



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE
ENTRENAMIENTO DE UN MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS
FABRICADO EN POLICARBONATO PARA LA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**BUELE MONTALEZA OSCAR FELIPE
VALENCIA BRITO EDWIN ANDRÉS**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-07-08

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

OSCAR FELIPE BUELE MONTALEZA

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO DE UN
MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS FABRICADO EN POLICARBONATO PARA LA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego Constante Navas

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Víctor Bravo Morocho

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-07-08

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDWIN ANDRÉS VALENCIA BRITO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO DE UN
MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS FABRICADO EN POLICARBONATO PARA LA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego Constante Navas

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Víctor Bravo Morocho

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: OSCAR FELIPE BUELE MONTALEZA

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO DE UN MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS FABRICADO EN POLICARBONATO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2014-02-07

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Diego Constante Navas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Víctor Bravo Morocho ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDWIN ANDRÉS VALENCIA BRITO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO DE UN MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS FABRICADO EN POLICARBONATO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2014-02-07

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Diego Constante Navas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Víctor Bravo Morocho ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Oscar Felipe Buele Montaleza

Edwin Andrés Valencia Brito

DEDICATORIA

El esfuerzo y dedicación entregados en el transcurso de estos años de estudios y preparación profesional previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, están dedicados a la entrega y sacrificio de mis padres, hermanos y mi familia que han hecho de mí una persona honesta, luchadora y me han dado su confianza y apoyo incondicional para alcanzar cada uno de los adjetivos propuestos, de igual forma me es gusto dedicar este proyecto a Dios y a cada uno de mis compañeros e ingenieros que me brindaron su apoyo en cada momento y con los cuales he compartido y disfrutado estos años de estudios, a los compañeros que juntos con la mano en el hombro nos hemos apoyado para salir adelante.

Oscar Buele Montaleza

A mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar en los muchos problemas que se me presentaban. A mis padres con todo mi cariño y amor quienes me dieron la vida, motivación, consejos y que siempre estuvieron listos para brindarme toda su ayuda. A mi hermana por su apoyo y comprensión, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento

Edwin Valencia Brito

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial a Dios por tenerme con salud en todo este tiempo, así mismo a mis padres por brindarme todo el apoyo y confianza la cual fue retribuida con este logro, también a todos los compañeros y personas que siempre me apoyaron en este transcurso de estudiante politécnico.

Oscar Buele Montaleza

Mi sincero agradecimiento está dirigido a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial a mi Dios, mi familia, amigos y profesores que me apoyaron en un camino muy arduo y lleno de dificultades, para así culminar una etapa de mi vida con éxito.

Edwin Valencia Brito

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Generalidades	4
2.2 Gas-oíl	5
2.3 Ciclo de trabajo.....	6
2.3.1 <i>Admisión.</i>	6
2.3.2 <i>Compresión.</i>	6
2.3.3 <i>Combustión.</i>	7
2.3.4 <i>Escape.</i>	7
2.4 Funcionamiento	8
2.4.1 <i>Características.</i>	8
2.5 Órganos del motor diésel.....	9
2.5.1 <i>Órganos fijos principales.</i>	9
2.5.1.1 <i>La culata.</i>	9
2.5.1.2 <i>Bloque de cilindros.</i>	10
2.5.1.3 <i>Cárter.</i>	11
2.5.2 <i>Órganos móviles principales.</i>	11
2.5.2.1 <i>Émbolo y segmentos.</i>	11
2.5.2.2 <i>Biela.</i>	12
2.5.2.3 <i>Cigüeñal</i>	12
2.5.2.4 <i>El volante de inercia.</i>	13
2.5.3 <i>Órganos auxiliares.</i>	13
2.5.3.1 <i>Sistema de distribución.</i>	13
2.5.3.2 <i>Colector de admisión y escape.</i>	15
2.6 Sistemas de alimentación de combustible	16
2.6.1 <i>Bomba de combustible.</i>	17
2.6.2 <i>Filtro de combustible.</i>	17
2.6.3 <i>Bomba de inyección.</i>	17
2.6.3.1 <i>Bomba lineal.</i>	18
2.6.4 <i>Regulador.</i>	19
2.6.5 <i>Variador de avance de la inyección.</i>	20
2.6.6 <i>Inyector.</i>	20
2.6.7 <i>Avance de inyección.</i>	20
2.7 Cámaras de combustión.....	21
2.7.1 <i>Cámara de turbulencia.</i>	21
2.7.2 <i>Cámara de inyección directa.</i>	21
2.7.3 <i>Cámara de inyección indirecta.</i>	22
2.8 Sobrealimentación	23
2.8.1 <i>Características.</i>	23
2.8.2 <i>Compresor.</i>	23
2.8.2.1 <i>Compresores de accionamiento mecánico (volumétricos).</i>	23
2.8.2.2 <i>Turbocompresores (centrífugos).</i>	24
2.8.3 <i>Intercooler.</i>	24

