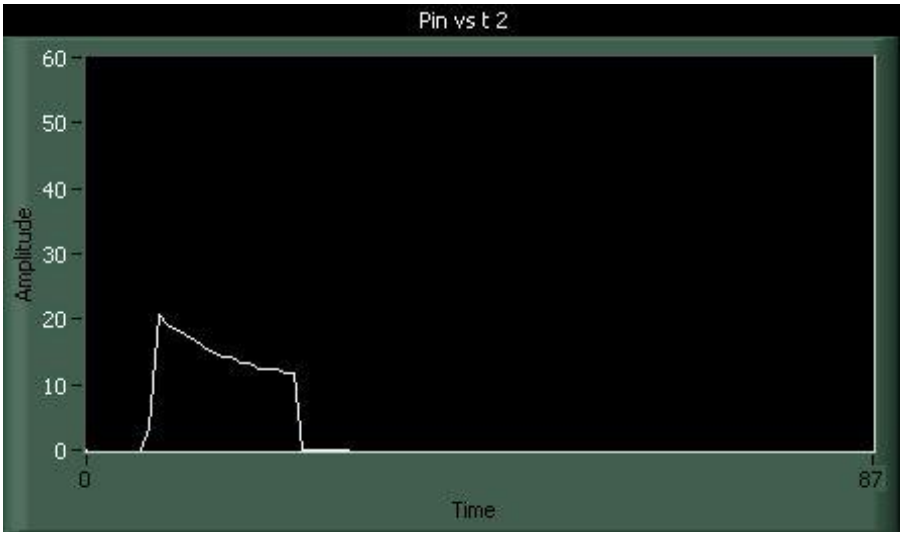
TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE

Pin(psi)	Pout(psi)	Tiempo(hh:mm)
0	0	19:57
3	0	19:57
21	2	19:57
19	2	19:57
18	2	19:57
18	2	19:57
17	2	19:57
16	1	19:57
15	1	19:57
14	1	19:57
14	1	19:57
13	1	19:57
12	1	19:57
0	0	19:58

FUENTE: Autores

TABLA 4.9 Datos de pruebas VTG 1

En ésta gráfica observamos la variación de la presión de entrada (Pin) del turbo, con respecto al tiempo. Esto nos indica que el compresor llega a un máximo de 20psi aproximadamente en ésta prueba, cuando abrimos totalmente el regulador de aire.

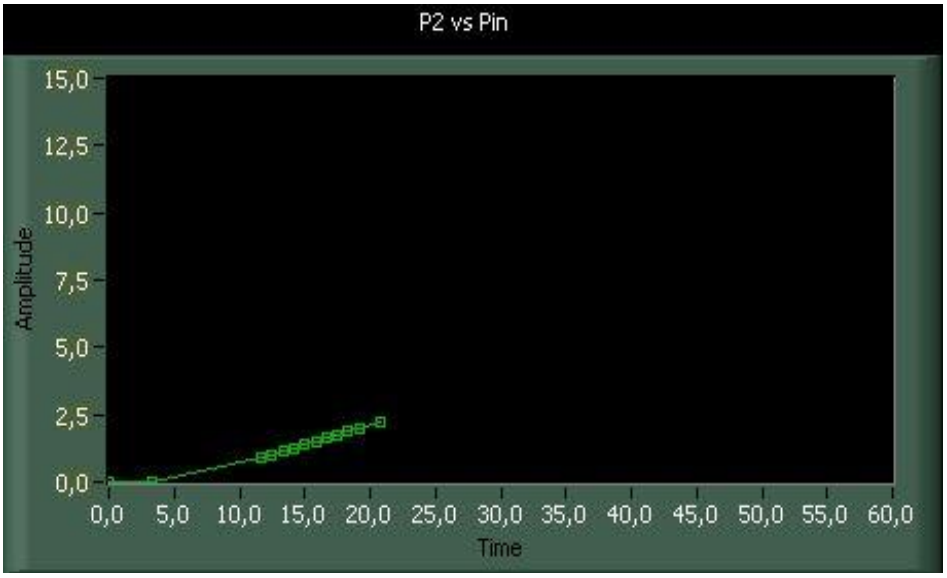


FUENTE: Autores
FIGURA 4.80 Gráfica Pin vs t VTG 1

Esta gráfica nos indica la variación de la presión de salida (Pout) del turbo, con respecto al tiempo. Como podemos ver tenemos una salida máxima de 2,5psi aproximadamente en ésta prueba, el turbo empieza a actuar luego de un determinada presión en cierto tiempo.

FUENTE: Autores
FIGURA 4.81 Gráfica Pout vs t VTG 1

En la siguiente gráfica obtenemos una variación de la presión de salida (Pout) con respecto a la presión de entrada (Pin), en la cual vemos claramente que el turbo empieza a funcionar, comprimiendo el aire, cuando tiene una cierta presión de entrada que en nuestro caso es de 5psi aproximadamente.



FUENTE: Autores
FIGURA 4.82 Gráfica Pout vs Pin VTG 1

Prueba de funcionamiento N°2

De acuerdo a la Prueba N°1 podemos seguir calibrando el programa para que los datos sean precisos, y también corregimos la escala de las gráficas, para que éstas se visualicen mejor.

También algo que es muy importante, el tiempo de muestreo nos parece que fue muy elevado por lo que no pudimos obtener una tabla de datos más completa y así poder apreciar todos los valores que necesitábamos, entonces realizamoslos correctivos y procedemos con la siguiente prueba, obteniendo los siguientes datos:

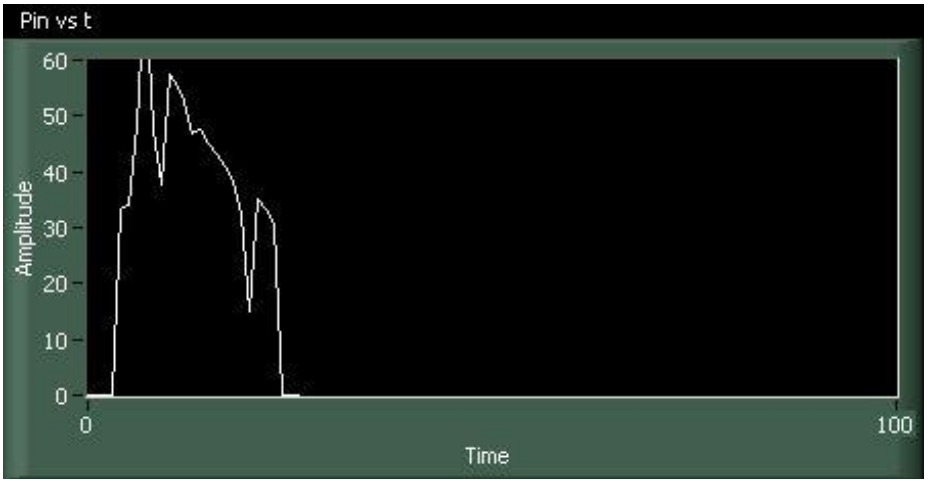
TURBO CONVENCIONAL

Pin(psi)	Pout(psi)	Tiempo(hh:mm)
0	0	20:14
0	0	20:14
0	0	20:14
0	33	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
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
0	0	20:15
0	0	20:15
0	0	20:15

FUENTE: Autores

TABLA 4.10 Datos de pruebas turbo convencional 2

En ésta gráfica observamos la variación de la presión de entrada (Pin) del turbo, con respecto al tiempo. En ésta prueba vemos fluctuaciones de la presión, lo que interpretamos como que se estuvo manipulando de forma irregular el flujo de admisión, confirmando que el compresor se estabiliza en 60psi aproximadamente.



FUENTE: Autores

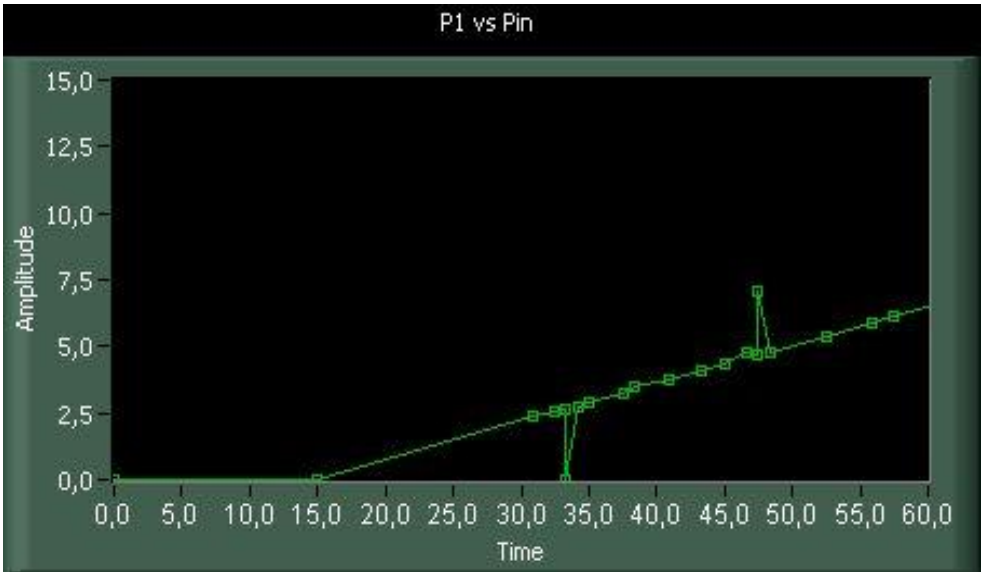
FIGURA 4.83 Gráfica Pin vs t turbo convencional 2

Esta gráfica nos indica la variación de la presión de salida (Pout), con respecto al tiempo. Hay cambios bruscos de la presión de salida ya que ésta depende de la presión de entrada y fue irregular.

FUENTE: Autores

FIGURA 4.84 Gráfica Pout vs t turbo convencional 2

En la siguiente gráfica obtenemos una variación de la presión de salida (Pout) con respecto a la presión de entrada (Pin), seguimos observando el mismo comportamiento de la prueba 1 con respecto al tiempo de reacción, pero con una variación que nos da unos “picos” en la gráfica, esto se debe a los cambios de la presión de entrada.



FUENTE: Autores

FIGURA 4.85 Gráfica Pout vs Pin turbo convencional 2

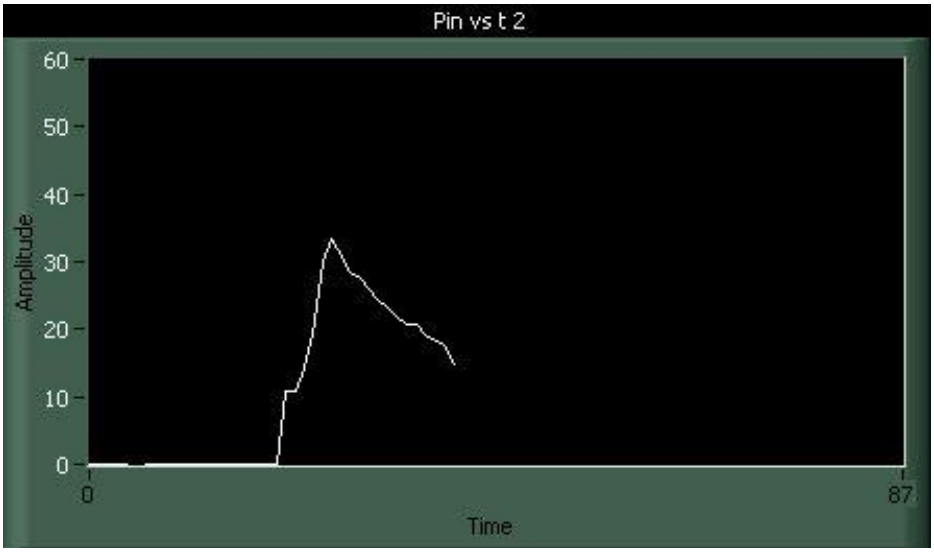
TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE

Pin(psi)	Pout(psi)	Tiempo(hh:mm)
0	0	20:16
0	0	20:16
11	1	20:16
11	1	20:16
14	1	20:16
19	2	20:16
30	4	20:16
33	4	20:16
31	4	20:16
28	3	20:16
28	3	20:16
26	3	20:17
24	3	20:17
23	3	20:17
22	2	20:17
21	2	20:17
19	2	20:17
18	2	20:17
15	1	20:17

FUENTE: Autores

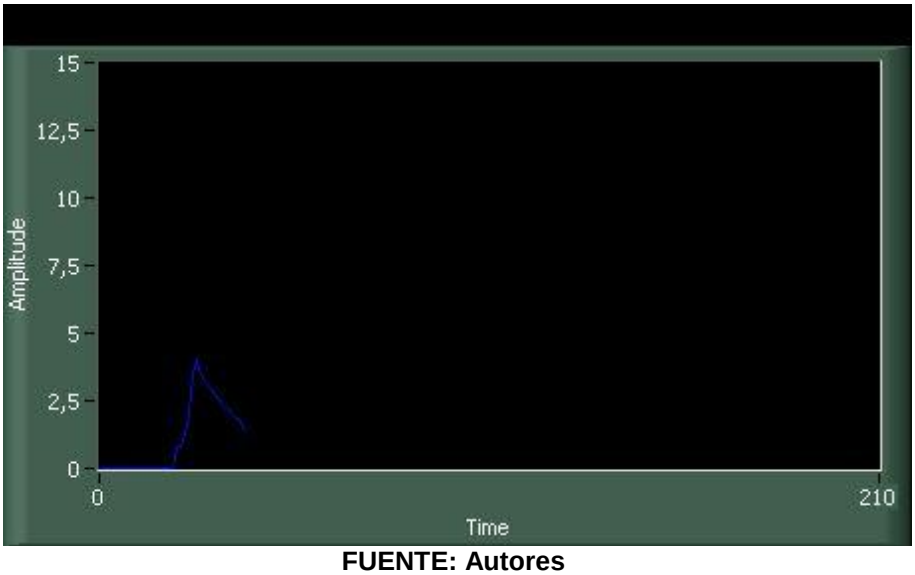
TABLA 4.11 Datos de pruebas VTG 2

En ésta gráfica observamos la variación de la presión de entrada (Pin) del turbo, con respecto al tiempo. En ésta prueba logramos presiones máximas de 35psi aproximadamente, y después comienza a caer su presión debido a que el compresor se descarga.



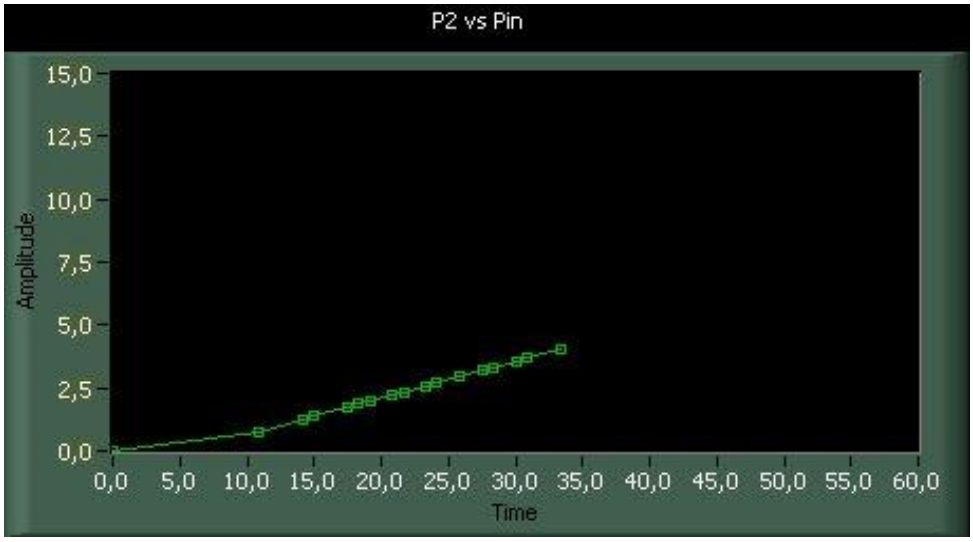
FUENTE: Autores
FIGURA 4.86 Gráfica Pin vs t VTG 2

Esta gráfica nos indica la variación de la presión de salida (Pout) del turbo, con respecto al tiempo. La presión aumenta su valor máximo ya que la presión de entrada también lo hizo.



FUENTE: Autores
FIGURA 4.87 Gráfica Pout vs t VTG 2

En la siguiente gráfica obtenemos una variación de la Pout con respecto a la Pin, el turbo reacciona a los 12,5psi aproximadamente.



FUENTE: Autores

FIGURA 4.88 Gráfica Pout vs Pin VTG 2

Prueba de funcionamiento N°3

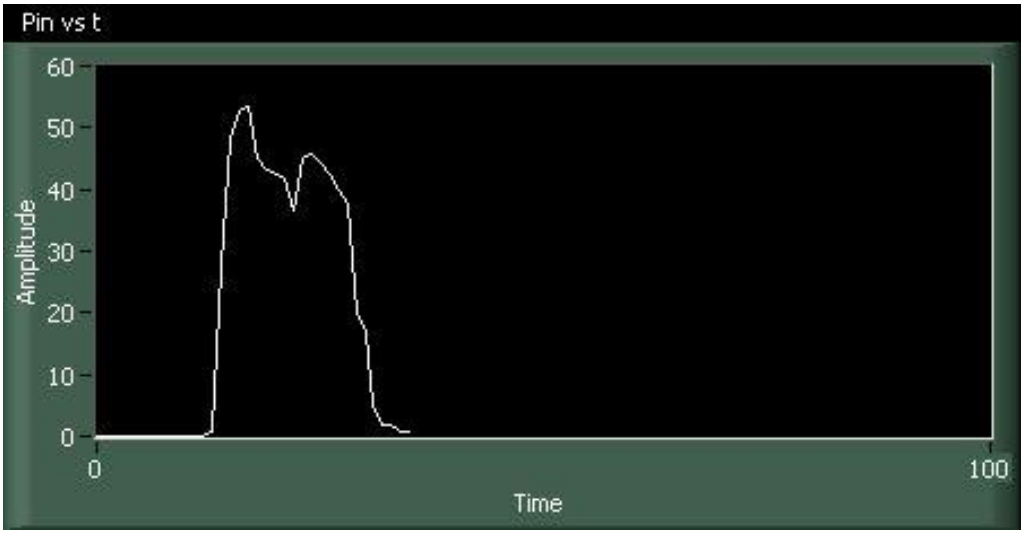
TURBO CONVENCIONAL

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

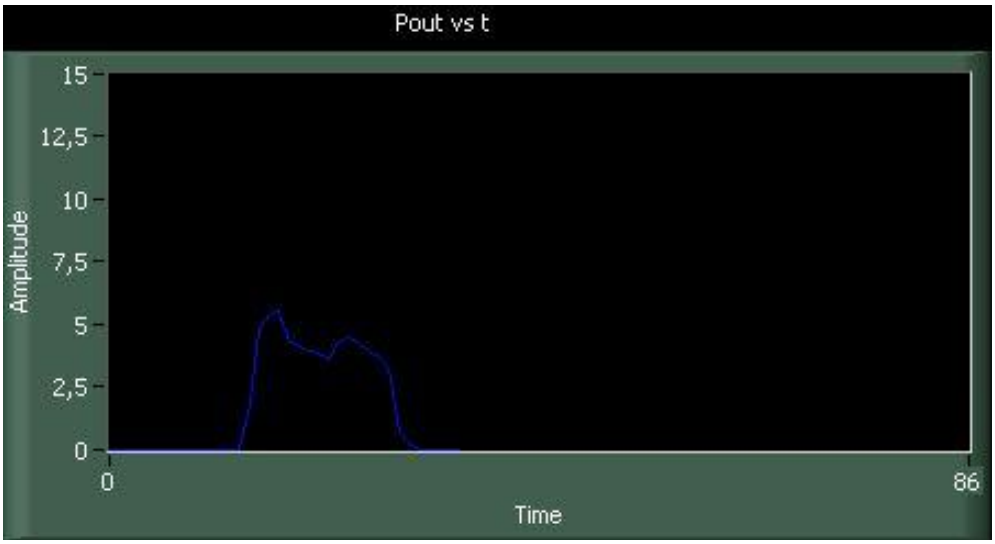
FUENTE: Autores

TABLA 4.12 Datos de pruebas turbo convencional 3

Nos damos cuenta que la gráfica Pin vs t y la gráfica Pout vs t están correctas, ya que nos están indicando las presiones tal como la vamos manipulando, con el valor preciso, manteniendo el mismo comportamiento en todas las pruebas realizadas.