3.	GENERACIÓN DE LAS FICHAS TÉCNICAS PARA LA ADQUISICIÓN DE PARTES Y PIEZAS DE UN MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS DIDÁCTICO PARA SU ENSAMBLAJE.	26
3.1	Materiales utilizados en la fabricación de las partes y piezas.....	26
3.1.1	<i>Policarbonato.</i>	26
3.1.1.1	<i>Policarbonato macizo o compacto.</i>	28
3.1.2	<i>Poliestireno.</i>	29
3.1.2.1	<i>Poliestireno de alto impacto.</i>	29
3.1.3	<i>Policloruro de vinilo (PVC).</i>	30
3.1.3.1	<i>Policloruro de vinilo (PVC-U) rígido.</i>	31
3.2	Proceso de importación.	32
3.2.1	<i>Fichas técnicas de las partes y piezas del banco didáctico.</i>	33
3.2.1.1	<i>Elementos fijos del motor.</i>	33
3.2.1.2	<i>Tren alternativo.</i>	36
3.2.1.3	<i>Piñonería de la distribución.</i>	40
3.2.1.4	<i>Conjunto culata.</i>	43
3.2.1.5	<i>Sistema de lubricación.</i>	49
3.2.1.6	<i>Sistema de alimentación de combustible.</i>	51
3.2.1.7	<i>Elementos de refrigeración.</i>	52
3.2.1.8	<i>Sobrealimentación</i>	53
3.2.1.9	<i>Sistema de encendido.</i>	54
3.3	Plano eléctrico del simulador de inyección.	57
3.3.1	<i>Funcionamiento.</i>	58
3.4	Ensamblaje del motor de entrenamiento.....	58
4.	CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL BANCO DE ENTRENAMIENTO	70
4.1	Diseño de la estructura	70
4.1.1	<i>Estructura 1.</i>	70
4.1.2	<i>Estructura 2.</i>	70
4.1.3	<i>Material.</i>	71
4.1.4	<i>Soldadura.</i>	71
4.2	Análisis de esfuerzos	72
4.3	Herramientas utilizadas para la construcción de la estructura.....	74
4.4	Proceso de construcción de las estructura	74
5.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL CICLO SABATHÉ	78
5.1	Aplicación de las ecuaciones del ciclo Sabathé de un motor diésel	87
6.	ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USUARIO, PLAN DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA	94
6.1	Manual de usuario	94
6.1.2	<i>Limitaciones de uso.</i>	94
6.1.3	<i>Normas de seguridad.</i>	95
6.1.4	<i>Seguridad general.</i>	96
6.1.5	<i>Descripción del equipo.</i>	96
6.1.6	<i>Guía de usuario</i>	97
6.1.7	<i>Recomendaciones de uso.</i>	97
6.1.8	<i>Pruebas mecánicas.</i>	97
6.1.9	<i>Pruebas eléctricas</i>	98
6.1.9.1	<i>Pruebas de continuidad.</i>	99
6.1.9.2	<i>Pruebas de alimentación y funcionamiento.</i>	101
6.2	Plan de mantenimiento	101
6.2.1	<i>Materiales para la lubricación y limpieza.</i>	104
6.2.2	<i>Costos de mantenimiento.</i>	105

6.2.3	<i>Vida útil del banco de entrenamiento.....</i>	105
6.2.4	<i>Mantenimiento correctivo.....</i>	106
7.	COSTOS.....	107
7.1	Costo directo.....	107
7.2	Costo indirecto.....	107
7.3	Costos totales.....	108
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
8.1	Conclusiones.....	109
8.2	Recomendaciones	109