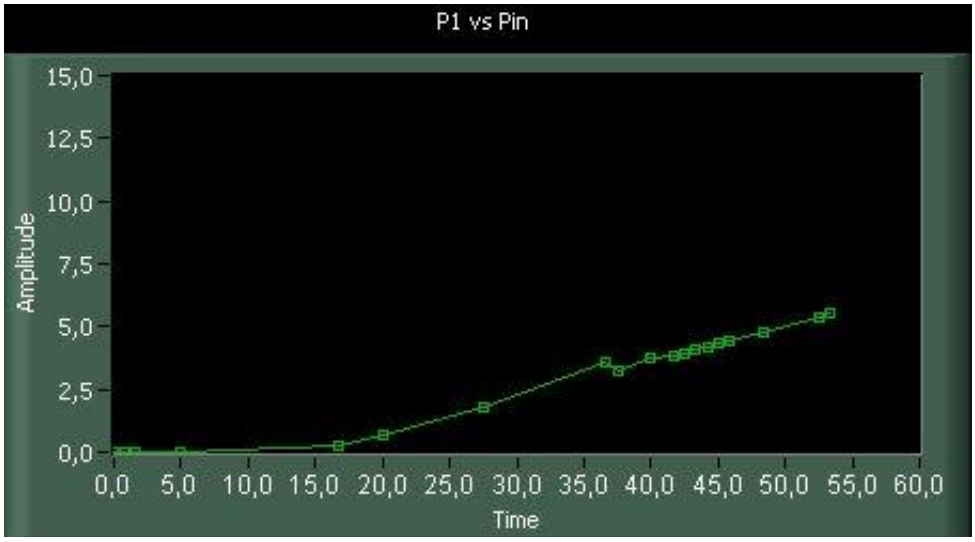


FUENTE: Autores
FIGURA 4.89 Gráfica Pin vs t turbo convencional 3



FUENTE: Autores
FIGURA 4.90 Gráfica Pout vs t turbo convencional 3

Vemos que la presión de salida depende de la presión de entrada del turbo, teniendo una reacción a los 12psi aproximadamente.



FUENTE: Autores

FIGURA 4.91 Gráfica Pout vs Pin turbo convencional 3

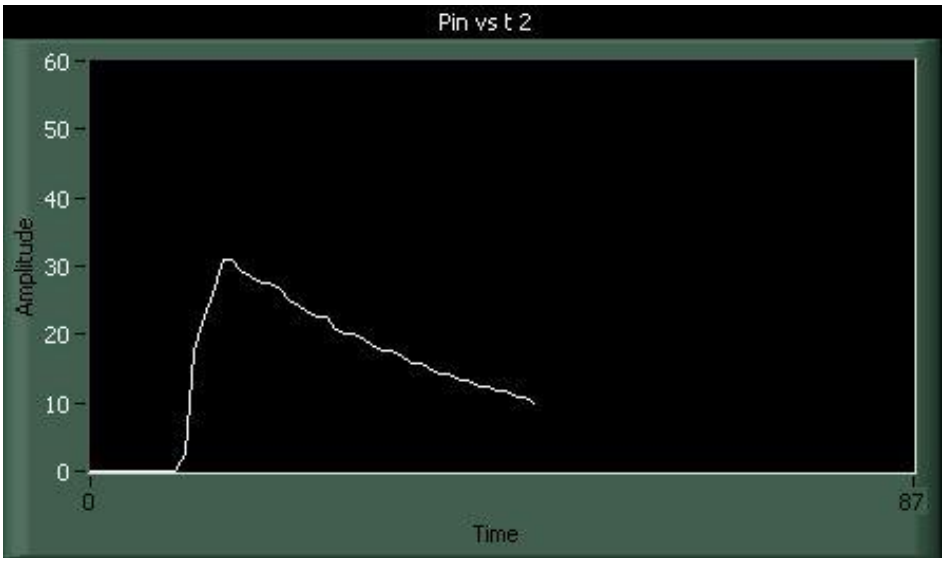
TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE

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
16	1	20:24
15	1	20:24
14	1	20:24
13	1	20:24

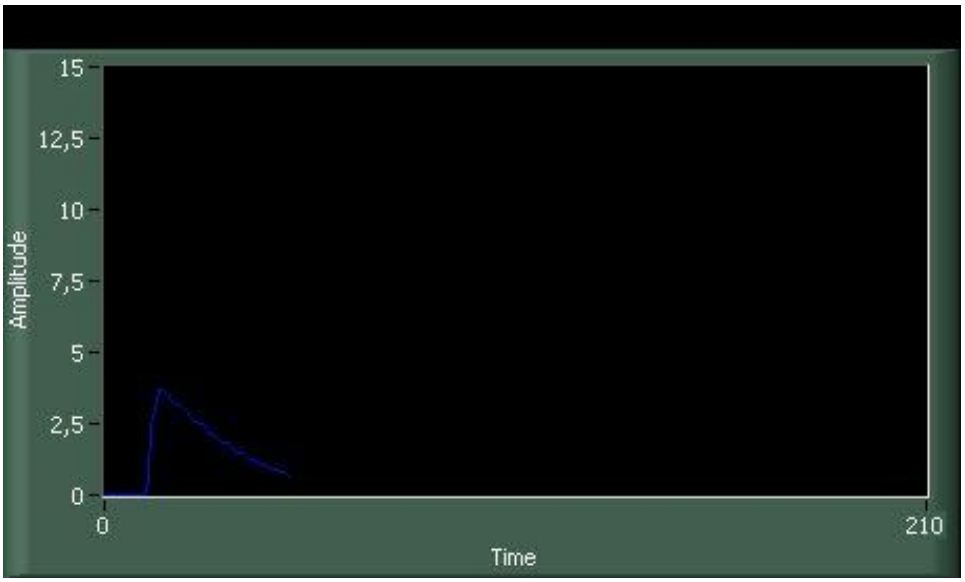
FUENTE: Autores

TABLA 4.13 Datos de pruebas VTG 3

Las gráficas Pin vs t y Pout vs t están correctas, y nos entregan valores precisos de presiones, manteniendo el mismo comportamiento en todas las pruebas realizadas.

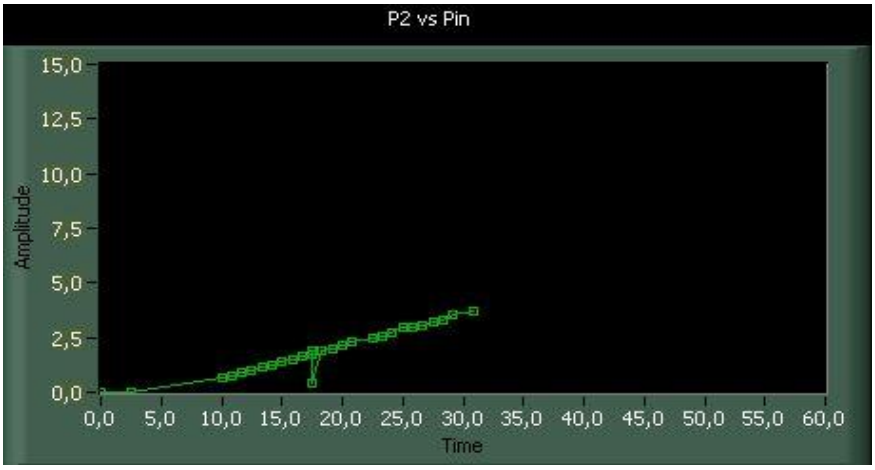


FUENTE: Autores
FIGURA 4.92 Gráfica Pin vs t VTG 3



FUENTE: Autores
FIGURA 4.93 Gráfica Pout vs t VTG 3

Observamos que la presión de salida depende de la presión de entrada del turbo, y que éste turbo tiene una reacción a los 5psi aproximadamente.



FUENTE: Autores
FIGURA 4.94 Gráfica pout vs Pin VTG 3

Con éstas pruebas comprobamos el correcto funcionamiento del programa y vemos la diferencia de rendimientos entre ambos turbos.

4.9.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

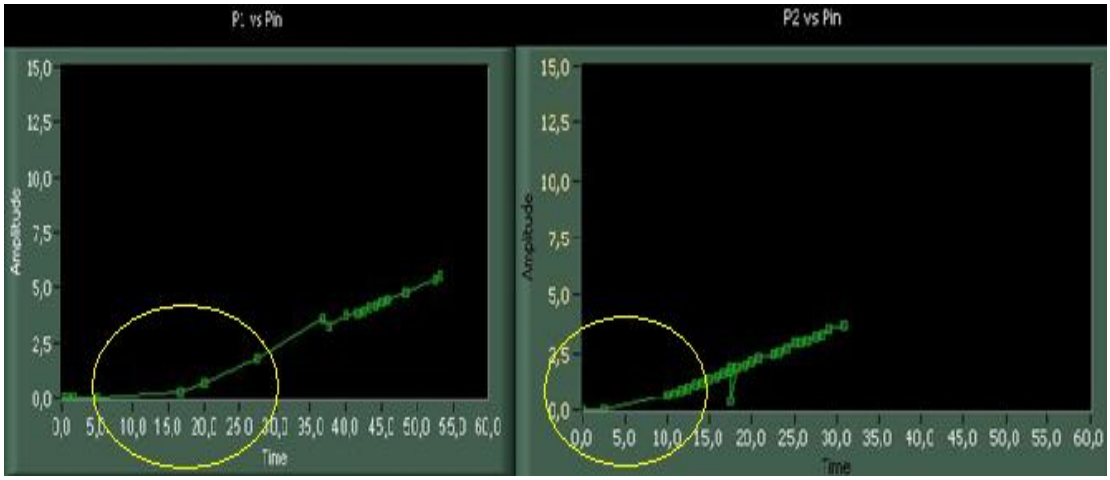
Una vez realizada las verificaciones, correcciones y aseguramiento del funcionamiento del tablero didáctico; además de las distintas pruebas del manejo y datos obtenidos del mismo; vemos que:

1. En la gráfica Pin 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 Pout vs t comienza en 0psi y empieza a subir al mismo tiempo en que la Pin es lo suficiente para que la simulación o movimiento de los turbos comience.
3. En la gráfica Pout vs Pin 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.
4. En la gráfica Pout vs Pin 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 tenemos los datos necesarios para realizar las comparaciones de funcionamientos de ambos turbos, de acuerdo a los parámetros utilizados.

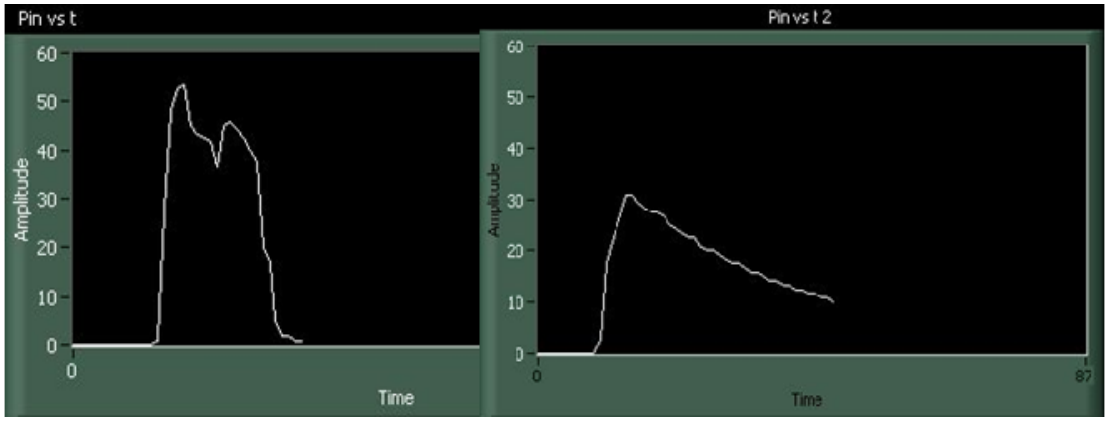
4.9.10 COMPARACIÓN ENTRE EL TRUBO CONVENCIONAL Y EL VTG

Con el análisis de resultados realizado anteriormente hacemos una comparación entre los dos turbos analizados, lo que encontramos en las gráficas es que el 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, como lo señalamos en la gráfica inferior. 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.



FUENTE: Autores
FIGURA 4.95 Gráfica Pout vs Pin comparación

En cuanto a presiones de salida nos damos cuenta que los dos nos brindan una presión similar, y esto depende de cuanta presión nos entregue el compresor, pero teóricamente conocemos que la presión máxima no debe sobrepasar los 0,9 bar (13psi) en los turbos convencionales y 1,2 (17psi) en los turbos de geometría variable, de acuerdo a las características constructivas y de capacidad que disponen los mismos.



FUENTE: Autores

FIGURA 4.96 Gráfica Pin vs t turbocomparación

Un parámetro a analizar para la comparación es la presión de entrada (Pin) y vemos que los dos turbos reaccionan de acuerdo vamos variando la entrada de aire y tienen un correcto funcionamiento.

Finalmente, podemos concluir que el VTG tiene una mejor reacción a una presión menor, lo que significaría un mejor funcionamiento a bajas revoluciones en un vehículo, y el turbo convencional se comporta atmosférico hasta que se le proporcione una presión de entrada un poco más elevada, por lo que la eficiencia y efectividad del primero es mejor con respecto al segundo.

CAPÍTULO 5
MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. RECURSOS

HUMANOS

Director: Ing. Germán Erazo

Codirector: Ing. Luis Mena

Alumnos: Carlos Cadena – Daniel Nieto

FÍSICOS

Laboratorio de Motores

Laboratorio de Turbos (turbomaster)

Taller mecánico de StarMotors

MATERIALES

Copias

Consulta Libros

Impresiones

TECNOLÓGICOS

Banco de pruebas de turbos

Osciloscopio Digital

Scanner

Internet

5.2. CRONOGRAMA

El cronograma de implementación del proyecto se realizó con el programa Microsoft Office Project y se encuentra en el anexo D.

5.3. PRESUPUESTO

Elementos para la estructura

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Plancha de hierro	L/C 2mm 1,22x2,44m	67,52	67,52
1	Plancha de hierro	4mm 60x90mm	34	34
1	Ángulo de hierro	1 1/2" x 1/8"	14,28	14,28
1	Tubo cuadrado	40x40x2mm	19,42	19,42
2	Garruchas sin freno	4” 70Kg	1,54	3,08
2	Garruchas con freno	4” 70Kg	4,28	8,56
			TOTAL USD	**146,86**

FUENTE: Autores

TABLA 4.14 Presupuesto elementos para la estructura

Elementos mecánicos

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Turbo Convencional	GT1749	300	300
1	Turbo de Geometría Variable	GT1852V	600	600
1	Bomba de aceite	Adaptada		
1	Bomba de vacío	Adaptada	100	100
1	Filtro de aire admisión turbos	Adaptada	15	15
1	Filtro de aire cápsula neumática		17	17
1	Depósito de aire para vacío		15	15
1	Electroválvula seleccionadora de flujo	4V410	47,10	47,10
1	Filtro regulador de aire	GFR300-10-M-F3	45,10	45,10
			TOTAL USD	**1139,20**

FUENTE: Autores

TABLA 4.15 Presupuesto elementos mecánicos

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2	Abrazaderas tridon	30-50mm	1,60	3,20
4	Abrazaderas tridon	40-60mm	1,95	7,80
2	Abrazaderas tridon	50-70mm	2,40	4,80
1	Manguera turbo mtp	2”	10,55	10,55
1	Manguera turbo mtp	2-3/8”	7,63	7,63
2	Racór	½*12	3,72	7,44
2	Racór	3/8*12	4,46	8,92
1	Codo	3/8*6	2,05	2,05
1	T	½*12	6,07	6,07
5	Cañería para acoples rápidos	1m*12mm	2,61	13,05
1	Cañería para acoples rápidos	1m*10mm	2,05	2,05
1	Cañería para acoples rápidos	1m*6mm	1,47	1,47
			TOTAL USD	**75,03**

FUENTE: Autores

TABLA 4.16 Presupuesto acoples hidráulicos y mangueras

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Tapón de cárter	18mm	4,31	4,31
3	Perno admisión VTG con tuerca	8x1,25 x30	0,24	0,72
4	Perno admisión turbo con tuerca	RG 7 1/16”x1 1/4”	0,15	0,60
4	Perno soporte motor eléctrico	RG 5/16”x 1 1/4” 5/16”	0,25	1,00
7	Perno tubos al filtro y tapa aceite	5/16”x 3/4”	0,15	1,05
4	Perno soporte recipiente aceite	M10x1,50x30	0,34	1,36
1	Perno soporte bomba de aceite con tuerca	M8x1,25x80	0,28	0,28
1	Perno soporte bomba de aceite	M8x1,25x100	0,70	0,70
2	Perno soporte de bomba de vacío	M10x1,50x60	0,52	1,04
			TOTAL USD	**11,06**

FUENTE: Autores

TABLA 4.17 Presupuesto pernos y tuercas de montaje

Elementos eléctricos

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Motor Monofásico	1hp 110/220V	125,87	125,87
3	Cable Concéntrico	3*12	2,82	8,46
1	Enchufe blindado	2P TIPO EAGLE	2,15	2,15
6	Cable flexible azul	1m*18	0,27	1,62
6	Cable flexible rojo	1m*18	0,27	1,62
6	Cable flexible amar.	1m*18	0,27	1,62
2	Cable gemelo	Calibre14	0,48	0,96
1	Breaker	2p 10amp MG	10,05	10,05
1	Guarda motor	NS2-25	40	40
1	Contactor	NC1-2510	22	22
8	Borneras riel din	Cable 10	1,52	12,16
2	Luces piloto	22mm solido2	1,40	2,80
1	Switch de encendido	ON/OFF IRS202-1C	0,76	0,76
1	Caja galvánica	30*30*15cm	35,25	35,25
1	Caja de paso	15*15*10cm	14,30	14,30
			TOTAL USD	**279,62**

FUENTE: Autores

TABLA 4.18 Presupuesto elementos eléctricos

Elementos electrónicos

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PLC S7-1200	6ES7212-1BD30	322,56	322,56
1	Módulo de señales	6ES7232-4HB32	291,20	291,20
1	Convertidor presión VTG	A000 545 05 27	220	220
3	Transmisor MAP	A005 153 72 28	73,52	220,56
			TOTAL USD	**1054,22**

FUENTE: Autores

TABLA 4.19 Presupuesto elementos electrónicos

Total

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
ELEMENTOS ESTRUCTURA	146,86
ELEMENTOS MECÁNICOS	1504,91
ELEMENTOS ELÉCTRICOS	279,62
ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	1054,22
TOTAL USD	**2985,61**

FUENTE: Autores

TABLA 4.20 Presupuesto total

CONCLUSIONES

De todo lo expuesto en esta tesis se concluye:

- Se diseñó, construyó e implementó el sistema del control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico a bajo costo.

- Seleccionamos de manera correcta los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que permiten visualizar el funcionamiento del turbo convencional y del VTG.

- Diseñamos el sistema de control mecánico, eléctrico y electrónico para la aplicación.

- Seleccionamos un PLC bajo parámetros técnicos, observando los entornos de programación y características en la interface para mejorar la funcionalidad y productividad en el desarrollo del proyecto.

- Con la implementación del control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico, realizamos las pruebas de operación, funcionamiento y comparación de un turbo convencional y un VTG.

- El turbo de geometría variable tiene un mejor rendimiento y es más eficiente que el turbo convencional, ya que según los datos adquiridos, observamos que el funcionamiento del VTG empieza a una menor presión de entrada con respecto al otro.

-El control electrónico puede ser operado por cualquier persona con adecuado manejo de las instrucciones y un conocimiento teórico de turbos, sin necesidad de conocimientos de programación de la plataforma S7-1200 Basic o del Programa LABVIEW.

RECOMENDACIONES

- Lea el manual de usuario y la guía de práctica antes de la operación del tablero, le ayudará a comprender mejor cómo funciona.

- Es necesario el uso de protección personal, como guantes, gafas y protección auditiva, por parte del operador.

- El lubricante debe ser inspeccionado antes de realizar cada práctica, ya que es muy importante la correcta lubricación de los turbos, por las elevadas revoluciones que alcanzan, además éste debe encontrarse limpio para que no provoque daños en el interior del turbo.

- Se debe verificar el correcto funcionamiento de los filtros de aire, tanto de admisión a turbos como el de la cápsula neumática, ya que los turbos trabajan a muy altas R.P.M. por lo que la mínima suciedad o limalla en el sistema podría ser muy dañina para los componentes internos del turbo.

- Realice una inspección visual de la caja de control del tablero ya que en ella se encuentra una gran cantidad de cableado, y si existen desconexiones o deterioro de los cables, provocaría un grave daño a todo el sistema.

- Para una operación correcta de los turbos se necesita que no exista fugas de aire en el circuito de admisión del mismo, ni de aceite en las cañerías de presión, por lo cual se debe realizar una inspección.

- La parte de control debe estar separada de la parte de potencia, ya que al colocar todos los elementos en una misma caja tuvimos interferencia, lo que se llama ruido eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLIEDSIGNAL AUTOMOTIVE, (1996). Conozca el Turbo Garrett, Brasil, 37 páginas.

- DAIMLER CHRYSLER AG, (1999). SPRINTER model update introduction, Alemania: 1º Ed., 147 páginas.

- DENIS JL, BOYLE P., (1991).Preparar un proyecto de investigación, Barcelona, pág. 130.