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Ventajas y desventajas de la cámara de inyección indirecta..... 23
2	Propiedades y características del policarbonato 28
3	Propiedades y características del poliestireno..... 30
4	Propiedades y características del PVC rígido 32
5	Elementos fijos de motor 33
6	Elementos móviles del motor 36
7	Piñonería de la distribución 40
8	Elementos del conjunto culata 43
9	Sistema de lubricación 49
10	Sistema de alimentación de combustible 51
11	Sistema de refrigeración 52
12	Sobrealimentación 53
13	Sistema de encendido..... 54
14	Características de las propiedades del acero A 36 71
15	Especificaciones de las iniciales 104
16	Características del lubricante 104
17	Descripción de los costos directos 107
18	Descripción de los costos indirectos 108
19	Descripción de los costos totales 108

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Proceso de admisión	6
2	Proceso de compresión	6
3	Proceso de combustión	7
4	Proceso de escape	7
5	Motor diésel	8
6	Culata de un motor diésel	10
7	Camisa seca	10
8	Camisa húmeda.....	11
9	Cárter	11
10	Émbolo de motor diésel	12
11	Biela de un motor diésel	12
12	Cigüeñal usado en los motores diésel del automóvil	13
13	Volante de inercia de un motor diésel.....	13
14	Válvula de un motor diésel	14
15	Árbol de levas de un motor diésel.....	14
16	Balancín de un motor diésel.....	15
17	Colector de admisión de un motor diésel.....	15
18	Colector de escape de un motor diésel.....	16
19	Circulación de combustible desde el depósito hasta el inyector	16
20	Bomba de combustible.....	17
21	Filtro de combustible	17
22	Bomba de inyección.....	18
23	Bomba de inyección lineal.....	19
24	Regulador.....	19
25	Inyector	20
26	Descripción de la cámara de inyección directa de un motor diésel	22
27	Descripción de la cámara de inyección indirecta.....	22
28	Turbo de un motor diésel	24
29	Intercooler.....	25
30	Molécula de ácido carbónico	26
31	Estructura química del bisfenol A.....	27
32	Estructura química del fenol	27
33	Estructura química del fosgeno.....	27
34	Estructura química del polímero	29
35	Plano eléctrico del simulador de inyección.	57
36	Ensamblaje del cigüeñal	59
37	Ensamblaje del árbol de levas.....	59
38	Ensamblaje de los pistones y bielas	60
39	Ensamblaje de la bomba de agua	60
40	Ensamblaje de las varillas y propulsores	61
41	Ensamblaje del conjunto culata	61
42	Ensamblaje de la tapa culata	62
43	Ensamblaje del múltiple de escape	62
44	Ensamblaje del múltiple de admisión	62
45	Ensamblaje del turbocompresor.....	63
46	Ensamblaje del compresor	63
47	Ensamblaje de la bomba de agua	64
48	Ensamblaje del cárter.....	64
49	Ensamblaje del radiador de aceite.....	64

50	Ensamblaje del filtro de aceite.....	65
51	Ensamblaje de los piñones de la distribución	65
52	Ensamblaje del filtro de combustible.....	66
53	Ensamblaje de la bomba de inyección.....	66
54	Colocando los inyectores en su posición de montaje.....	66
55	Ensamblaje de la carcasa del volante de inercia	67
56	Ensamblaje del volante de inercia.....	67
57	Ensamblaje del soporte y el alternador	68
58	Ensamblaje de la banda de accesorios	68
59	Ensamblaje del motor de arranque.....	68
60	Ensamblaje completo.....	69
61	Simulación de la estructura 1	70
62	Simulación de la estructura 2.....	71
63	Simulación de esfuerzos de la estructura 1	72
64	Simulación del factor de seguridad de la estructura 1	73
65	Simulación de esfuerzos de la estructura 2	73
66	Simulación del factor de seguridad de la estructura 2	74
67	Medida y cortado del tubo estructural	75
68	Soldando los elementos estructurales	75
69	Puliendo las esquinas soldadas	75
70	Fondeo de la estructura	76
71	Pintando las estructuras	76
72	Colocando el MDF sobre la estructura	76
73	Unión de las dos estructuras	77
74	Ciclo teórico de Sabathé para los motores diésel veloces.....	78
75	Ciclo Sabathé.....	78
76	Símbolo de seguridad.....	95
77	Símbolo de seguridad.....	96
78	Comprobando el funcionamiento del cigüeñal y biela-pistón	98
79	Comprobando el funcionamiento del conjunto culata y piñonería	98
80	Comprobando continuidad en el cable de alimentación	99
81	Comprobando continuidad en el cableado del simulador de inyección.....	99
82	Comprobando continuidad en el pulsador	100
83	Comprobando continuidad en el pulsador	100
84	Comprobando continuidad a la entrada del transformador.....	100
85	Comprobando continuidad a la entrada del motorreductor.....	101
86	Liquid WRENCH Silicone Spray	104
87	SONAX AutolInnen Reiniger	105

SIMBOLOGÍA

h	Altura	mm
A	Ancho	mm
P	Profundidad	mm
E	Espesor	mm
F	Falda	mm
C	Diámetro del codo de biela	mm
M	Diámetro del muñón	mm
L_1	Longitud de la biela	mm
L_2	Longitud del vástago	mm
h_o	Altura inicial	mm
h_f	Altura final	mm
ϕ_1	Diámetro 1	mm
ϕ_2	Diámetro 2	mm
ϕ_3	Diámetro 3	mm
ϕ_4	Diámetro 4	mm
M	Masa	
l_c	Longitud del colector	mm
s	Entropía	Kcal / °K
v	Volumen	Lt
p	Presión	MPa
T_1	Temperatura	° K
T_2	Temperatura	° K
T_3	Temperatura	° K
T_4	Temperatura	° K
T_5	Temperatura	
k	Relación de los calores específicos	
c_p	Calor específico a presión constante	Btu/Kg °K
c_v	Calor específico a volumen constante	Btu/Kg °K
ϕ	Relación de compresión del proceso 1 a 2	
τ	Relación de combustión del proceso 2 a 3	
τ'	Relación de combustión del proceso 3 a 4	
R	Constante universal de los gases	Kgm/Kg°K
Q_a	Calor admitido total	Kcal
Q'_a	Calor admitido total a volumen constante	Kcal
Q''_a	Calor admitido total a presión constante	Kcal
Q_r	Calor rechazado	Kcal
n_t	Rendimiento térmico	
V	Voltaje	V
AC	Corriente alterna	
DC	Corriente continúa	

LISTA DE ABREVIACIONES

P.M.S	Punto muerto superior
P.M.I	Punto muerto inferior
PVC	Policloruro de vinilo
PVC-U	Policloruro de vinilo rígido
ASTM	Sociedad americana de ensayos y materiales
AWS	Sociedad americana de soldadura
MDF	Medium Density Fibreboard
OFF	Fuera de funcionamiento
ON	Encendido

LISTA DE ANEXOS

- A** Guía de práctica
- B** Catálogo de perfiles de acero estructural IPAC
- C** Norma ASW, especificación A5.1 del electrodo 6011

RESUMEN

La implementación de un banco de entrenamiento de un motor diésel 4 tiempos fabricado con la necesidad específica de armar y desarmar, reconocer y analizar el funcionamiento de cada una de las partes y piezas del motor, estimulando la función de los sentidos para acceder de manera fácil a la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes y destrezas.

La información recopilada para adquirir las partes y piezas del motor a diésel fue base fundamental que sirvió para ensamblar el banco de entrenamiento. El ensamble se ejecutó con la organización y el proceso de construcción que consistió en la ubicación y aseguramiento de todas las piezas que previo a su funcionamiento se sometieron a un control de ensambles, obteniendo como resultado un encendido exitoso y la utilidad didáctica esperada. Dentro de los componentes podemos mencionar que el cárter de aceite, bloque del motor, culata y tapa culata son de policarbonato, permitiendo observar el funcionamiento del motor. Construido el motor a diésel 4 tiempos como herramienta especial didáctica que en el país no se los encuentra, se procedió a elaborar dos estructuras para sostenerlo, ubicarlo y asegurar su operatividad en base a un diseño en Solidworks que facilitó aplicar una simulación de esfuerzos.

Esta herramienta especial didáctica constituye un apoyo para la enseñanza-aprendizaje para desarrollar destrezas y conocimiento; por lo que, su manejo se ejecutará con responsabilidad previo a la capacitación e instrucción del manual.

ABSTRACT

Implementing a training bench of a 4-stroke diesel engine manufactured to the specific need to arm and disarm, recognize and analyze the performance of each of the parts and engine pieces, stimulating the function of the senses for accessing in an easy way to acquire concepts, skills, attitudes and skills.