- FRANK J THIESSEN, (1998). Manual de mecánica diesel, México, Ed. Prentice Hall, 1432 páginas.

- GABRIEL BACA URBINA, (1997). Evaluación de proyectos, McGraw-Hill, pág. 15

- GTZ, (1980).Tecnología del automóvil, España, ED. Reverte SA, 2º Ed., 192 páginas.

- HUGH MACINNES, (1994). Manual de turbo cargadores, México, Ed. Prentice Hall, 175 páginas.

- JOSÉ MANUEL ALONSO, (1997). Tecnologías avanzadas del automóvil, España, Ed. Paraninfo, 5º Ed., 362 páginas

- TURBOMASTER, (2001). Catálogo de Productos. Extraído el 16 de julio del 2011 desde http:// www.turbomaster.info/catalogos/garrett.php

- NAIKONTUNING, (2003). Turbo de geometría variable. Extraído el 3 de agosto del 2011 desde http://www.naikontuning.com/articulos/turbo-geometria-variable/

- IMEXBB, (1999). Características del turbo Garrett. Extraído el 3 de agosto del 2011 desde http:// www.imexbb.com/turbo-chra-of-garrett-gt1852v

- GARRETT, (1999). Identificación del turbo garrett. Extraído el 3 de agosto del 2011 desde http:// www.garrettbyhoneywell.com/es/identificacion-del-turbo/

- SIEMENS, (2004). Catálogo de productos. Extraído el 16 de enero del 2012 desde http:// www.siemens.com/answers/ec/es/index.htm?stc=ecccc020001

ANEXOS

A –ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES

B – MANUAL DE USUARIO

C – GUÍAS DE PRÁCTICAS

D – CRONOGRAMA

E – ARTÍCULO

ANEXO A

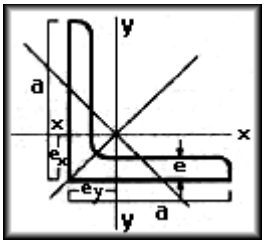
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES

Espesor (mm)	Nº Calibre	Kg. x m2
2.00	14	5.65
2.50	12	7.13
3.17	1/8	25.00
4.76	3/16	37.88
6.35	¼	50.00
7.94	5/16	64.80
9.52	3/8	75.00
12.70	½	100.00
15.90	5/8	125.00
19.10	¾	150.00
25.40	1	201.00
28.50	1.1/8	225.70
31.70	1.1/4	251.20
34.90	1.3/8	276.40
38.10	1.1/2	301.44
44.40	1.3/4	351.70
50.80	2	402.00
51.10	2.1/4	452.00
76.20	3	603.50
88.90	3.1/2	704.00
101.5	4	804.70
114.3	4.1/2	905.25
127.0	5	1005.85
152.0	6	1207.00

FUENTE: Provemetal

Tabla A.1 Especificaciones de la plancha de hierro

Elementos utilizados

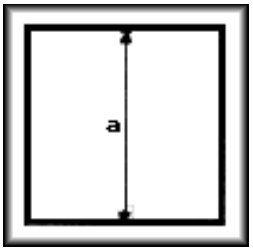


Ángulos	Dimensiones			Sección	Peso	Valores estáticos		
	a	e	ex=ey	F	G	Jx=Jy	J1	J2
	mm	mm	mm	cm^2	kg/m	cm^3	cm^3	cm^3
5/8" x 1/8"	15,9	3,2	0.51	0.91	0.7	0.20	0.09	0.31
3/4" x 1/8"	19,1	3,2	0.58	1.11	0.9	0.37	0.17	0.57
7/8" x 1/8"	22,2	3,2	0.66	1.31	1.0	0.58	0.31	0.94
1" x 1/8"	25,4	3,2	0.75	1.51	1.2	0.91	0.38	1.44
1" x 3/16"	25,4	4,8	0.81	2.19	1.8	1.25	0.55	1.96
1" x 1/4"	25,4	6,4	0.85	2.81	2.2	1.50	0.67	2.33
1 1/4" x 1/8"	31,7	3,2	0.91	1.92	1.5	1.83	0.74	2.93
1 1/4" x 1/4"	31,7	6,4	1.01	3.67	2.9	3.13	1.37	4.9
1 1/2" x 1/8"	38,1	3,2	1.07	2.32	1.8	3.25	1.30	5.17
1 1/2" x 1/4"	38,1	6,4	1.18	4.44	3.4	5.78	2.43	9.09
1 3/4" x 1/8"	44,4	3,2	1.23	2.73	2.1	5.24	2.11	8.35
2" x 1/8"	50,8	3,2	1.39	3.13	2.52	7.91	3.18	12.64
2" x 3/16"	50,8	4,8	1.45	4.61	3.6	11.33	4.61	18.05
2" x 1/4"	50,8	6,4	1.50	6.05	4.7	14.48	5.93	22.96
3" x 1/4"	76,2	6,4	2.14	9.27	7.3	51.60	20.90	82.58
3" x 5/16"	76,2	7,9	2.20	11.47	9.1	62.80	25.83	100.03
3" x 3/8"	76,2	9,5	2.26	13.60	10.7	73.20	30.21	116.21
4" x 1/4"	101,6	6,4	2.75	12.48	9.8	124.23	50.03	198.44
4" x 5/16"	101,6	7,9	2.84	15.50	12.2	154.60	62.54	246.68
4" x 3/8"	101,6	9,5	2.90	18.44	14.6	181.30	73.80	288.43

FUENTE: Provemetal

Tabla A.2 Especificaciones del ángulo de hierro

Elemento utilizado



Denominación	Medida del ladoA		SecciónF	PesoG
	Mm	pulg.	cm2	kg/m
5/16	7.94	5/16	0.63	0.49
3/8	9.53	3/8	0.91	0.71
7/16	11.11	7/16	1.23	0.97
½	12.70	½	1.61	1.27
9/16	14.29	9/16	2.04	1.60
5/8	15.88	5/8	2.52	1.98
¾	19.05	¾	3.63	2.85
7/8	22.23	7/8	4.94	3.88
1	25.40	1	6.45	5.06
1 1/8	28.58	1 1/8	8.17	6.41
1 ¼	31.75	1 ¼	10.08	7.91
1 ½	38.10	1 ½	14.52	11.40
2	50.80	2	25.81	20.26
2 ½	63.50	2 ½	40.32	31.65

FUENTE: Provemetal

TABLA A.3 Especificaciones del tubo cuadrado de hierro

Elemento utilizado

Especificaciones del Turbo de Geometría Variable

GT1852V

Marca: Garrett

Número de parte OEM: 726698-0003

Velocidad máxima: 170 000 r.p.m.

Temperatura máxima de trabajo: 750ºC

Sistema decojinete: Cojineteflotante

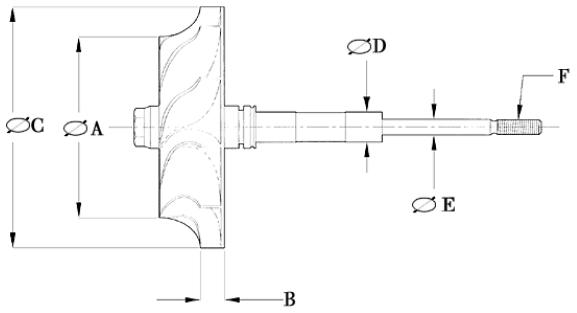
Tipo de geometría variable: múltiples paletas variables

Gama de energíaadecuada:130-150(Hp)

Aplicaciónpara los vehículos: Mercedes BenzSprinter

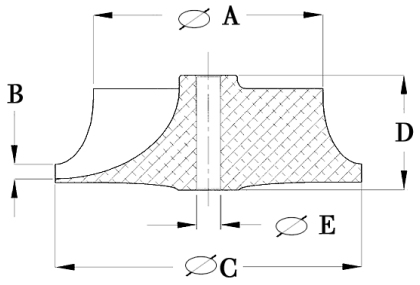
Dimensiones:

RUEDA DE LA TURBINA



	Exduce "OA"	Altura de la punta "B"	Inducer "OC"	Muñon "OD"	Vástago "OE"	No. de paletas	Eje "F"
Pulgadas	1.568	0.33	1.745	0.31	0.2	9	M5 x 0.8-3G LH
Milímetros	39.83	8.38	44.32	7.87	5.08		

RUEDA DEL COMPRESOR



	Inducer "OA"	Altura de la punta "B"	Exducer "OC"	Longitud de cubo "D"	diámetro "OE"	No. de paletas
Pulgadas	1.448	0.149	2.047	1.027	0.2	6-6
Milímetros	36.78	3.78	51.99	26.09	5.08	

Especificaciones del Turbo Convencional

GT1749

Marca: Garrett

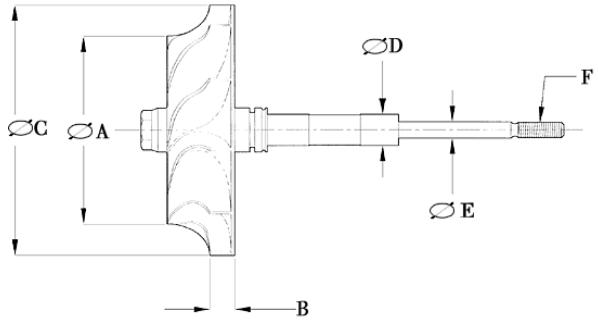
Número de parte OEM: 700273-002

Aplicaciónpara los vehículos: Hyundai H100

PRESIÓN VÁLVULA	TIPO = PRESIÓN	ÁNGULOS
0.950 - 0.990 bar = 0.38 mm		δ (delta) = 30°
1.270 - 1.310 bar = 4.00 mm		ε (épsilon) = 90°
EQUILIBRADO VSR		
0.7G entre 0 - 90.000 rpm		
1.5G entre 90.000 - 138.000 rpm		

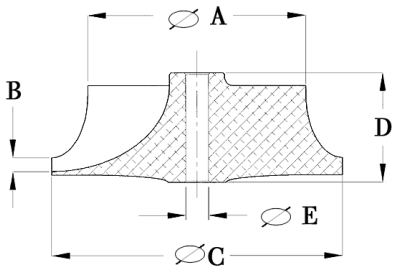
Dimensiones:

RUEDA DE LA TURBINA



	Exduce "OA"	Altura de la punta "B"	Inducer "OC"	Muñon "OD"	Vástago "OE"	No. de paletas	Eje "F"
Pulgadas	1.516	0.296	1.743	0.31	0.2	9	M5x0.8-6G LH
Milímetros	38.55	7.52	44.27	7.87	5.08		

RUEDA DEL COMPRESOR



	Inducer "OA"	Altura de la punta "B"	Exducer "OC"	Longitud de cubo "D"	diámetro "OE"	No. de paletas
Pulgadas	1.365	0.139	1.929	0.976	0.2	6.6
Milímetros	34.67	3.53	49	26.79	5.08	

Preparation unit——Filter & regulator

AirTAC

GFR Series

Specification

Model	GFR200 -06	GFR200 -08	GFR300 -08	GFR300 -10	GFR300 -15	GFR400 -10	GFR400 -15	GFR600 -20	GFR600 -25
Fluid	Air								
Port size	1/8"	1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Filtering grade	40 μ m or 5 μ m								
Pressure range	Semi-auto and automatic drain :0.15~0.9MPa(20~130Psi)								
	Manual drain: 0.05~0.9MPa(7~130Psi)								
Proof pressure	1.5 MPa(215Psi)								
Temperature range	-20~70℃								
Capacity of drain bowl	10CC		40CC			80CC		230CC	
Weight	220g		500g			1030g		2400g	

Ordering code

GFR200 — 08 — M — L—□ — □ F 1 — W — T — K

- **Model**
  - GFR200: G200 Series filter-regulator
  - GFR300: G300 Series filter-regulator
  - GFR400: G400 Series filter-regulator
  - GFR600: G600 Series filter-regulator
- **Port size**
  - 06: 1/8"
  - 08: 1/4"
  - 08: 1/4"
  - 10: 3/8"
  - 15: 1/2"
  - 10: 3/8"
  - 15: 1/2"
  - 20: 3/4"
  - 25: 1"
- **Drain type**
  - Blank: Semi-auto drain
  - M: Manual drain
  - A: Automatic drain ①
- **Type code**
  - Blank: Standard
  - L: Lower pressure ②
- **Accessories**
  - Blank: Bracket
  - J: No bracket
- **Pressure gauge**
  - Blank: Pressure gauge
  - N: No pressure gauge
- **Pressure gauge shape**
  - F: Square
  - C: Circular
- **Scale**
  - 1: MPa
  - 2: psi
  - 3: bar
- **Filtering grade**
  - Blank: 40 μ m
  - W: 5 μ m
- **Thread**
  - T: NPT
  - G: G
- **Code of reflux valve**
  - Blank: No reflux valve is attached
  - K: Reflux valve is attached

① The function of automatic drain is not available for GFR200 series;
② The maximum work pressure of lower pressure type is 0.4MPa(58psi).

Symbol

No reflux valve is attached

Reflux valve is attached

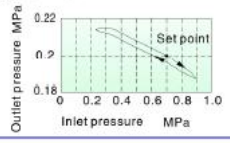
Product feature

1、Embedded square pressure gauge is used to save installation space. (External circular pressure gauge is also optional.)
2、The pressed-in self-locking mechanism can prevent the abnormal movement of the set pressure caused by external interfere;
3、Balanced design is adopted for the pressure adjustment mechanism.
4、In addition to standard type, lower pressure type is optional (The highest adjustable pressure is 0.4MPa);
5、Unique diversion structure makes air flowing through properly rotate, which can more effectively separate the liquid from gas and reliably filter the solid grain;
6、The filtering grade includes 5 μ m and 40 μ m (optional);
7、Three drain types are available: manual drain, semi-auto drain and automatic drain.
8、The bracket can be selected for installation.

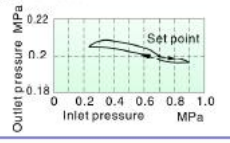
Pressure and feature of flow

Pressure chart

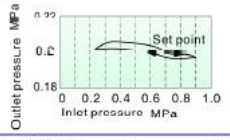
Applicable type: GFR200



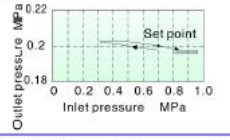
Applicable type: GFR300



Applicable type: GFR400

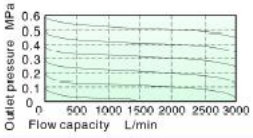


Applicable type: GFR600

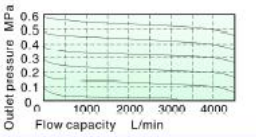


Flow chart

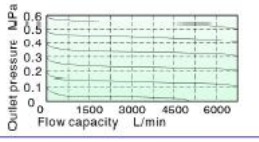
Applicable type: GFR200 Inlet pressure: 0.7MPa



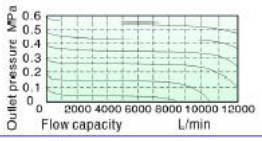
Applicable type: GFR300 Inlet pressure: 0.7MPa



Applicable type: GFR400 Inlet pressure: 0.7MPa



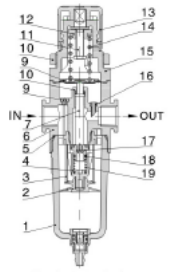
Applicable type: GFR600 Inlet pressure: 0.7MPa



GFR Series

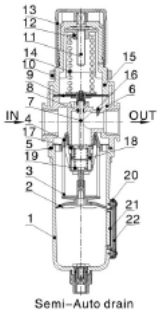
Inner structure and material of major parts

GFR200



Semi-Auto drain

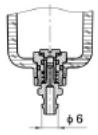
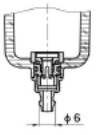
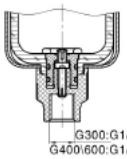
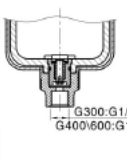
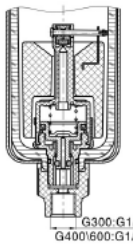
GFR600



Semi-Auto drain

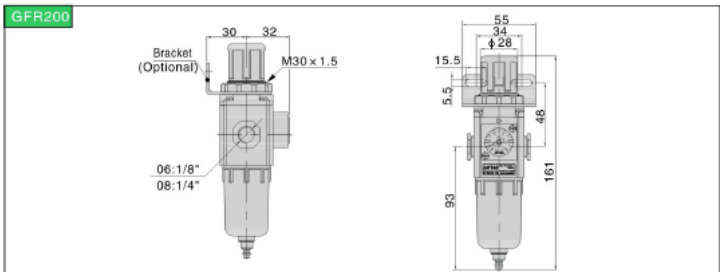
NO	Item	Material
1	Drain bowl	Aluminum alloy (GFR600) PC(Other)
2	Umbrella baffle	High viscosity POM
3	Filter core	Agglomerated by bronze grain(40 μ m) Agglomerated by bronze grain(GFR600) Makrolon fiber: (5 μ m)
4	Air guider	High viscosity POM
5	O-ring	NBR
6	Body of filter & regulator	Aluminum alloy
7	Adjusting spool	Brass(GFR600)\POM(other)
8	O-ring	NBR
9	Diaphragm	SUS304 & Rubber
10	Fixation ring cap	Aluminum alloy (GFR600) \PC(Other)
11	Adjusting spindle	Steel
12	Regulator nut	Steel
13	Pressure knob	POM
14	Spring	SWC
15	Adjusting Seat	Aluminum alloy (GFR600)\PC(Other)
16	Feedback tube	POM
17	Adjusting plug	Brass & Rubber
18	O-ring	NBR
19	Spring	SUS304
20	Liquid meter cover	SPCC
21	Liquid meter seal	VITON
22	Liquid meter inside cover	PC

Selection of drain mode

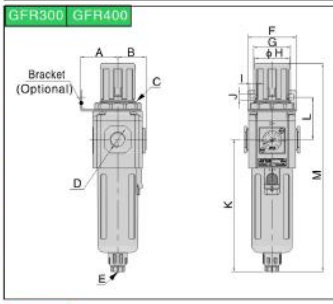
G200		G300	G400	G600
Manual drain	Semi-auto drain	Manual drain	Semi-auto drain	Automatic drain
				
PU tube with an inner diameter of ϕ5 or ϕ5.5mm is recommended				

Dimensions

GFR200



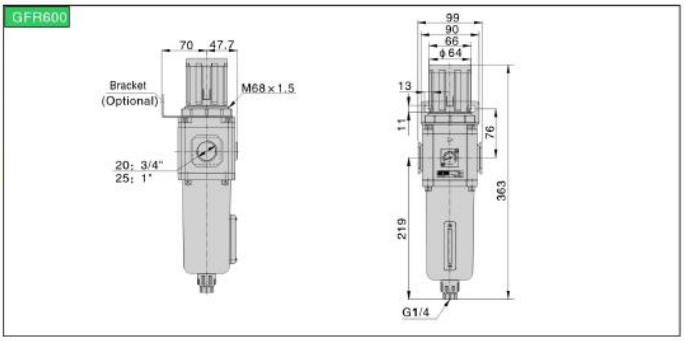
GFR300 GFR400



Model\Item	A	B	C	D	E	F
GFR300-08	41	31	M40 x 1.5	1/4"	G1/8	53
GFR300-10	41	31	M40 x 1.5	3/8"	G1/8	53
GFR300-15	41	31	M40 x 1.5	1/2"	G1/8	53
GFR400-10	50	40	M55 x 2.0	3/8"	G1/4	72
GFR400-15	50	40	M55 x 2.0	1/2"	G1/4	72

Model\Item	G	H	I	J	K	L	M
GFR300-08	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR300-10	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR300-15	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR400-10	52	52	11	8.5	166.5	53	270.5
GFR400-15	52	52	11	8.5	166.5	53	270.5

GFR600



FUENTE: Catálogo de filtros reguladores GFR AIRTAC
TABLA A.4 Especificaciones técnicas del filtro regulador

Elemento utilizado: GFR300-10-M-F3-G

Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AIRTAC

4V400 Series

Specification

Model	4V410-15	4V420-15	4V430C-15	4V430E-15	4V430P-15
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)				
Acting	Internal piloted				
Port size ①	In=Out=Exhaust=1/2"				
Orifice size	50.0mm² (Cv=2.79)		30.0mm² (Cv=1.68)		
Valve type	5 port 2 positions		5 port 3 position		
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~114Psi)				
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)				
Temperature ℃	-20~70				
Material of body	Aluminum alloy				
Lubrication ②	Not required				
Max. frequency ③	3 cycle/sec				
Weight	590g	720g	770g		

① NPT thread and G thread are available;
② It can not stop in the midway of lubricating, Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended;
③ The maximum actuation frequency is in the no-load state.