The information collected to purchase parts and diesel engine pieces was a foundation that served to join the workout bench. The assembly was run with the organization and construction process involved the location and securing of all parts prior to operation were subjected to a control assemblies, obtaining a successful result on expected utility and didactics. Among the components we mention that the oil pan, engine block, cylinder head and cylinder head cover are made of polycarbonate, allowing to observe the operation of the motor. Built on 4 stroke diesel engine as a teaching tool especially at Home is not found, we proceeded to develop two structures to hold, located and ensure its viability based on a design that facilitated implementation Solidworks simulation efforts.

This is a special teaching tool to support teaching and learning to develop skills and knowledge, so that its management will be implemented prior to the training and instruction manual responsibility.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La tesis implementación de un banco de entrenamiento de un motor diésel 4 tiempos fabricado en policarbonato para la Escuela de Ingeniería Automotriz, tiene por objetivo que la clase sea más receptiva, participativa, práctica y amena desarrollando plenamente todas las actividades de aprendizaje propias del área, siendo definidores de una línea concreta de actuación pedagógica. Además implementar como material práctico al laboratorio.

Los bancos didácticos o de entrenamiento, son útiles para: Confirmar, elaborar, consolidar, verificar los contenidos que se revisan con los estudiantes y también para motivarles y hacer que se familiaricen con los mismos.

El reto es utilizar un banco de entrenamiento de un motor en policarbonato el cual funcionará con una fuente de 110 V imitando el movimiento de los elementos en los cuatro tiempos admisión, compresión, inyección más combustión y escape como si se produjera los ciclos en un motor diésel real, con la ventaja de que se puede observar el movimiento de las partes del motor como el cigüeñal, cilindros, válvulas, ya que el policarbonato es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, y son utilizados ampliamente en la manufactura moderna.

Es un plástico transparente muy claro que ofrece excelente visibilidad y deja pasar mejor la luz que los materiales alternativos, además es resistente a la fragmentación, excelente resistencia térmica, ligero, buen aislante del calor, etc.

Se podrá realizar prácticas con su respectivo manual y se elaborará planes de mantenimiento y seguridad con la finalidad de evitar a futuro probables inconvenientes,

además se creó un manual de operación que ofrezca una guía, tanto al profesor como al estudiante, para su correcto funcionamiento.

1.1 Antecedentes

Los motores diésel se han venido constituyendo en el corazón de la producción en muchos sectores de la industria, cotizando cada vez más a los vehículos que tienen implementados estos sistemas.

Según el último censo realizado en los talleres de servicio automotriz nos podemos percatar que por cada 5 mecánicas a gasolina hay 2 de diésel.

Bajo este contexto es menester de la Escuela de Ingeniería Automotriz dar un enfoque especial a la enseñanza conceptual y técnico práctica de este tipo de motores por lo que la implementación de este banco corroborará con la excelencia del entrenamiento técnico automotriz que dicta la escuela.

Los bancos didácticos se han constituido en un factor clave para capitalizar el conocimiento teórico en práctico y debido a los altos costos de su producción, pretendemos introducir una tecnología más económica y que funcione con características idénticas a las de un banco fabricado con partes reales.

1.2 Justificación

Con la realización del presente proyecto de “Implementación de un banco de entrenamiento de un motor diésel 4 tiempos fabricado en policarbonato para la Escuela de Ingeniería Automotriz” aportaremos en el crecimiento y desarrollo de nuestros laboratorios con un banco de entrenamiento económico y a su vez se constituya de gran ayuda para cristalizar cada vez mejor el conocimiento teórico práctico de los estudiantes.

Son grandes los inconvenientes que se presentan al implementar bancos didácticos en nuestro país debido a su nula producción.

Con nuestro proyecto pretendemos implementar un motor diésel con partes fabricadas de policarbonato que además son totalmente transparentes e indudablemente brindarán gran apoyo al docente y al estudiante, puesto que podrían visualizar el funcionamiento real de cada uno de los componentes del motor que en bancos didácticos comunes y en el motor del auto propiamente dicho no se pueden visualizar. Los bancos didácticos de policarbonato fueron desarrollados en Alemania, con el objetivo de brindar un servicio de capacitación que además de funcionar con características idénticas, sean amigables con la economía. Bajo esta apreciación, el estudiante de Ingeniería Automotriz quedará capacitado para diagnosticar eficaz y oportunamente las distintas fallas, así como también poder brindar un correcto mantenimiento preventivo a estos motores.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un banco de entrenamiento de un motor diésel 4 tiempos fabricado en policarbonato para la Escuela de Ingeniería Automotriz, a fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Definir el funcionamiento de un motor diésel de una forma clara y precisa.