Symbol

Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V
Scope of voltage	AC: ±15% DC: ±10%
Power consumption	AC: 3.5VA DC : 3.0W
Protection	IP65 (DIN40050)
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal、Grommet
Activating time	0.05 sec and below

Product feature

1、Pilot-oriented mode: optional for internal or external;
2、Structure in sliding column mode: good tightness and sensitive reaction;
3、Three position solenoid valves have three kinds of central function for your choice;
4、Double control solenoid valves have memory function;
5、Internal hole adopts special processing technology which has little attrition friction, low start pressure and long service life;
6、No need to add oil for lubrication;
7、It is available to form integrated valve group with the base to save installation space;
8、Affiliated manual devices are equipped to facilitate installation and debugging;
9、Several standard voltage grades are optional;

Ordering code

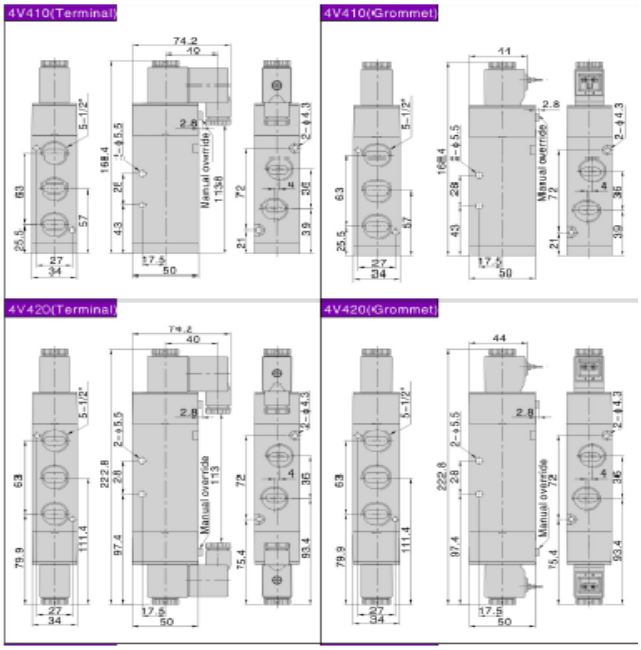
4V 4 10 — 15 — A — □ — T

- Model: 4V: Solenoid valve (5/2 5/3 way)
- Valve type: 10: Single solenoid 5/2 way; 20: Double solenoid 5/2 way; 30C: Double solenoid 5/3 way closed center; 30E: Double solenoid 5/3 way exhaust center; 30P: Double solenoid 5/3 way pressure center
- Code: 4: 400 Series
- Port size: 15: 1/2"
- Voltage: A: AC220V; B: DC24V; C: AC110V; E: AC24V; F: DC12V
- Electrical entry: Blank: Terminal; I: Grommet
- Thread type: T: NPT; G: G

Flow chart

Inner structure

Dimensions



FUENTE: Catálogo de electroválvulas AIRTAC

TABLA A.5 Especificaciones técnicas del filtro regulador

Elemento utilizado: 4V410-15-G

Especificaciones del Controlador lógico programable (PLC)

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C.

Información general	
Paquete de programación	STEP 7 V10.5 o superior
Tensión de alimentación	
120 V AC	Sí
230 V AC	Sí
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	80 mA con 120 V AC; 40 mA con 240 V AC
Consumo máx.	240 mA con 120 V AC; 120 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
Alimentación de sensores	
24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V
Intensidad de salida	
Intensidad en bus de fondo (5 V DC), máx.	1000 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Memoria	
Memoria de usuario	25 kbyte
Configuración del hardware	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 2 Signal Module
Entradas digitales	
Cantidad/entradas binarias	8; integrada
Tensión de entrada	
Valor nominal, DC	24 V
para señal "0"	5 V DC, con 1 Ma
para señal "1"	15 V DC, con 2.5 mA
Intensidad de entrada	
para señal "1", típ.	1 mA
en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
Parametrizable	Sí
para contadores/funciones tecnológicas:	

Salidas digitales	
Número/salidas binarias	6; Relé
Canales integrados (DO)	6
Funcionalidad/resistencia a cortocircuitos	No; a prever externamente
Poder de corte de las salidas	
Con carga resistiva, máx.	2 A
con carga tipo lámpara, máx.	30 W DC; 200 W AC
Frecuencia de conmutación	
de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	1 Hz
Salidas de relé	
Nº de salidas relé	6
Número de ciclos de maniobra, máx.	mecánicos: 10 millones, con tensión nominal de carga: 100000
Entradas analógicas	
Canales integrados (AI)	2
Nº de entradas analógicas	2
Rangos de entrada	
Tensión	Sí
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
0 a +10 V	Sí
Resistencia de entrada (0 a 10 V)	≥100 kohmios
Longitud del cable	
Longitud del cable apantallado, máx.	100 m; trenzado y apantallado
Tiempo de conversión (por canal)	625 µs
1. Interfaz	
Tipo de interfaz	PROFINET
Norma física	Ethernet
Funcionalidad	
PROFINET IO-Controller	Sí
Funciones de comunicación	
Comunicación S7	
Soporta servidor iPAR	Sí
como servidor	Sí
Comunicación IE abierta	
TCP/IP	Sí
ISO-on-TCP (RFC1006)	Sí
Funciones de test y puesta en marcha	
Estado/forzado	
Estado/Forzado de variables	Sí
Variables	Entradas/salidas, marcas, DB, E/S de periferia, tiempos, contadores
Forzado permanente	
Forzado permanente	Sí

Funciones integradas	
Nº de contadores	4
Frecuencia de contaje (contadores), máx.	100 kHz
Frecuencímetro	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí
Regulador PID	Sí
Nº de entradas de alarma	4
Aislamiento galvánico	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	No
entre los canales, en grupos de	1
Aislamiento galvánico módulos de S digitales	
Aislamiento galvánico módulos de S digitales	Sí; Relé
entre los canales	No
entre los canales, en grupos de	2
Diferencia de potencial admisible	
entre diferentes circuitos	500 V DC entre 24 V DC y 5 V DC
CEM	
Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática	
Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática IEC 61000-4-2	Sí
Tensión de ensayo con descarga en aire	8 kV
Tensión de ensayo para descarga por contacto	6 kV
Inmunidad a perturbaciones conducidas	
por los cables de alimentación según IEC 61000-4-4	Sí
Inmunidad a perturbaciones por cables de señales IEC 61000-4-4	Sí
Inmunidad a perturbaciones por tensiones de choque (sobretensión transitoria)	
por los cables de alimentación según IEC 61000-4-5	Sí
Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas mediante campos de alta frecuencia	
Inmunidad a campos electromagnéticos radiados a frecuencias radioeléctricas según IEC 61000-4-6	Sí
Emisión de radio interferencias según EN 55 011	
Emisión de perturbaciones radioeléctricas según EN 55 011 (clase A)	Sí; Grupo 1
Emisión de perturbaciones radioeléctricas según EN 55 011 (clase B)	Sí; Si se garantiza mediante medidas oportunas que se cumplen los valores límite de la clase B según EN 55011
Condiciones ambientales	
Temperatura de empleo	
mín.	0 °C

máx.	55 °C
Montaje vertical, mín.	0 °C
Montaje vertical, máx.	45 °C
Montaje horizontal, mín.	0 °C
Montaje horizontal, máx.	55 °C
Temperatura de almacenaje/transporte	
mín.	-40 °C
máx.	70 °C
Presión atmosférica	
En servicio máx.	1080 hPa
Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
Almacenamiento/transporte, máx.	1080 hPa
Humedad relativa	
En servicio máx.	95 %; sin condensación
Vibraciones	
Vibraciones	Montaje en pared 2 g; perfil DIN, 1 g
En servicio, según DIN IEC 60068-2-6	Sí
Condiciones mecánicas y climáticas en servicio	
Condiciones climáticas en servicio	
Temperatura	
Rango de temperatura permitido	0 °C a 55 °C montaje horizontal 0 °C a 45 °C montaje vertical
Cambio permitido de temperatura	5°C a 55°C, 3°C/minuto
Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
Presión atmosférica permitida	De 1080 a 795 hPa
Altitud de servicio permitida	-1000 a 2000 m
Grado de protección y clase de protección	
IP20	Sí
Configuración	
Programación	
Lenguaje de programación	
KOP	Sí
FUP	Sí
SCL	Sí
Vigilancia de tiempo de ciclo	
Configurable	Sí
Dimensiones	
Anchura	90 mm
Altura	100 mm
Profundidad	75 mm
Peso	
Peso, aprox.	425 g

FUENTE: www.siemens.com

TABLA A.6 Especificaciones del PLC

Especificaciones del Módulo de señales

SIMATIC S7-1200, SM 1232-2 AO

Tensión de alimentación	
24 V DC	Sí
Intensidad de entrada	
Consumo típ.	45 mA
De bus de fondo 5 V DC, típ.	80 mA
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	0
Salidas analógicas	
Nº de salidas analógicas	2; Tipo corriente o tensión
Rangos de salida, tensión	
-10 a +10 V	Sí
Rangos de salida, intensidad	
0 a 20 mA	Sí
Resistencia de carga (en rango nominal de la salida)	
con salidas de tensión, mín.	1000 Ω
con salidas de intensidad, máx.	600 Ω
Formación de valores analógicos	
Principio de medición	Diferencial
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
Resolución (incl. rango de rebase)	Tensión: 14 bits Corriente: 13 bits
Supresión de perturbaciones de tensión para frecuencia perturbadora f1 en Hz	40 dB, DC a 60 V para frecuencia de perturbación 50/60 Hz
Error/precisiones	
Error por temperatura (referido al rango de salida)	25°C ± 0,3% a 55°C ± 0,6% todo el rango de medida
Límite de error básico (límite de error práctico a 25 °C)	
Tensión, referida al rango de salida	+/- 0,3 %
Intensidad, referida al rango de salida	+/- 0,3 %
Supresión de tensiones perturbadoras para f = n x (fl +/- 1%), fl = frecuencia perturbadora	
Tensión en modo común, máx.	12 V

Condiciones mecánicas y climáticas en servicio	
Condiciones climáticas en servicio	
Temperatura	
Rango de temperatura permitido	0 °C a 55 °C montaje horizontal 0 °C a 45 °C montaje vertical
Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
Presión atmosférica permitida	De 1080 a 795 hPa
Concentraciones de sustancias contaminantes	
SO2 con HR < 60% sin condensación	S02: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación
Grado de protección y clase de protección	
IP20	Sí
Elementos mecánicos/material	
Tipo de caja (frente)	
Plástico	Sí
Dimensiones	
Anchura	45 mm
Altura	100 mm
Profundidad	75 mm
Peso	
Peso, aprox.	180 g

FUENTE: www.siemens.com

TABLA A.7 Especificaciones del módulo de señales

MCB mini-interruptores automáticos modulares

CHINT

Nb1 Mini Interruptor automático

1. Información general

1.1 Homologaciones: UL, KEMA, ASTA, CE,ESC, SEMKO, VDE, UKREST, PCT, RCC.

1.2 Especificaciones eléctricas: AC 50/60 Hz, 230V/400V, hasta 63 A.

1.3 Número de polos: 1,2,3P.

1.4 Curvas de disparo: C.

1.5 En conformidad con la norma IEC/EN 60898.

1.6 Limite de clasificación: 3

2. Características

2.1 Elevado poder de corte, hasta 5 KA.

2.2 Conexiones para barras busbar o cables.

2.4 Larga vida útil debido al mecanismo de almacenamiento de energía.

2.5 Bloques auxiliares modulares aseguran instalaciones rápidas y fáciles.

2.3 Terminales especialmente diseñados que garantizan una operación segura.

2.6 Cajas funcionales fabricadas en plástico especial, resistente al calor y retardante de la llama, de alta resistencia al impacto.

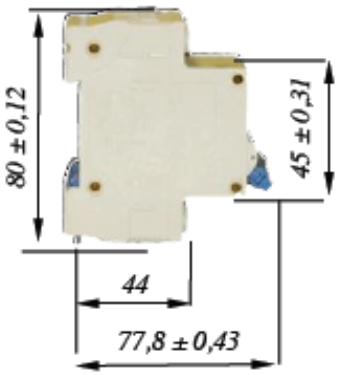
2.7 Elevada capacidad de limitación de corriente, convirtiendo el NB1 un producto de calidad y bajo costo.

3. Especificaciones principales

Modelo		NB1/ 1P	NB1/ 2P	NB1/ 3P
Corriente nominal (A)		1,3,6,10,16,20,25,32,40,50,63		
Tensión nominal		480	480	480
Número de polos		1P	2P	3P
Curvas de disparo		C	C	C
Poder nominal de corto circuito		5000	5000	5000
Vida útil (ciclos)	Vida eléctrica	4000	4000	4000
	Vida mecánica	20000	20000	20000

4. Dimensiones (mm)

Número de polos	A (mm)
1	18
2	36
3	54



FUENTE: Catálogo de productos CHINT

TABLA A.8 Especificaciones técnicas del breaker

NC1 contactores 9 – 95 A

1. Información general

1.1 Certificados Ce, VDE, EK, ESC, UKrSEPRO, GOST, RCC, UL.
1.2 Tensión nominal: 690V, 50/60Hz,
1.3 Corrientes nominales (AC3); 9, 12, 18, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 95.
1.4 Uso: maniobra de circuitos a distancia; protección de circuitos contra sobrecargas, en combinación con un relé térmico; maniobra y control de motores.
1.5 Categorías de empleo: AC3, AC4.
1.6 Condiciones de montaje: la inclinación entre el plano de montaje y el plano vertical no debe superar los ±5°.
1.7 Norma: UNE-EN 60947-4-1.

2. Durabilidad

Modelo	Ciclos de trabajo (operaciones por hora)			Vida eléctrica (10^3 operaciones)		Vida mecánica (10^6 operaciones)
	Eléctrico		Mecánico	AC-3	AC-4	
	AC-3	AC-4				
NC1-12	1200	300	3600	1000	200	10
NC1-18	1200	300	3600	1000	200	10
NC1-25	1200	300	3600	1000	200	10
NC1-32	600	300	3600	800	200	8
NC1-40	600	300	3600	800	150	8
NC1-50	600	300	3600	600	150	8
NC1-65	600	300	3600	600	150	6
NC1-80	600	300	3600	600	100	6
NC1-95	600	300	3600	600	100	6

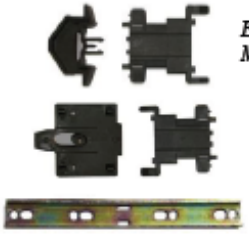
3. Accesorios

Bobinas de respuesto
24V, 48V, 110V, 220V y 440V

Contactos Auxiliares
1 NA+ 1NC
2 NA

Contactos Auxiliares
2NA+2NC, 4NA
3NA + 1NC

Temporizadores
OFF Delay
ON Delay



Enclavamientos
Mecánicos

3. Especificaciones Técnicas

Características Modelo			NC1-12	NC1-18	NC1-25	NC1-32
Tamaños			Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3	Tamaño 4
Corriente térmica nominal (A) AC-1			20	20	32	40
Corriente de servicio nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12	18	25
		AC-4	3.5	5	7.7	8.5
	660/690	AC-3	6.6	8.9	12	18
		AC-4	1.5	2	3.8	4.4
Tensión de aislamiento nominal (Vca)			690	690	690	690
Potencia del motor de jaula, trifásico en categoría AC-3	hp	220V AC	2	3	5	7,5
		440V AC	5	7,5	12,5	20
	kW	220V AC	1,5	2	3,5	5
		440V AC	3,5	5	9	15

Características Modelo			NC1-40	NC1-50	NC1-65	NC1-80	NC1-95
Tamaños			Tamaño 5			Tamaño 6	
Corriente térmica nominal (A) AC-1			50	60	80	80	95
Corriente de servicio nominal (A)	380/400V	AC-3	32	40	50	65	80
		AC-4	12	18.5	24	28	37
	660/690	AC-3	21	34	39	42	49
		AC-4	7.5	9	12	14	17.3
Tensión de aislamiento nominal (Vca)			690	690	690	690	690
Potencia del motor de jaula, trifásico en categoría AC-3	hp	220V AC	10	15	20	25	30
		440V AC	25	30	40	50	60
	KW	220V AC	7,5	11	15	18,5	22
		440V AC	18,5	22	30	37	44

FUENTE: Catálogo de productos CHINT
TABLA A.9 Especificaciones técnicas del contactor

Elemento utilizado: NC1-2510

ND16 Pilotos compactos 22mmø

1. Información general

1.2 Grado de protección: IP65.
1.3 Norma: UNE-EN60947-5-1.

2. Condiciones de trabajo y montaje

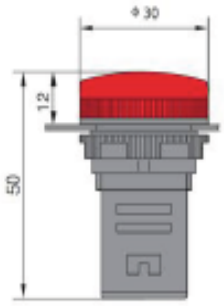
2.1 Temperatura ambiente: -5°C ~ +40°C.
2.2 Altitud ≤ 2000 m.
2.3 Condiciones atmosféricas: La humedad relativa no debe superar el 50% si la temperatura máxima es de +40°C, una humedad relativa superior es permisible bajo temperaturas inferiores, pudiendo ser del 90% a +20°C, por ejemplo.
2.4 Grado de contaminación: 3.
2.5 Categoría de sobretensión: II.

Russia USA

2. Modelos y montaje con contactor

ND16-22CS/4	Referencia	Color
	ND16-22CS/2 (W)	BLANCO
	ND16-22CS/2 (G)	VERDE
	ND16-22CS/2 (R)	ROJO
	ND16-22CS/2 (Y)	AMARILLO
	ND16-22CS/2 (B)	AZUL

3. Dimensiones (mm)



4. Especificaciones técnicas

Tensión de trabajo nominal Ue (V CA)	Corriente de trabajo nominal Ie (A)	Vida Útil	Brillo (cd/m²)	Color
CA				
24	Ie≤20	≥30000	≥60	ROJO VERDE AMARILLO AZUL BLANCO
230				
110				
--				
--				
--				
--				
--				

FUENTE: Catálogo de productos CHINT
TABLA A.10 Especificaciones técnicas de las luces piloto

NS2 Guardamotores

1. Información general

1.1 Homologaciones: CE, SEMKO, ESC, UKrSEPRO, GOST, RCC, UL;
1.2 Especificaciones eléctricas: 690Vca, 25A, 45A,
1.6 En conformidad con la norma IEC/EN 60947-2, 60947-1.

2. Modelos

Código	Amperaje	Ics (KA)		Clase de disparo
		240V	440V	
NS2-25/016	1,0 – 1,6	100	100	10
NS2-25/025	1,6 – 2,5	100	100	10
NS2-25/040	2,5 - 4	100	100	10
NS2-25/063	4 – 6,3	100	50	10
NS2-25/100	6 - 10	100	15	10
NS2-25/140	9 - 14	100	8	10
NS2-25/180	13 - 18	100	8	10
NS2-25/230	17 - 23	50	6	10
NS2-25/250	20 - 25	50	6	10

3. Especificaciones técnicas

Modelo	NS2-25								
Tensión nominal de aislamiento	690V								
Tensión nominal de servicio Ue (V CA)	230/240, 400/415, 440, 500, 690								
Tensión de corta duración admisible (V)	800								
Rango de ajuste de la corriente	0,63 -1	1 – 1.6	1.6 – 2.5	2.5 – 4	4 – 6.3	6 – 10	9 - 14	13 – 18	17 - 23
Corriente disparo nominal	1	1.6	0.16	0.25	6.3	10	14	18	23

4. Datos técnicos

4.1 Características de protección

Objeto	Secuencia	I/In	Duración de la prueba (Tp)		Resultados esperados	Condiciones de la prueba
Protección contra sobrecargas	1	1.05	t> 2 h		Sin disparo	Arranque con relé frío
	2	1.2	t< 2 h		Con disparo	Arranque con relé caliente después de la secuencia 1
	3	1.5	Clase de disparo	10A t<2min 10 t<4min	Con disparo	Arranque con relé caliente después de la secuencia 1
	4	7.2	Clase de disparo	10A 2s<t≤10s 10 4s<t≤10s	Con disparo	Arranque con relé frío

Objeto	Secuencia	Múltiplo de la corriente de ajuste		Tiempo	Resultados prueba	Condiciones de la prueba
		Dos fases	Fases restante			
Protección contra fallos de fase	1	1.0	0.9	t≥2 h	Sin disparo	Arranque con relé frío
	2	1.15	0	t<2 h	Con disparo	Arranque con relé caliente después de la secuencia 5

FUENTE: Catálogo de productos CHINT

TABLA A.11 Especificaciones técnicas del guardamotor

Elemento utilizado: NS2-25

CHINT

Bornes para cableado y Accesorios

1. Información general

1.1 Especificaciones eléctricas: AC690V/660V
1.2 Calibre del cable admisible: 0.5 a 70mm²
1.3 Standard: IEC60947-7-1

2. Modelos

2.1 Bornes Simples (2,5 / 6 / 10 / 16 / 35 / 70)

2.2 Bornes de Tierra (2,5 / 6 / 10 / 16 / 35)

2.3 Tapas Finales para Bornes (2,5 / 4 / 16 / 35 / 70)

FUENTE: Catálogo de productos CHINT
TABLA A.12 Especificaciones técnicas de las borneras

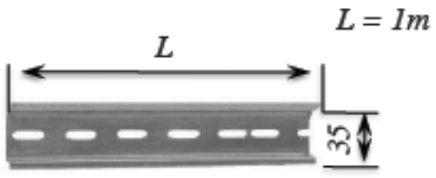
CHINT

Perfiles de fijación DIN

1. Información general

1.1 Rieles hechos en aluminio y acero.
1.2 Compatible con toda la línea de productos modulares

2. Dimensiones (mm)



FUENTE: Catálogo de productos CHINT
TABLA A.13 Especificaciones técnicas del riel DIN

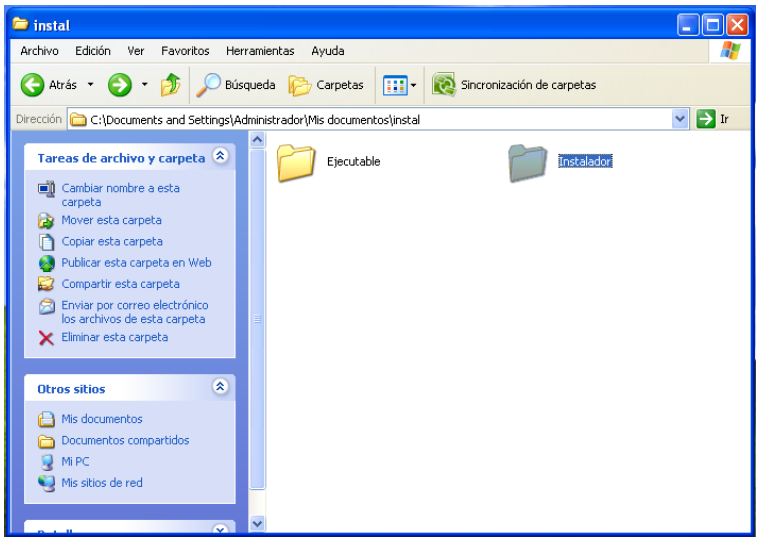
ANEXO B

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO DE UTILIZACIÓN DEL TABLERO

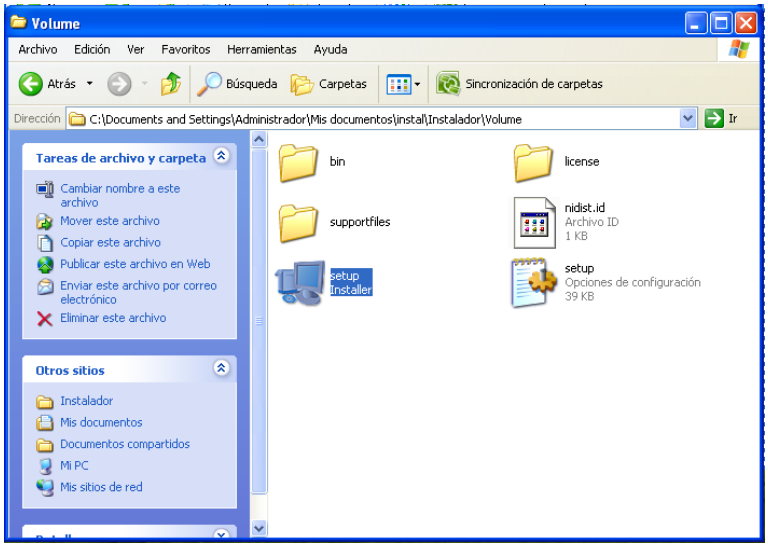
Paso 1.- Instale el programa de manejo del tablero en la computadora que van a utilizar para la simulación y práctica de los turbos.

I. Haga doble clic en la carpeta de instalación del programa.



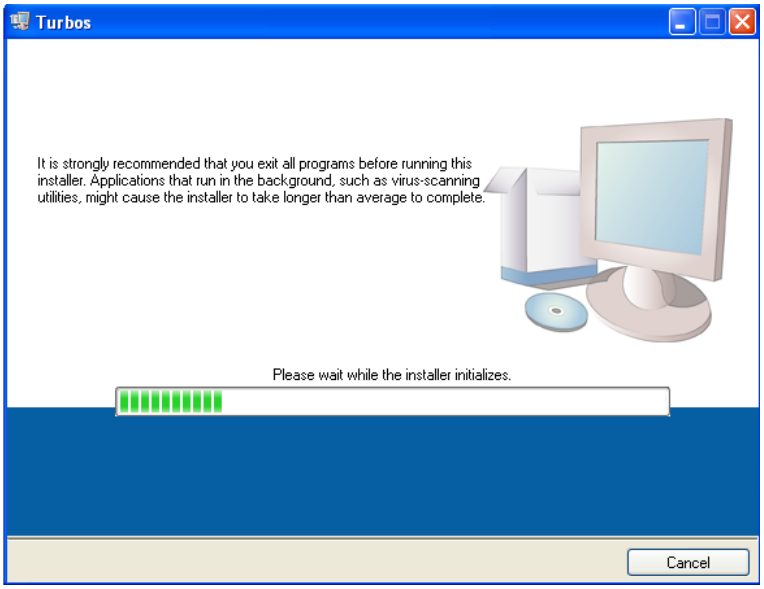
FUENTE: Autores
FIGURA B.1 Abrir carpeta instalador

II. Haga doble clic en setup.



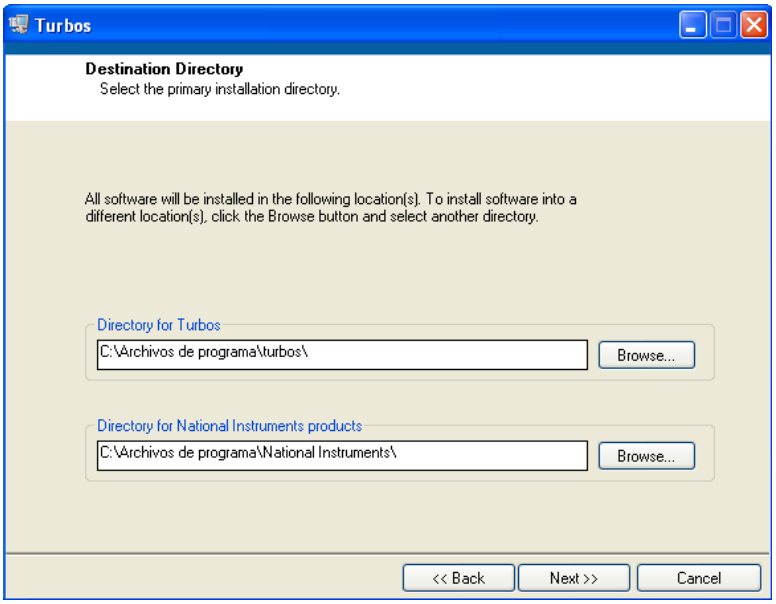
FUENTE: Autores
FIGURA B.2Clic en setup

III. Espere un momento hasta que el programa analice las características de su computadora.



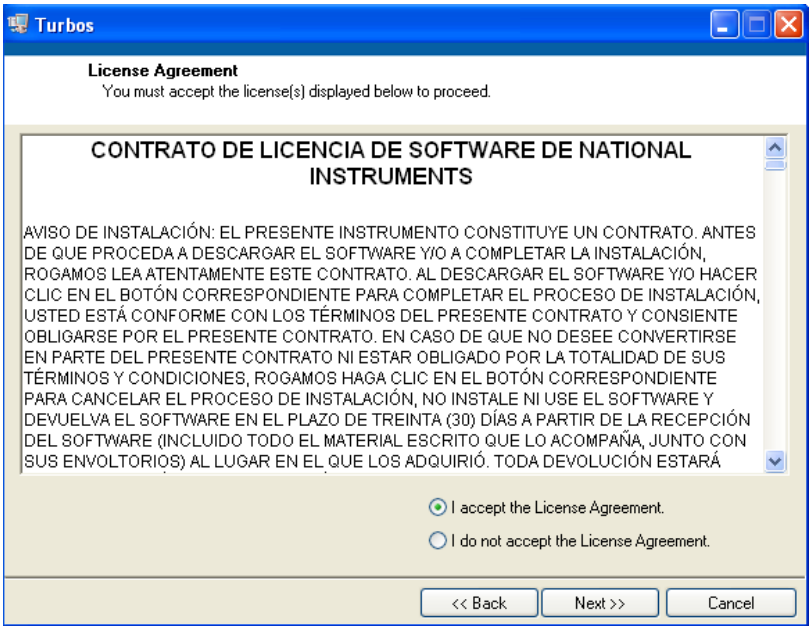
FUENTE: Autores
FIGURA B.3 Por favor espere

IV. Después aparecerá una pantalla, deberá elegir donde instalar el programa y hacer clic en next.



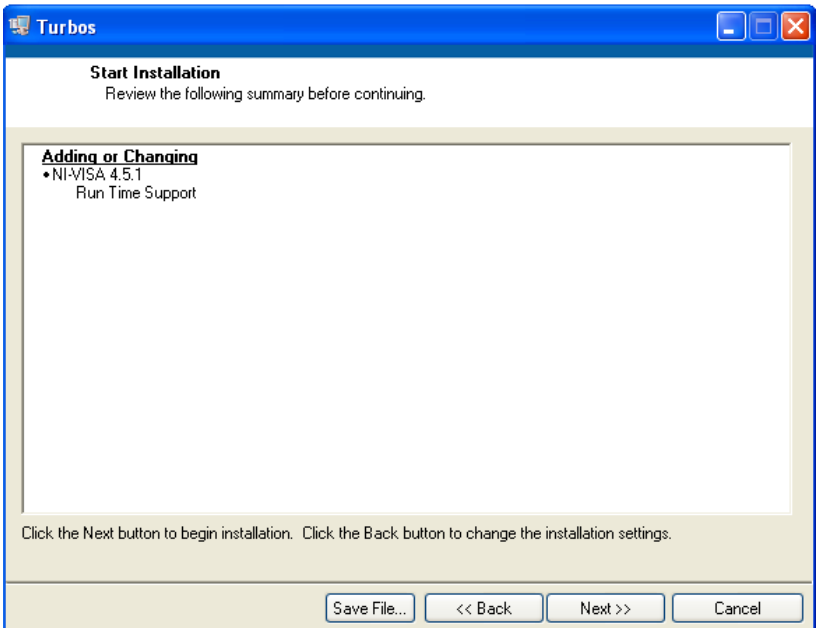
FUENTE: Autores
FIGURA B.4 Clic en "Next"

V. Después debe elegir **“I accept the license agreement”**y haga clic en next.



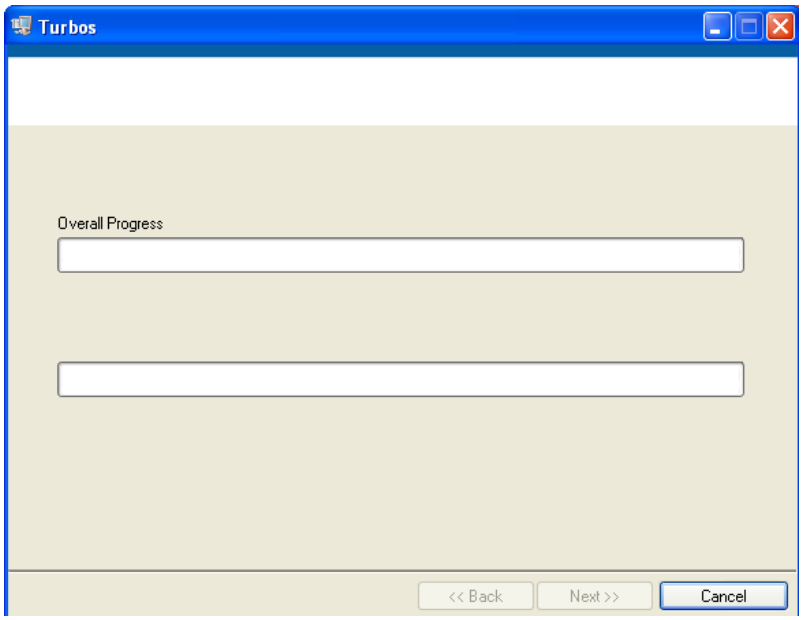
FUENTE: Autores
FIGURA B.5 Seleccionar“I accept the license agreement”

VI. A continuación debe hacer clic en next.



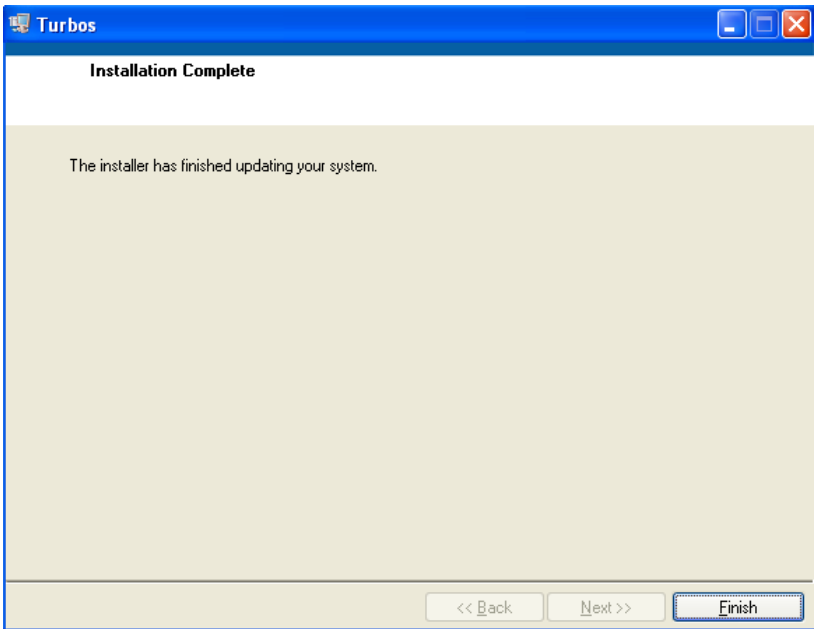
FUENTE: Autores
FIGURA B.6 Clic en “Next”

VII. Espere hasta que el programa se instale en la computadora.



FUENTE: Autores
FIGURA B.7 Instalación del programa

VIII. Saldrá una pantalla de finalización de la instalación del programa y haga clic en finish.



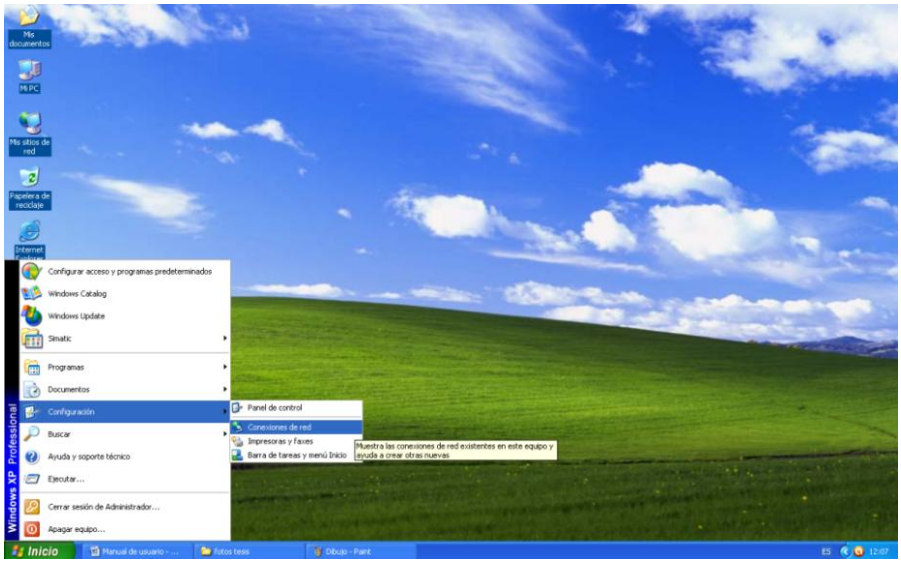
FUENTE: Autores
FIGURA B.8 Clic en "Finish"

Paso 2.- Después de instalar el programa, conecte la computadora con un cable de red al tablero, por la parte lateral derecha donde se encuentra el conector.

FUENTE: Autores
FIGURA B.9 Conexión de cable de red

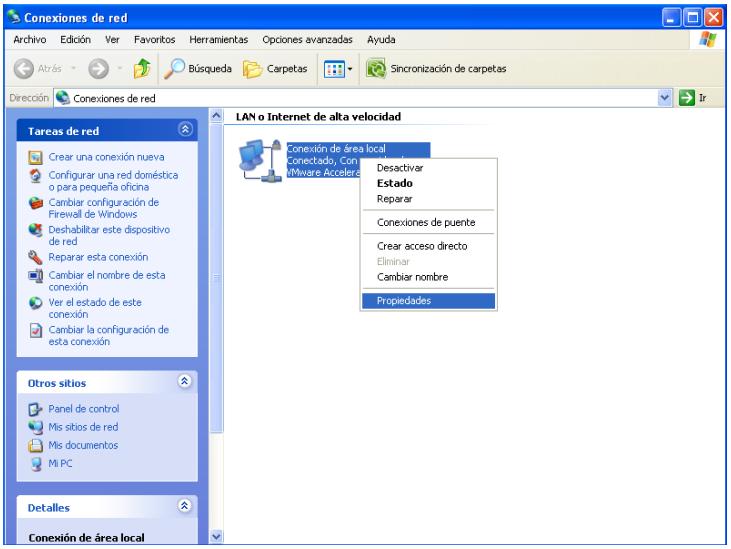
Paso 3.- A continuación debe cambiar el IP del protocolo de la computadora para que exista la comunicación con el PLC del tablero.

I. Haga doble clic en conexiones de red.



FUENTE: Autores
FIGURA B.10 Clic en “conexiones de red”

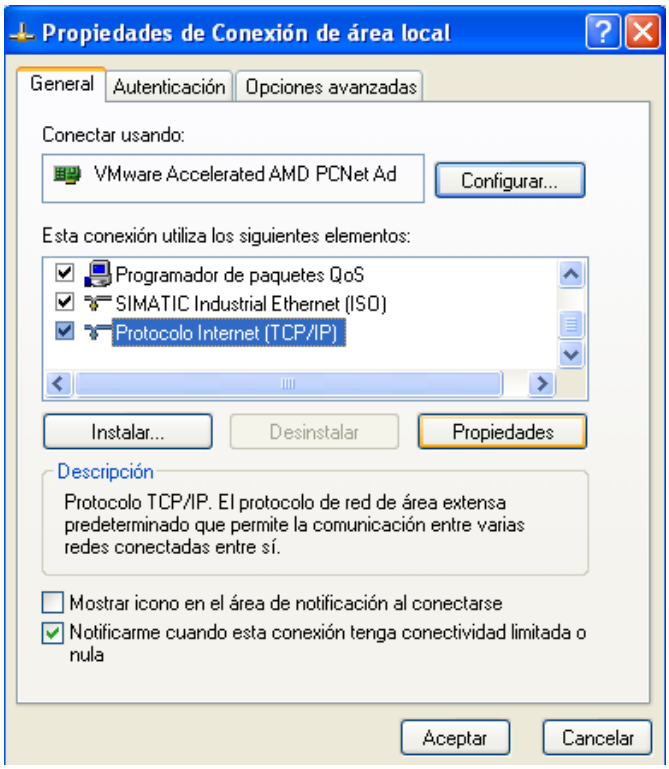
II. Haga clic derecho en el icono conexión de área local y después haga clic en propiedades.



FUENTE: Autores

FIGURA B.11 Clic derecho en "Conexión de área local"

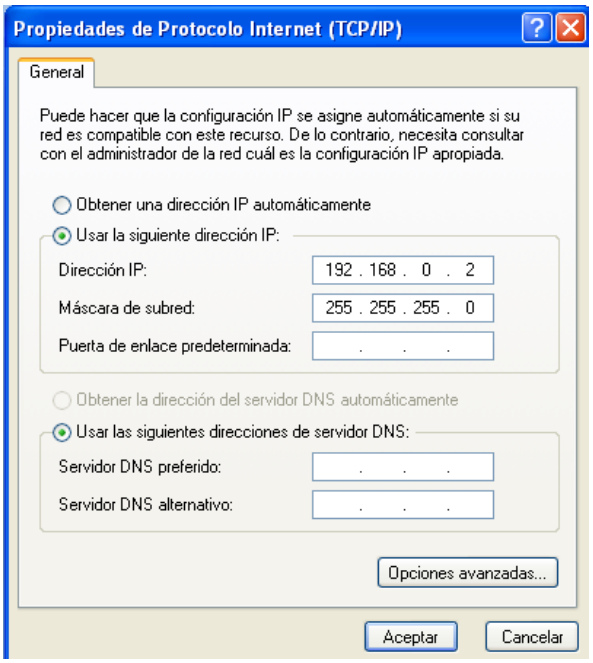
III. En la siguiente pantalla elija **"Protocolo Internet (TCP/IP)"**y haga clic en propiedades.