Generar fichas técnicas de la adquisición de partes y piezas en policarbonato, poliestireno, (PVC) rígido de un motor diésel de 4 tiempos para su ensamblaje como banco didáctico.

Construir dos estructuras que preste movilidad y seguridad al motor diésel 4 tiempos.

Definir los parámetros fundamentales del ciclo Sabathé.

Realizar una guía de usuario, guía de práctica y plan de mantenimiento del banco, para su óptimo funcionamiento y conservación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

En 1930 los motores diésel, también llamados de aceite o de combustión, han tenido una aplicación cada vez mayor en el automovilismo. Aunque inicialmente se utilizaban en vehículos industriales. Estaba presente pues, en aquellos lugares en los que se necesitaban grandes torques para arrastrar cargas, sin demasiada preocupación por la velocidad y aceleración. Hasta mediados de la década de los 60 no apareció el primer turismo con motor diésel, hoy en día su uso se ha generalizado (ARIAZ, 2004).

La organización de sus elementos es la misma que en los motores de explosión, pero en los de combustión, hay algunas diferencias sensibles en su funcionamiento.

Para que el gasoil entre en el cilindro, inyectado en el aire tan frecuentemente comprimido y caliente, es necesario que a su vez se envíe a una presión elevada, en forma de un pequeñísimo chorro para cada carrera de combustión; esto se consigue con un equipo de inyección compuesto por una bomba que: dosifica, da presión y envía el gasoil al cilindro correspondiente, y un inyector que le da la entrada a la cámara de combustión.

Cuando el acelerador está suelto se inyecta solamente gasoil necesario para la marcha en vacío y del motor al ralentí, cuando se pisa a fondo pasa a quemarse la máxima cantidad de combustible que puede hacerlo con el aire que cabe en el cilindro, aproximadamente en la proporción de 1 gramo de gasoil por 18 a 20 veces de aire (un litro de gasoil necesita unos 15.000 litros de aire, un 30% más que la gasolina); pero el aire aspirado por el motor puede ser el máximo y el gasoil, a diferencia de la gasolina, no disminuye en la energía que proporciona aunque se queme en exceso de aire sin los inconvenientes de lo que en los motores de explosión de llama “mezcla pobre”, y que aquí no existe.

Los motores diésel son más caros de adquirir. En primer lugar, porque el motor ha de ser mucho más robusto y pesado, especialmente las piezas móviles por la fuerte compresión y mayores presiones de trabajo. En segundo lugar, como la combustión completa se consigue gracias al exceso de aire con el que constantemente funcionan los diésel, resulta que los cilindros son en proporción mayores; y en tercer lugar, la bomba de inyección de gasoil es un aparato complicado que requiere gran presión y mucho más caro que un carburador.

2.2 Gas-oíl

El gasoil es empleado en los motores diésel, que es producto salido de la destilación del petróleo en su faceta natural, llamado petróleo crudo o sencillamente crudo, está compuesto de una mezcla casi infinita de compuestos hidrocarburos (ARIAZ, 2004).

El gasoil es un líquido viscoso de un tono entre transparente y ligeramente rojizo, su poder calorífico inferior es de 43,1 MJ/kg, su densidad sobre 0,832 g/cm³ y su punto de ebullición este entre 108°C y 360°C.

El gasoil es un producto muy bien filtrado, pues las impurezas físicas más pequeñas perturban el funcionamiento del equipo de inyección, construido con ajustes del orden de la milésima de milímetro para poder inyectar a una gran presión unos milímetros cúbicos de combustible, miles de veces por minuto.

El grado detonante (auto inflamación) del gasoil se mide por el número de cetano, que conviene que sea entre 40 y 70 cetanos.

Características principales del gasoil:

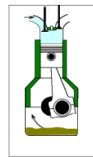
- No debe contener más de un 1% de azufre
- Su poder calorífico es de 10 000 calorías por litro
- Al tener que ser muy volátil, su curva de destilación debe estar entre los 260° y 370° C.
- Buen índice de cetano

- Tener un punto de congelación que permita utilizarlo en tiempo frío
- Buen rendimiento.
- Tiene cierto poder lubricante.