FUENTE: Autores

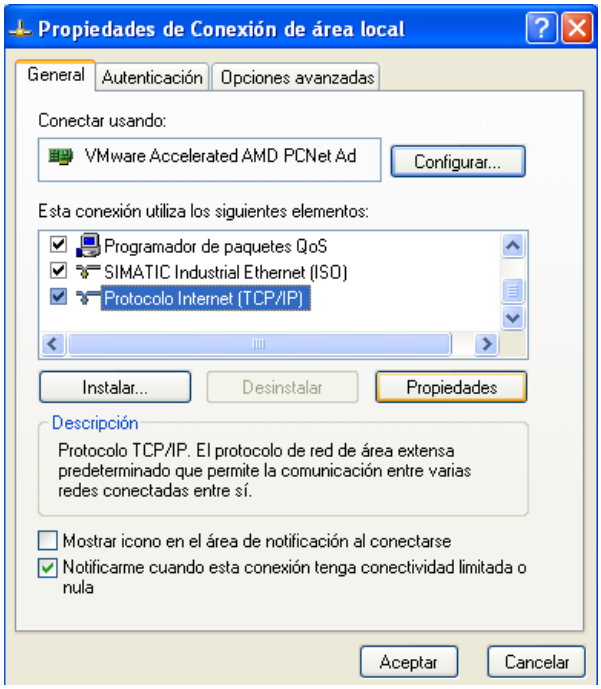
FIGURA B.12 Elija"Protocolo internet (TCP/IP)"

IV. En la siguiente panta elija **“Usar la siguiente dirección IP”**y escriba la dirección IP como se indica a continuación.



FUENTE: Autores
FIGURA B.13 Cambio de dirección IP.

V. Para finalizar haga clic en aceptar, en la siguiente pantalla también haga clic y está listo para utilizar el programa.

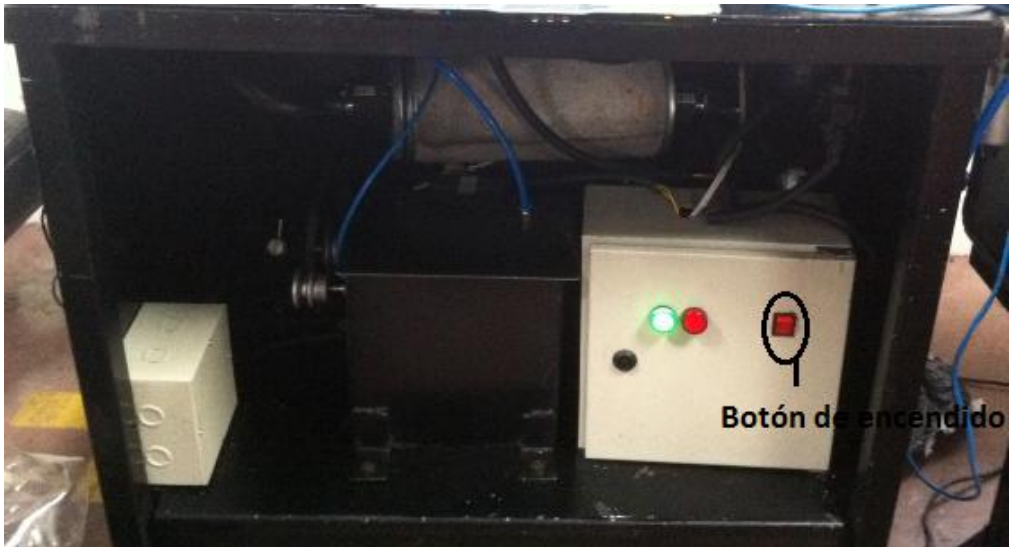


FUENTE: Autores
FIGURA B.14 Elija“Aceptar”

Paso 4.- Conectar el tablero al compresor de aire, observando que no existan fugas.

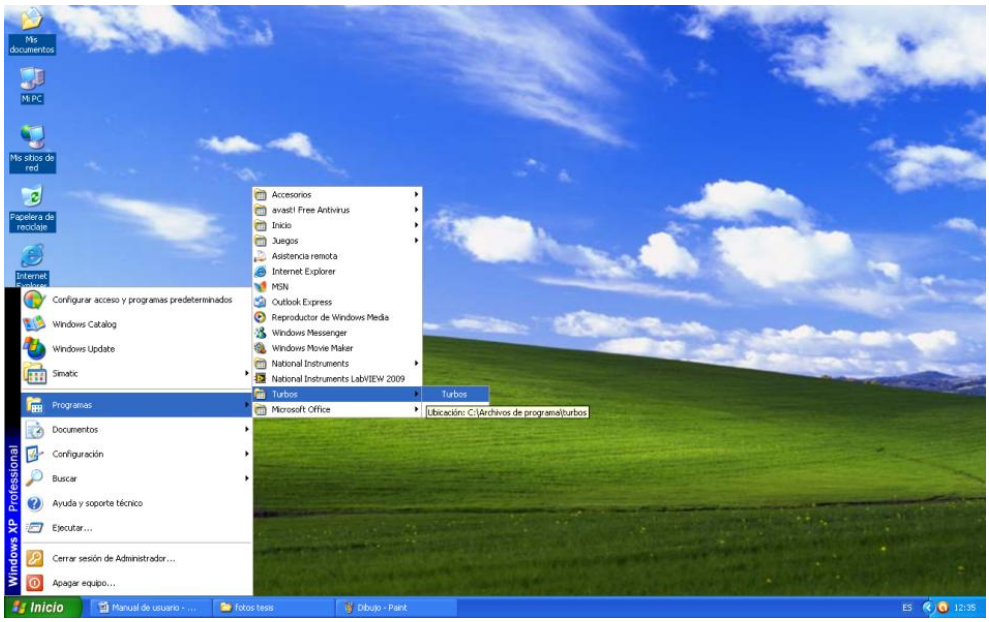
FUENTE: Autores
FIGURA B.15 Conexión a compresor

Paso 5.- Verificar 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.



FUENTE: Autores
FIGURA B.16 Encienda caja de control

Paso 6.- A continuación abra el programa haciendo doble clic en el icono turbos.



FUENTE: Autores
FIGURA B.17 Ingreso al programa

Paso 7.- Abierto el programa aparecerá una pantalla donde deberá poner el nombre del archivo de Excel donde se guardarán los datos y las gráficas de las prácticas y simulaciones que hagamos. Después haga clic en OK.

FUENTE: Autores
FIGURA B.18 Escriba nombre de carpeta de almacenamiento de datos

Paso 8.- 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.

FUENTE: Autores
FIGURA B.19 Inserte la clave

Paso 9.- Ahora aparecerá la pantalla de control del tablero, donde podrás realizar las simulaciones de los turbos, realizar prácticas, guardar los datos y ver las gráficas del rendimiento de los turbos.

FUENTE: Autores
FIGURA B.20 Pantalla de control del tablero

Pruebas con el turbo convencional

Paso 10.- 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.

FUENTE: Autores
FIGURA B.21 “SELECTOR”

Paso 11.-Realizada la elección, sea cual sea, 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.

FUENTE: Autores
FIGURA B.22 Botón de encendido

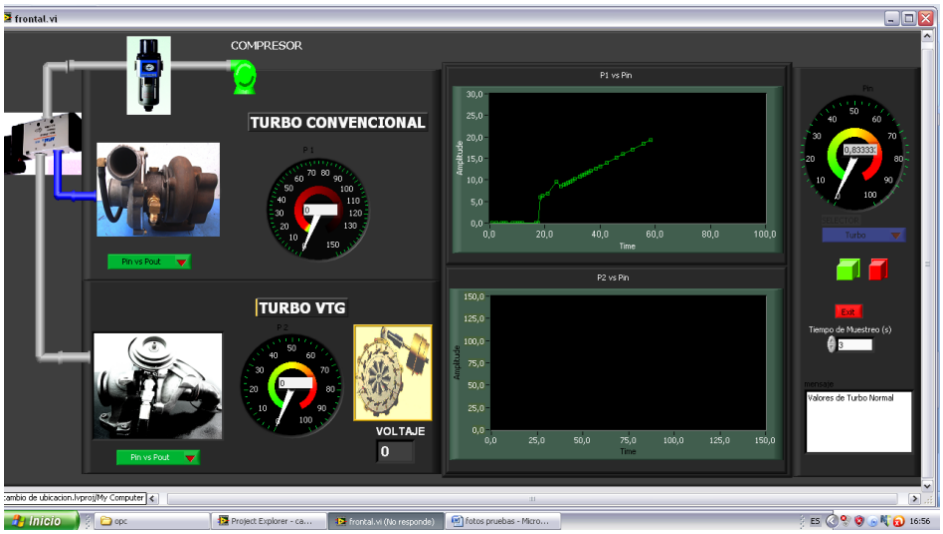
Paso 12.- En este punto debemos manipular el filtro regulador del flujo, haciendo pasar aire, teniendo en cuenta la capacidad del compresor, esto simulará los gases de escape y harán funcionar el turbo elegido.

FUENTE: Autores
FIGURA B.23 Regulador de flujo

Paso 13.-Observamos que los manómetros comienzan a indicar valores de presión y también obtenemos las gráficas de funcionamiento en la pantalla.

FUENTE: Autores
FIGURA B.24 Visualización de datos

Paso 14.- Mientras adquirimos los valores podemos ir manipulando la gráfica que queremos observar, para ello disponemos de una pestaña en la parte izquierda de la pantalla, al dar clic sobre ésta se despliegan las opciones de las gráficas que podemos elegir.



FUENTE: Autores
FIGURA B.25 Adquisición de datos

Pruebas con el turbo de geometría variable

Paso 15.- Una vez realizada la prueba con el turbo convencional elegimos el turbo de geometría variable, haciendo clic en “SELECTOR” como explicamos anteriormente.

FUENTE: Autores
FIGURA B.26 “SELECTOR”

Paso 16.- Vemos que cambia la dirección de flujo de aire, se pone de color azul la cañería, y en la pantalla de “MENSAJE” nos muestra que debemos activar el motor, lo cual lo hacemos dando clic sobre el botón verde.

FUENTE: Autores
FIGURA B.27“MENSAJE”

Paso 17.- 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.

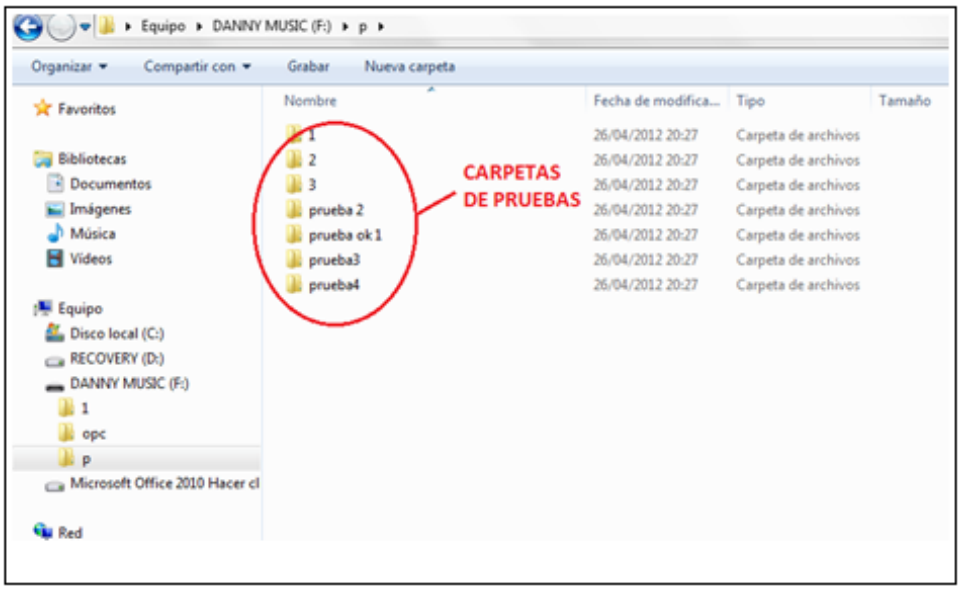
Paso 18.- Mientras adquirimos los valores podemos ir manipulando la gráfica que queremos observar, igual que con el anterior turbo pero esta vez en la parte del VTG.

FUENTE: Autores
FIGURA B.28 Visualización de gráficas

Paso 19.-Cuando terminamos de tomar los valores, paramos el motor dando clic en el botón rojo de “STOP”, en ese instante aparecerá una sola gráfica que nos indica la comparación del rendimiento de los turbos.

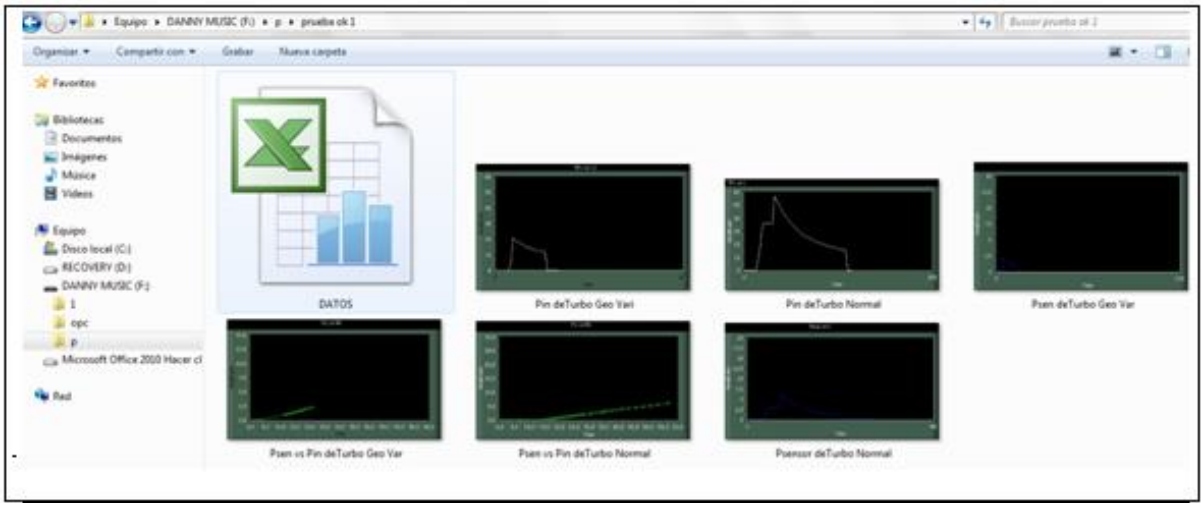
FUENTE: Autores
FIGURA B.29 Botones de marcha y paro

Paso 20.- Cuando hemos terminado de adquirir los datos y queramos 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.



FUENTE: Autores
FIGURA B.30 Carpeta de datos

Paso 21.- 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.



FUENTE: Autores
FIGURA B.30 Datos obtenidos

ANEXO C

GUÍAS DE PRÁCTICAS

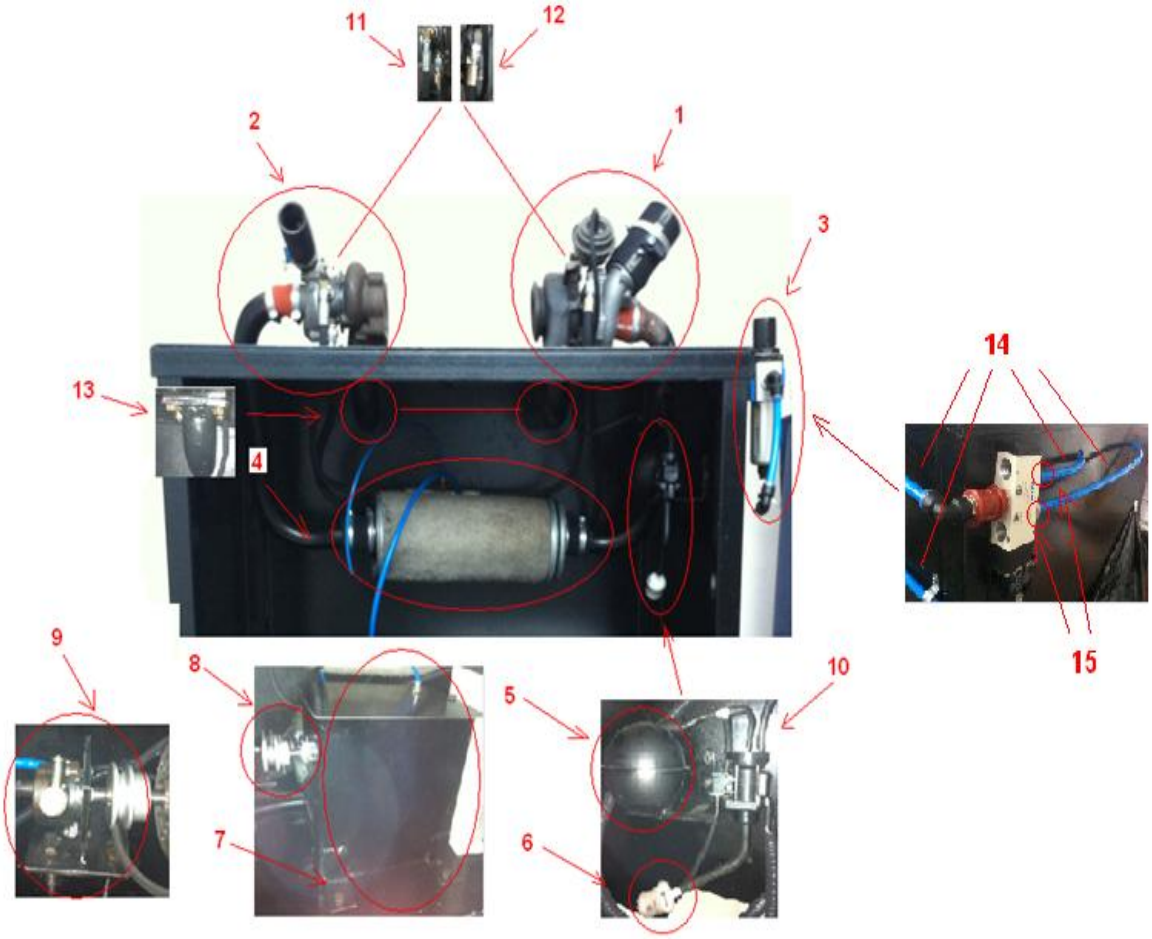
GUÍA DE PRÁCTICA

El tablero didáctico es un herramienta que simula el funcionamiento y control electrónico de un turbo de geometría variable que viene montados en los vehículos de tecnología reciente; además de realizar un comparación con un turbo convencional.

El tablero es manejado por un software que nos permite la selección de los turbos, obtener datos de operación y graficar curvas de rendimientos de ambos; facilitando entender las diferencias y semejanzas de estos.

El tablero comprende de tres partes importantes:

Parte mecánica.-



1	Turbo de geometría variable.
2	Turbo convencional.
3	Filtro regulador de presión neumática.
4	Filtro de aire atmosférico de turbos.
5	Depósito de vacío.
6	Filtro de aire cápsula neumática.
7	Depósito de aceite.
8	Bomba de aceite.
9	Bomba de vacío.
10	Manguera de vacío.
11	Manguera de presión de aceite.
12	Manguera de retorno de aceite.
13	Tubos de admisión de turbos.
14	Cañería flexible
15	Racores (Acoples rápidos)

- ✓ Los componentes que forman parte mecánica son los que vienen en cualquier vehículo que viene incorporado un turbo de geometría variable (1) o un turbo convencional (2).

- ✓ Los turbos necesitan una presión de aceite adecuada para su correcto funcionamiento y conservación de su vida útil, dependiendo a las condiciones de uso de los mismos; el tablero dispone con un depósito de aceite (7), donde la bomba de aceite (8), que esta dentro de éste toma el lubricante y lo empuja por las mangueras de presión de aceite (11) hasta los orificios de lubricación de los turbos, donde una vez culminada su misión, regresa el lubricante por las mangueras de retorno de aceite (12).

- ✓ El turbo de geometría variable es controlado mediante presión de vacío para el accionamiento de los álabes móviles que cambian la sección en el interior de éste, para lo cual el tablero dispone de una bomba de vacío (9) y

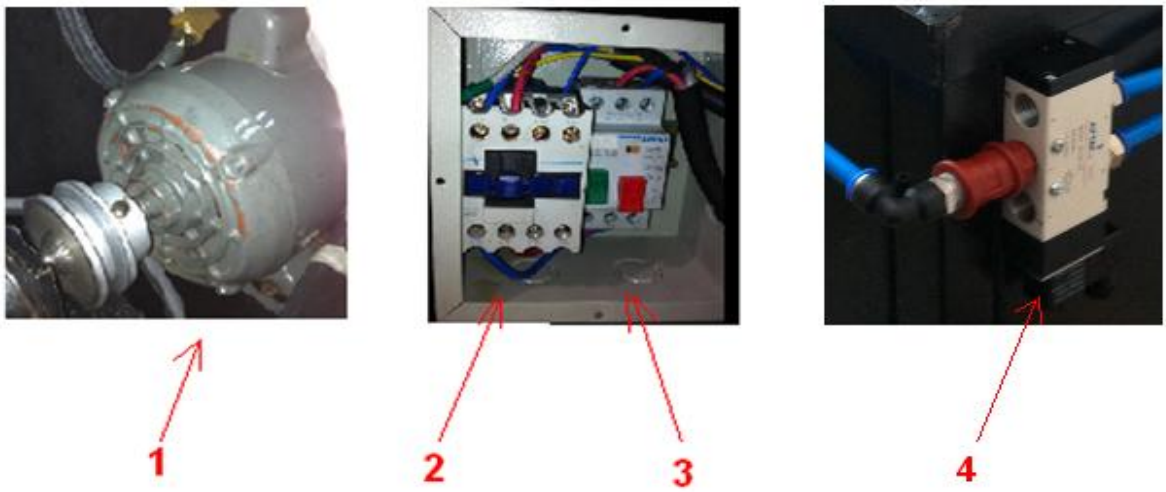
un depósito (5), que están conectados entre si y a su vez están conectados mediante la manguera de vacío (10) al turbo, generando el vacío necesario para el buen funcionamiento del sistema.

- ✓ Para la simulación de gases de escape del motor que accionan al turbo utilizaremos un compresor; como las presiones de gases de escape varían de acuerdo a las R.P.M. de motor el tablero dispone de un regulador de presión neumática (3) que limita o libera el flujo de aire que genera el compresor que llegan a los turbos mediante los tubos de admisión (13).

- ✓ Los turbos trabajan a muy altas R.P.M. por lo cual la mínima suciedad o limalla en el sistema podría ser muy dañina para los componentes internos del turbo, para lo cual utilizaremos un filtro de aire atmosférico de turbos (4) y filtro de aire cápsula neumática (6) que mantendrán el aire dentro del sistema totalmente libre de impurezas.

- ✓ Como mencionamos anteriormente necesitamos de un compresor para que el aire ingrese por cañerías flexibles (14) y conectadas mediante racores (15) fluya libremente por todo el circuito de entrada hasta los turbos en el tablero.

Parte Eléctrica



1	Motor monofásico 1hp 110/220V 1800rpm.
2	Guarda motor NS2-25.
3	Contactor NC1-2510.
4	Electroválvula de flujo.

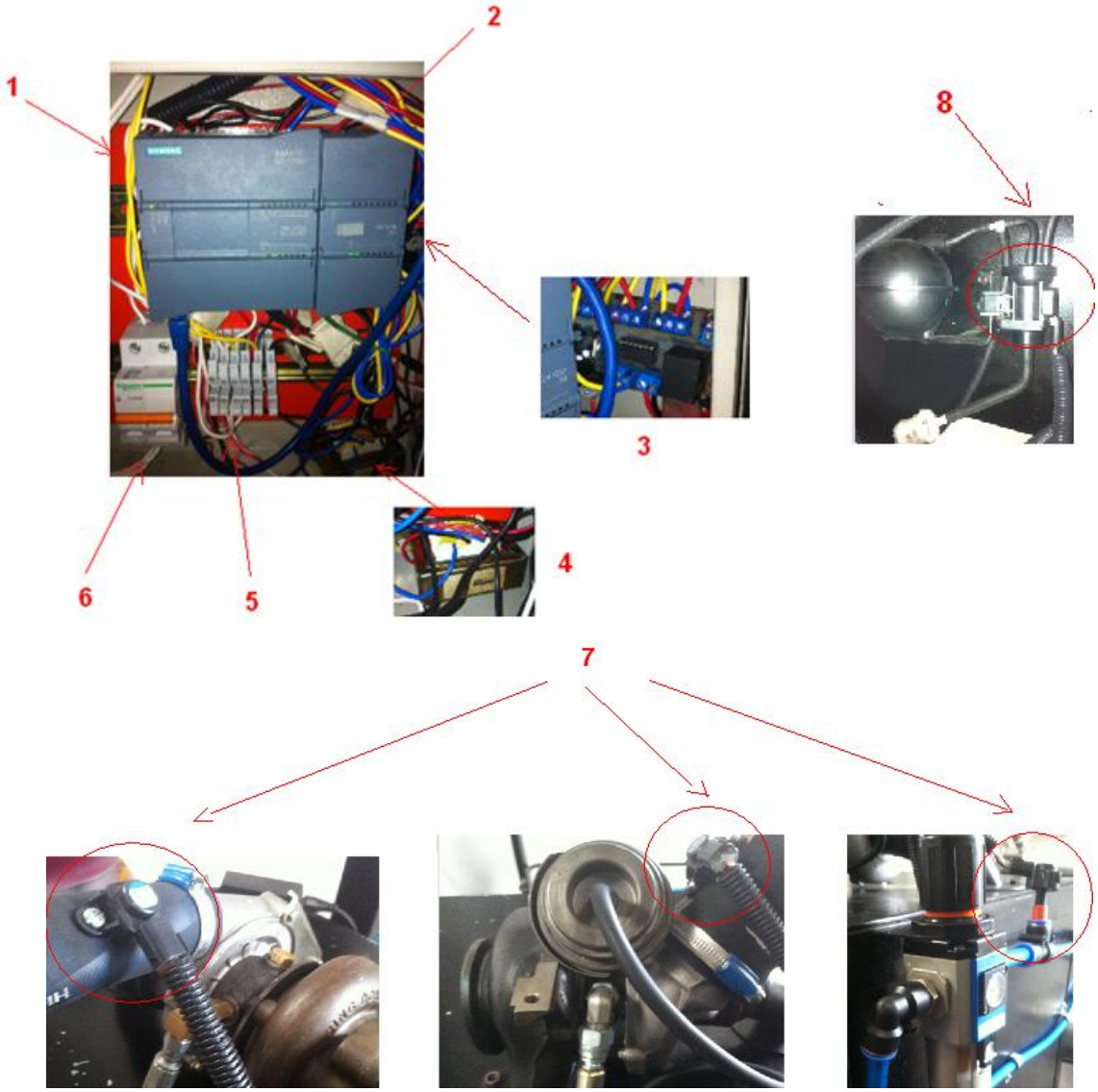
- ✓ Como habíamos dicho anteriormente se necesita de presión de aceite y presión de vacío para el correcto funcionamiento y mantenimiento de los turbos, para lo cual el tablero dispone con un motor monofásico (1) acoplado a la bomba de vacío que simula al alternador de los vehículos; y a su vez mediante dos poleas con una banda transmite el movimiento a la bomba de aceite para el funcionamiento del sistema.

- ✓ Para realizar las pruebas del tablero no es necesario que el motor monofásico este prendido todo el tiempo para lo cual se dispone de un contactor (2) el cual cumple con la función de limitar o abrir el paso de la corriente dándonos la facilidad de controlarlo de acuerdo a las necesidades.

- ✓ Al contar con el motor monofásico hay la posibilidad de que existan picos de corriente o trabaduras de la banda que da el movimiento a las bombas, por lo cual el tablero dispone de un guarda motor (3) que al momento de detectar cualquiera de estos dos casos corta la corriente evitando que haya daños o sobrecargas en el sistema.

- ✓ Para controlar el flujo de aire que ingresa al tablero didáctico contamos con una electroválvula de flujo (4) que apagada hace que este se dirija al turbo VTG (1) y energizada con 120V hace que este se dirija al turbo convencional (2).

Parte Electrónica.



1	PLC S7-1200.
2	Módulo de señales.
3	Tarjeta de acondicionamiento.
4	Transformador de voltaje.
5	Borneras.
6	Breaker
7	3 Transmisores MAP
8	Convertidor de presión del VTG

- ✓ La parte electrónica del tablero es controlada por el PLC (1)que cumple las funciones de alimentar los sensores MAP (7), manejar el convertidor de presión del VTG (8), recibir, codificar y mandar señales; además de controlar algunos componentes electrónicos para el correcto funcionamiento de éste.

- ✓ El PLC (1) disponede un número limitado de entradas y salidas analógicas, por lo que se la conecta a un modulo de señales (2), de tal manera, obtenemos más entradas y salidas analógicas que son suficientes para los todos los componentes electrónicos.
- ✓ Para poder comunicar de una manera eficiente los sensores MAP (7) y convertidor de presión del VTG (8) con el PLC (1) el tablero dispone de una tarjeta de acondicionamiento (4), la cual transforma las señales que se recibe y las hace compatibles para el trabajo del PLC.

- ✓ Los sensores MAP (7) trabajan con 5V y el convertidor de presión del VTG (8) con 12V; por tal motivo necesitamos de un transformador (4) para obtener las alimentaciones adecuadas de los componentes y evitar daños o funcionamientos errados.

- ✓ Por último para proteger y dar un mantenimiento constante al PLC (1), el tablero didáctico cuenta con breakers (6) que evita los picos de tensión o cortos de tensión repentinos; además de unas borneras (5) que hacen fácil la extracción del PLC (1) para mantenimiento o revisión periódica.

	PRACTICA N.-1	
Tema: Identificación de componentes de la parte mecánica del tablero didáctico		

Objetivos.

- Reconocer los diferentes componentes que conforman la parte mecánica del tablero didáctico.

Materiales y Equipo.

- Tablero didáctico.
- Mandil.
- Guantes.
- Gafas.
- Linterna.

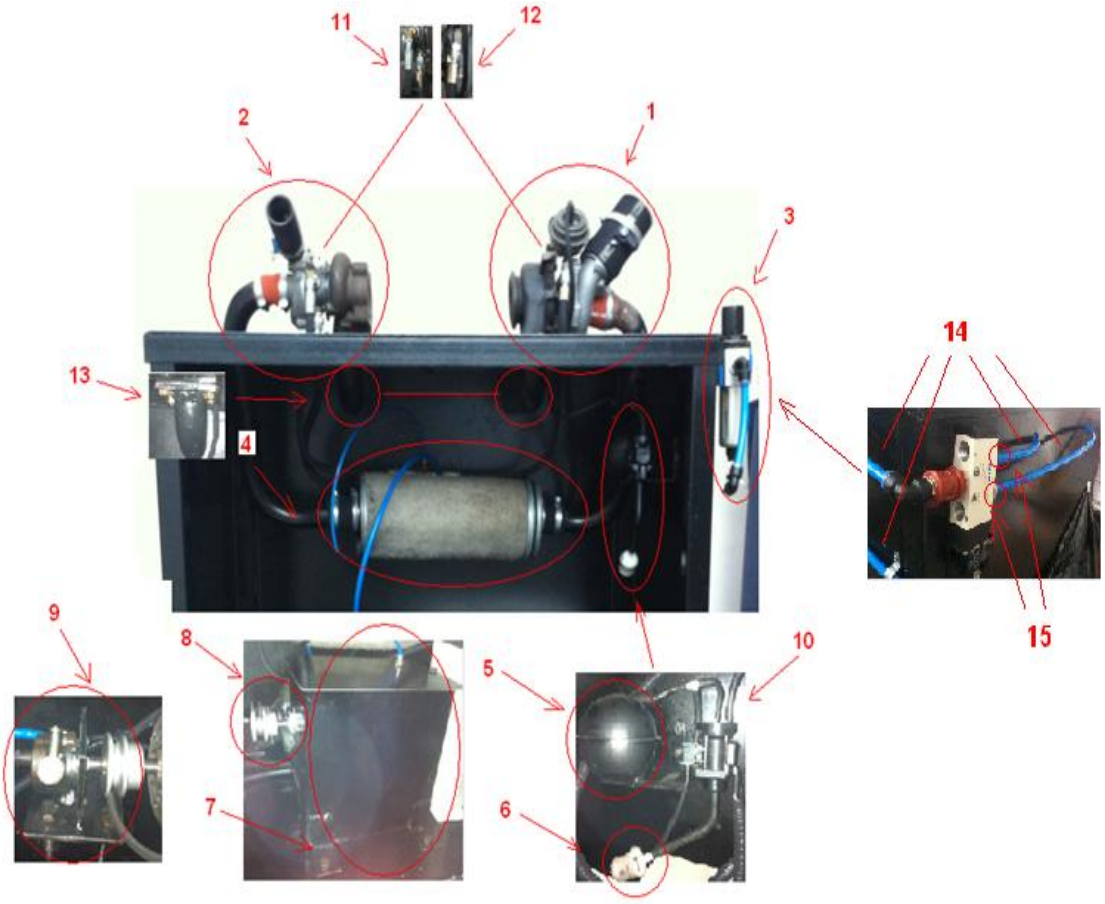
Procedimiento.

- ✓ Ubicar el tablero en un lugar amplio y que exista suficiente luz.
- ✓ Abrir puerta frontal del tablero didáctico.
- ✓ Identificar los componentes de la parte mecánica.
- ✓ En los lugares de difícil acceso y poca luz, utilice la linterna para identificar los componentes mecánicos restantes.
- ✓ Una vez identificado todos los componentes mecánicos cierre la puerta frontal y guarde el equipo.

Desarrollo.

1.- Escribir el funcionamiento de la parte mecánica dentro del tablero didáctico.

2.- Escribir en la tabla los nombres de cada componente mecánicos del tablero didáctico.



1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

3.- Realice un esquema de la parte mecánica del tablero indicando los nombres de cada componente y que operación realiza.

PREGUNTAS.

1.- ¿Cuáles son las condiciones para que los turbos puedan empezar a operar?

_____
_____
_____
_____

¿Porqué?_____
_____

2.- ¿Piensa que existe similitud de la parte mecánica del tablero didáctico con los sistemas que viene incluidos en vehículos equipados con turbos?

_____
_____
_____

CONCLUSIONES.

_____
_____
_____
_____

RECOMENDACIONES.

_____
_____
_____
_____

	PRACTICA N.-2	
Tema: Identificación de componentes de la parte eléctrica del tablero didáctico		

Objetivos.

- Reconocer los diferentes componentes que conforman la parte eléctrica del tablero didáctico.

Materiales y Equipo.

- Tablero didáctico.
- Mandil.
- Guantes.
- Gafas.
- Desarmador.

Procedimiento.

- ✓ Ubicar el tablero en un lugar amplio y que exista suficiente luz.
- ✓ Abrir puerta frontal del tablero didáctico.
- ✓ Retire la tapa de la caja de paso en la parte inferior del tablero.
- ✓ Identificar los componentes de la parte eléctrica.
- ✓ En los lugares de difícil acceso y poca luz, utilice la linterna para identificar los componentes eléctricos restantes.
- ✓ Identificado todos los componentes eléctricos coloque la tapa de la caja de paso, cierre la puerta frontal y guarde el equipo.

Desarrollo.

1.- Escriba el funcionamiento de la parte eléctrica dentro del tablero didáctico.

_____

_____

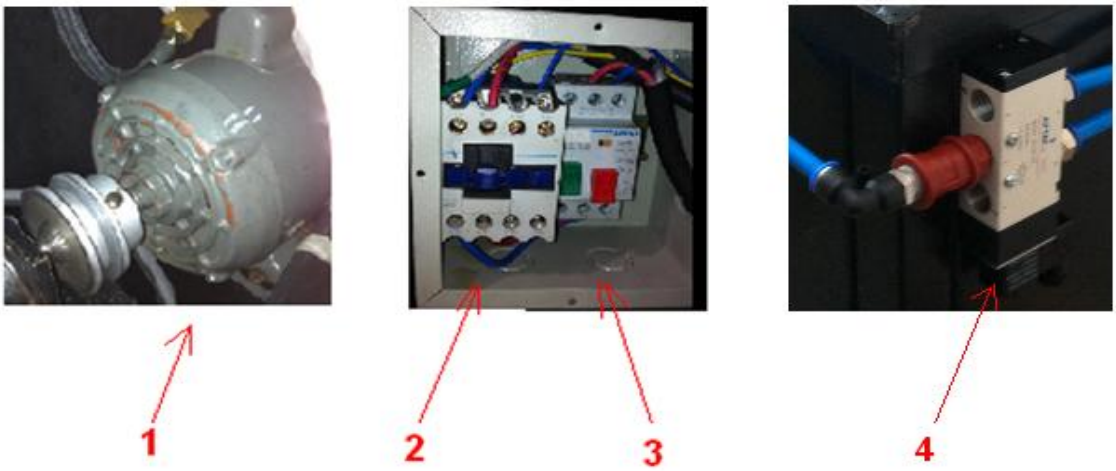
_____

_____

_____

_____

2.- Escriba en la tabla los nombres de cada componente eléctrico del tablero.



1	
2	
3	
4	

3.- Realice un esquema eléctrico en Livewire del accionamiento del motor monofásico.

PREGUNTAS.

1.- ¿Cuáles son las diferencias entre un motor monofásico y un motor trifásico?

_____
_____
_____
_____
_____

2.- ¿Por qué se utiliza un contactor para el accionamiento del motor monofásico?

_____
_____
_____
_____
_____

3.- ¿Cómo funciona la electroválvula de control de flujo de aire?

_____
_____
_____
_____
_____

CONCLUSIONES.

_____
_____
_____
_____
_____
_____

RECOMENDACIONES.

	PRACTICA N.-3	
Tema: Identificación de componentes de la parte electrónica del tablero didáctico		

Objetivos.

- Reconocer los diferentes componentes que conforman la parte electrónica del tablero.

Materiales y equipo.

- Tablero didáctico.
- Mandil.
- Guantes.
- Gafas.
- Llave de caja de control.

Procedimiento.

- ✓ Ubicar el tablero en un lugar amplio y que exista suficiente luz.
- ✓ Abrir puerta frontal del tablero didáctico.
- ✓ Con el llave abrir la tapa de la caja de de control electrónica en la parte inferior derecha del tablero didáctico.
- ✓ Identificar los componentes de la parte electrónica.
- ✓ Identificado todos los componentes electrónicos cierre la tapa de la caja de control electrónico, cierre la puerta frontal y guarde el equipo.

Desarrollo.

1.- Escriba el funcionamiento de la parte electrónica dentro del tablero didáctico.

_____

_____

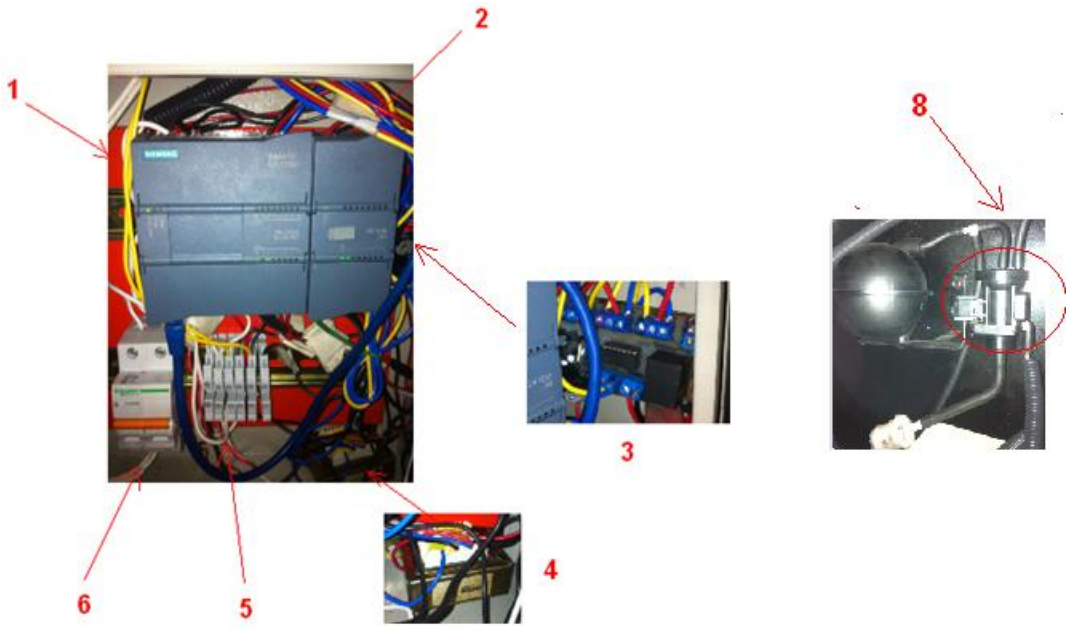
_____

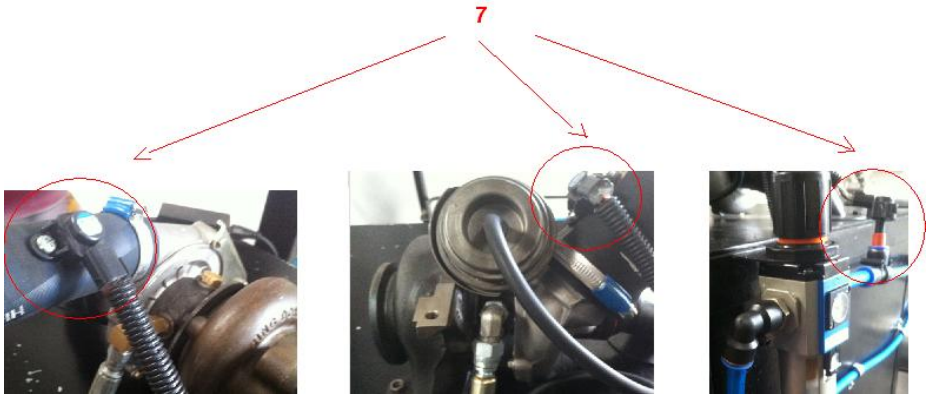
_____

_____

_____

2.- Escriba en la tabla los nombres de cada componente eléctricos del tablero didáctico.