2.3 Ciclo de trabajo

2.3.1 Admisión. Comienza cuando la válvula de admisión se abre y al mismo tiempo se produce el desplazamiento del pistón desde el PMS al PMI, permaneciendo la válvula de escape totalmente cerrada. Al descender el pistón se produce vacío en el interior del cilindro porque él se desplaza, debido a la presión atmosférica y a que, al abrirse la válvula de admisión, se ponen en comunicación el cilindro con la atmosfera, se crea una fuerte corriente de aire que ingresa al cilindro, que debe ser siempre la máxima posible de modo que el mismo quede lleno de aire puro (CUESTA, 2003).

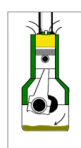
Figura 1. Proceso de admisión



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 8

2.3.2 Compresión. Cuando al final del tiempo de admisión el pistón llega al PMI se cierra la válvula de admisión, la válvula de escape continúa cerrada, el conjunto del cilindro queda totalmente estanco de modo que el aire no pueda salir al exterior. El pistón comienza ascender hacia su PMS con lo que el aire encerrado en su recinto se va a comprimir o lo que es igual a reducir su tamaño de 12 a 24 veces menor, con lo que alcanza una temperatura cercana a los 600° C y las presiones alcanzadas al final del tiempo de compresión son entre 30 a los 50 bares (36 a 45 $\frac{Kg}{cm^2}$) (CUESTA, 2003).

Figura 2. Proceso de compresión

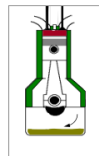


Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 8

2.3.3 Combustión. Cerca del final del tiempo de compresión, se inyecta en la cámara de combustión una cantidad muy determinada y precisa de combustible pulverizado cuyas primeras gotas entran en contacto con el aire a una temperatura muy elevada, se evaporizan e inflaman, comunicándose el fuego al resto del gasoil a medida que entra. Esta inyección, dura a plena carga, de 20° a 35° de giro del cigüeñal. Casi inmediatamente después de empezar la inyección se produce el encendido espontáneo dada la circunstancia de que el aire comprimido está alrededor de los 600° C, de modo que van aumentando las presiones en el interior de la cámara con valores que ahora pueden llegar de 60 a 90 bar y un aumento considerable en la temperatura (CUESTA, 2003).

Con esta combustión y el aumento de presiones indicadas el pistón es empujado al PMI constituyéndose a este tiempo como el de trabajo o combustión.

Figura 3. Proceso de combustión

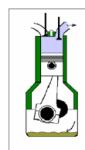


Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 9

2.3.4 Escape. Al iniciar el ascenso del cilindro, la válvula de escape se abre y deja el interior del cilindro en comunicación con la atmósfera para permitir la evacuación de los gases quemados y por lo tanto inservibles que están a una temperatura de 550 a 750 ° C (CUESTA, 2003).

Cuando el pistón llega al PMS, los gases quemados han salido del recinto y se abre la válvula de admisión de nuevo mientras que la válvula de escape se cierra, para formalizarse de nuevo el tiempo de admisión, con lo que el ciclo recomienza.

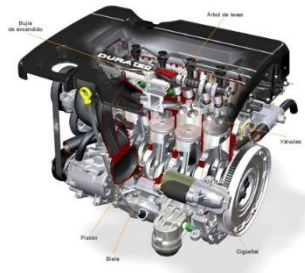
Figura 4. Proceso de escape



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 9

2.4 Funcionamiento

Figura 5. Motor diésel



Fuente: ARIAS, Mario. Manual de automóviles, pág. 362

En el tiempo de admisión el cilindro aspira aire puro a través de un colector en cuya boca está el filtro de aire. Cada cilindro lleva las válvulas de admisión y escape en general colocadas en la cabeza y mandadas por balancines. El combustible es aspirado del depósito por una tubería mediante la bomba con filtro de entrada que lo envía al filtro general, de donde sale por la parte inferior a la bomba de inyección que por medio de los cuerpos de bomba (uno por cilindro) lo manda a presión a los inyectores, colocados en los cilindros, como las bujías en los motores de explosión (ARIAZ, 2004).

El gasoil que rebosa de los inyectores regresa al depósito general; por este último también vuelve el que sobra en el filtro por no ser consumido por la bomba de inyección. La bomba recibe movimiento desde los engranajes de la distribución.

2.4.1 Características.

- Elevada compresión es causa de su buen rendimiento, que obliga a construir los órganos del motor más robusto y pesados.