1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

3.- Realice un esquema eléctrico en Livewire del sensor MAP y del convertidor de presión del VTG.

PREGUNTAS.

1.- ¿En qué nos ayuda las borneras y el breaker en la caja de control del tablero?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2.- ¿Cuál es principio de funcionamiento de un transformador?

_____
_____
_____
_____
_____

3.- ¿Qué operaciones realiza el PLC dentro del control electrónico del tablero didáctico?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

4.- ¿Porqué utilizamos un modulo adicional al PLC?

_____
_____
_____
_____
_____

5.- ¿Qué es una tarjeta de acondicionamiento electrónico?

_____
_____
_____
_____

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

	PRACTICA N.-4	
Tema: Verificación de parte mecánica del tablero didáctico para la realización de la práctica		

Objetivos.

- Comprobar el buen estado de los componentes mecánicos del tablero.
- Inspeccionar las acoples, mangueras y niveles de la parte mecánica del tablero.
- Asegurarnos que el tablero se encuentre en óptimas condiciones antes de realizar las prácticas.

Materiales y equipo.

- Tablero didáctico.
- Mandil.
- Guantes.
- Gafas.
- Juego de llaves.

Procedimiento.

- ✓ Ubicar el tablero en un lugar amplio y que exista suficiente luz.
- ✓ Abrir puerta frontal del tablero didáctico.
- ✓ Realice una inspección visual de la parte mecánica del tablero poniendo especial atención si existen fugas o derrames de aceite de las mangueras o en cualquier parte del mismo.
- ✓ Verificar que la manqueras estén bien sujetas con los acoples rápidos (Racores) en el circuito de ingreso de aire del tablero.
- ✓ Con la llave mixta #10 saque la tapa del recipiente de aceite y verifiqué que el nivel de aceite este 10mm por encima del filtro de ingreso de la bomba.

- ✓ Utilizando el tacto, compruebe que la banda de distribución esté bien templada, siendo lo máximo que pueda ceder 2mm.
- ✓ Realizado todos los procedimientos anteriores ponga la tapa del recipiente de aceite, cierre la puerta frontal y guarde el equipo.
- ✓ Guarde el equipo y herramienta.

Desarrollo.

1.- Anote los datos obtenidos de la inspección visual.

INSPECCIÒN VISUAL	SI	NO	APARIENCIA	CAUSA	SOLUCION	OBSERVACIONES
Fugas en mangueras y acoples rapidos de aceite						
Derrames de aceites						
Sujesiòn de mangeras y acoples raidos de aire						

2.- Anote los datos obtenidos de la inspección de niveles y banda de la lubricación del tablero didáctico.

INSPECCIÒN DE NIVELES Y DE BANDAS DE LUBRICACIÒN DE ACEITE	BUENO	MALO	MEDIDA (mm)	CAUSA	SOLUCION	OBSERVACIONES
Nivel de aceite						
Banda de aceite templada						

3.- Informe fotografía. Ponga las fotografías de todas las inspecciones realizadas de la práctica.

PREGUNTAS.

1.- ¿Qué daños podría causar fugas o derrames de aceite en el funcionamiento del tablero didáctico?

_____
_____
_____
_____

2.- ¿Qué función cumple la bomba de vacío?

_____
_____
_____
_____

3.- ¿Cuál es la importancia de realizar una inspección antes de realizar las prácticas en el tablero?

_____
_____
_____

4.- ¿Qué tipo de aceite es el más recomendado para los turbos? Y ¿Por qué?

_____

_____

_____

CONCLUSIONES.

_____

_____

_____

_____

_____

RECOMENDACIONES.

_____

_____

_____

_____

	PRACTICA N.-5	
Tema: Verificación de parte eléctrica y electrónica del tablero didáctico antes de la realización de la práctica		

Objetivos.

- Comprobar el buen estado de los componentes eléctricos y electrónicos del tablero.
- Inspeccionar el cableado de la parte electrónica y eléctrica del tablero.
- Asegurarnos que el tablero se encuentre en óptimas condiciones antes de realizar las prácticas.

Materiales y equipo.

- Tablero didáctico.
- Mandil.
- Guantes.
- Gafas.
- Desarmador.
- Llave de caja de control.
- Multímetro.

Procedimiento.

- ✓ Ubicar el tablero en un lugar amplio y que exista suficiente luz.
- ✓ Abrir la puerta frontal del tablero.
- ✓ Con el desarmador retire la tapa de la caja de paso en la parte inferior izquierda del tablero.
- ✓ Utilizando la llave abra la tapa de la caja de de control electrónica en la parte inferior derecha del tablero.
- ✓ Realice una inspección visual de la parte eléctrica y electrónica del tablero

poniendo especial atención si existen cables pelados o rotos dentro de la caja de paso, caja de control o todo el cableado en el interior y exterior del mismo.

- ✓ Cierre la caja de paso y la caja de control del tablero didáctico.
- ✓ Conecte el tablero didáctico a una fuente de 110V y encienda la switch de la caja de control.
- ✓ Mida con el multímetro el voltaje de referencia (4,5V–5V) y el voltaje de señal (1,33V-1,34) de los 3 sensores MAP en la parte superior del mismo.
- ✓ Para finalizar apague la caja de control, cierre la puerta y desconecte el tablero.

Desarrollo.

1.- Anote los datos obtenidos de la inspección visual.

INSPECCIÒN VISUAL DE CABLEADO	CABLES ROTOS	CABLES PELADOS	CAUSA	SOLUCION	OBSERVACIONES
Caja de paso					
Caja de control					
Cableado en el interior del tablero didàctico					
Cableado en el exterior del tablero didactico					

2.- Anote los valores obtenidos de la medición de los sensores MAP del tablero didáctico.

SENSORES MAP	VOLTAJE DE REF. (V)	VOLTAJE DE SEÑAL (V)	CAUSA	SOLUCION	OBSERVACIONES
MAP de entrada de aire en el tablero didactico					
MAP del turbo convencial en el tablero didactico					
MAP del turbo VTG en el tablero didactico					

3.-Informe fotografía. Ponga las fotografías de todas las inspecciones y toma de datos realizadas de la práctica.

4.- En el Livewire dibuje y simule el funcionamiento de los sensores MAP.

PREGUNTAS.

1.- ¿Qué daños podría causar si existen cables rotos o pelados de funcionamiento del tablero?

_____
_____
_____
_____

2.- ¿Cuál es la importancia de realizar una inspección antes de realizar las prácticas en el tablero?

_____
_____
_____
_____
_____

3.- ¿Explique el funcionamiento del convertidor de presión del VTG?

_____
_____
_____
_____

CONCLUSIONES.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

RECOMENDACIONES.

	PRACTICA N.-6	
Tema: Realización de simulación, adquisición de datos y manejo de los turbos en el tablero.		

Objetivos.

- Familiarizarse con el manejo del software del tablero didáctico.
- Tomar datos de funcionamiento del turbo convencional y del turbo VTG.
- Comparar el funcionamiento y el rendimiento de los dos turbos mediante sus gráficas.

Materiales y equipo.

- Tablero didáctico.
- Mandil.
- Guantes.
- Computadora.

Procedimiento.

- ✓ Ubicar el tablero en un lugar amplio y que exista suficiente luz.
- ✓ Lea y siga todos los pasos del manual de usuario del tablero para realizar la conexión, las pruebas y simulación del turbo convencional y el VTG.
- ✓ Guarde el equipo y la computadora.

Desarrollo.

1.- Con los datos obtenidos de la práctica del turbo convencional en el Excel realice el gráfico Pout (Presión de salida) vs Pin (Presión de entrada) y compare con los obtenidos en el programa. Explique los resultados.

Tabla de Datos:

Gráfica Pout vs Pin:

ExcelPrograma

Explique los datos y gráficas obtenidas

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2.- Con los datos obtenidos de la práctica del turbo VTG en el “Excel” realice el gráfico Pout (Presión de salida) vs Pin (Presión de entrada) y compare con el obtenido en el programa. Explique los resultados.

Tabla de Datos:

Gráfica Pout vs Pin:

ExcelPrograma

Explique los datos y gráficas obtenidas

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

3.-Con los datos obtenidos de la práctica en el Excel realice el gráfico Pout (Presión de salida) vs t (tiempo) y Pin (presión de entrada) vs t (tiempo) de ambos turbos. Compare con las gráficas obtenidas por el programa y explique los resultados.

Turbo Convencional:

Gráfica Pout vs t

ExcelPrograma

Gráfica Pin vs t

ExcelPrograma

Explique las gráficas obtenidas

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Turbo VTG:

Gráfica Pout vs t

ExcelPrograma

Gráfica Pin vs t

ExcelPrograma

Expliquelas gráficas obtenidas

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

4.-Con la gráfica obtenida de comparación de rendimientos de los turbos, explique los resultados alcanzados por el programa en la práctica.

Comparación de gráfica Pout vs Pin de los turbos

Explique los resultados.

_____
_____
_____
_____
_____
_____

PREGUNTAS.

1.- ¿Cuáles diferencias entre un turbo convencional y un turbo VTG?

_____
_____
_____
_____

2.- ¿Cuál es la importancia de la comparación de rendimientos de los turbos?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

3.- ¿Cuáles son los parámetros mecánicos, eléctricos y electrónicos del funcionamiento de los turbos?

_____
_____
_____
_____

4.- ¿Qué piensa usted del funcionamiento, operación y aplicaciones del tablero?

_____
_____
_____
_____
_____

5.- ¿Podría poner algunas sugerencias para el mejoramiento de las pruebas, simulación y datos que se puede realizar en el tablero?

_____
_____
_____
_____

CONCLUSIONES.

_____
_____
_____
_____
_____
_____

RECOMENDACIONES.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

ANEXO D

CRONOGRAMA

ANEXO E

ARTÍCULO

“Diseño, construcción e implementación de un control electrónico para un turbo de geometría variable en un tablero didáctico”

Carlos Alberto Cadena Cedeño
Daniel Alejandro Nieto Coello,
Ing. Germán Erazo/ Ing. Luis Mena

Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.
Email: danny_alejo@hotmail.com
carlos_alberto_cadena@hotmail.com

RESUMEN

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.

Este proyecto se basa en la construcción de un equipo de entrenamiento con tecnología avanzada a bajo costo, que ayude en la formación técnica concerniente a turbos convencionales y turbos de geometría variable (VTG), y además nos permita comparar los parámetros de funcionamiento entre los mismos para determinar técnicamente su eficiencia.

El control electrónico para un turbo de geometría variable se compone de: un sistema de admisión de aire, para simular el funcionamiento en un vehículo, un sistema de lubricación para los elementos internos de los turbos, así también disponemos de un motor monofásico para activar la lubricación y el vacío que permite ejecutar la geometría variable en el VTG.

I. INTRODUCCIÓN

La implementación de un turbo VTG (Turbo de Geometría Variable) es para conseguir la máxima compresión del aire, a bajas r.p.m. deben cerrarse los álabes ya que disminuyendo la sección entre ellos, aumenta la velocidad de los gases de escape que inciden con mayor fuerza sobre las paletas del rodete de la turbina (menor sección es igual a mayor velocidad).

Cuando el motor aumenta de r.p.m. y aumenta la presión de soplado en el colector de admisión, la cápsula neumática lo detecta a través de un tubo conectado directamente al colector de admisión y lo transforma en un movimiento que empuja el sistema de mando de los álabes para que estos se muevan a una posición de apertura que hace disminuir la velocidad de los gases de escape que inciden sobre la turbina (mayor sección es igual menor velocidad).

El turbocompresor es básicamente una bomba de aire diseñada para operar utilizando la energía de los gases de escape originalmente desperdiciada por los motores sin sobrealimentación. Estos gases hacen girar el rotor de la turbina acoplado a través de un eje al rotor de un compresor, que al girar aspira un gran volumen de aire filtrado y lo pasa comprimido al motor.

Como la energía utilizada para comprimir el aire de admisión proviene de los gases de escape, que se desecharía en un motor atmosférico, no resta potencia al motor cuando el turbocompresor está trabajando, tampoco provoca pérdidas fuera del rango de trabajo del turbo, a diferencia de otros, como los sistemas con compresor mecánico (sistemas en los que el compresor es accionado por una polea conectada al cigüeñal).

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto denominado “Diseño, construcción e implementación de un control electrónico para un turbo de geometría

variable en un tablero didáctico”consta de cinco etapas:

1. Introducción.
2. Marco teórico.
3. Diseño del tablero didáctico
4. Construcción.
5. Pruebas de funcionamiento.

Dentro delaEtapa 1, conceptualizaremos un turbo de geometría variable, su ventaja frente a otros turbos, y los componentes que necesita para su funcionamiento.

En la Etapa 2, investigaremos el principio teórico de los componentes que ayudan al correcto funcionamiento de un turbo convencional y un VTG.

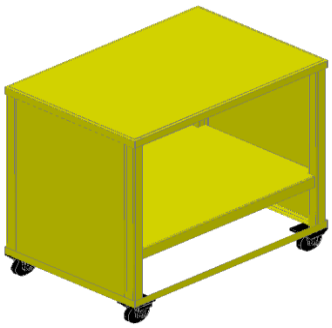
En la Etapa 3, realizaremos un diseño de acuerdo a la parte mecánica, eléctrica y electrónica que se necesita para la simulación del funcionamiento de los turbos.

En la Etapa 4, desarrollaremos cada una de las partes mencionadas en la Etapa anterior, seleccionando los componentes adecuados y que cumplan con las especificaciones requeridas en el diseño.

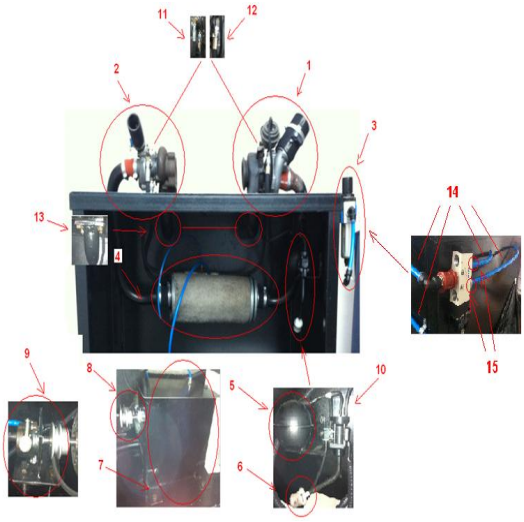
En la Etapa 5, ensamblado el tablero, verificaremos su correcto funcionamiento mediante los datos obtenidos en cada una de las prácticas.

III. IMPLEMENTACIÓN

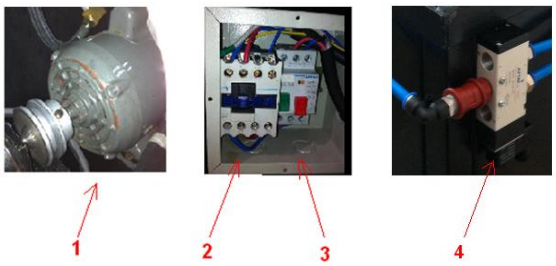
Incialmente se realizará el diseñode la estructura en la cual irá montado todas las partes del tablero.



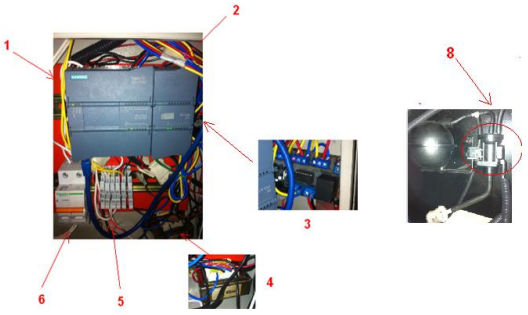
A continuación procedemos a colocar los turbos con sus respectivas partes para funcionar.



Luego, acoplamos la parte eléctrica del tablero.



Después, colocamos una caja con todos los componentes electrónicos lo cual realizará la parte de control y manejo.

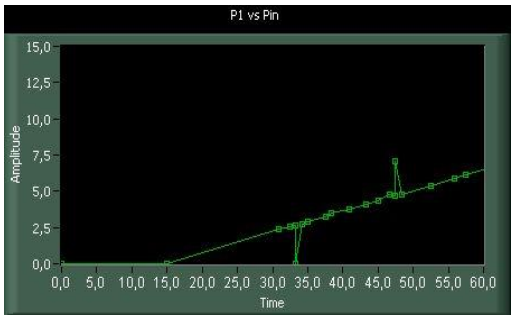


Finalmente, desarrollaremos el software de manejo del tablero mediante el LABVIEW y el programa de comunicación del PLC.

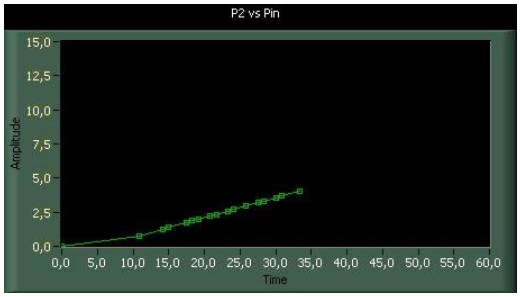
IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Después de realizar las prácticas en el programa obtenemos los datos de funcionamiento y las respectivas gráficas de rendimiento de los turbos.

TURBO CONVENCIONAL: Pout vs Pin



VTG: Pout vs Pin



V. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto en esta tesis se concluye:

- Seleccionamos de manera correcta los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que permiten visualizar el funcionamiento del turbo convencional y del VTG.

- Diseñamos el sistema de control mecánico, eléctrico y electrónico para la aplicación.

- El objetivo general y cada uno de los objetivos específicos del presente proyecto han sido alcanzados con éxito, ya que se logró obtener un tablero didáctico que nos permite visualizar el funcionamiento de los turbos, además nos permite comparar el rendimiento entre ellos.

- Seleccionamos un PLC bajo parámetros técnicos, observando los entornos de programación y características en la interface para mejorar la funcionalidad y productividad en el desarrollo del proyecto.

- El control electrónico puede ser operado por cualquier persona con adecuado manejo de las instrucciones y un conocimiento teórico de turbos, sin necesidad de conocimientos de programación de la plataforma S7-1200 Basic o del Programa LABVIEW

VI. REFERENCIAS

- ALLIEDSIGNAL AUTOMOTIVE, (1996). Conozca el Turbo Garrett, Brasil, 37 páginas.
- DAIMLER CHRYSLER AG, (1999). SPRINTER model update introduction, Alemania: 1º Ed., 147 páginas.
- Denis JL, Boyle P., (1991). Preparar un proyecto de investigación, Barcelona, pág. 130.
- FRANK J THIESSEN, (1998). Manual de mecánica diesel, México, Ed. Prentice Hall, 1432 páginas.
- GABRIEL BACA URBINA, (1997). Evaluación de proyectos, McGraw-Hill, pág. 15
- GTZ, (1980).Tecnología del automóvil, España, ED. Reverte SA, 2º Ed., 192 páginas.
- HUGH MACINNES, (1994). Manual de turbo cargadores, México, Ed. Prentice Hall, 175 páginas.
- JOSÉ MANUEL ALONSO, (1997). Tecnologías avanzadas del automóvil, España, Ed. Paraninfo, 5º Ed., 362 páginas

- TURBOMASTER, (2001). Catálogo de Productos. Extraído el 16 de julio del 2011 desde http:// www.turbomaster.info/catalogos/garrett.php

- NAIKONTUNING, (2003). Turbo de geometría variable. Extraído el 3 de agosto del 2011 desde http://www.naikontuning.com/articulos/turbo-geometria-variable/

- IMEXBB, (1999). Características del turbo Garrett. Extraído el 3 de agosto del 2011 desde http:// www.imexbb.com/turbo-chra-of-garrett-gt1852v

- GARRETT, (1999). Identificación del turbo garrett. Extraído el 3 de agosto del 2011 desde http:// www.garrettbyhoneywell.com/es/identificacion-del-turbo/

- SIEMENS, (2004). Catálogo de productos. Extraído el 16 de enero del 2012 desde http:// www.siemens.com/answers/ec/es/index.htm?stc=ecccc020001

Latacunga, Junio del 2012

AUTORES:

_____
CADENA CEDEÑO CARLOS ALBERTO

_____
NIETO COELLO DANIEL ALEJANDRO

_____
ING. JUAN CASTRO C.
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

_____
DR. RODRIGO VACA CORRALES
SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO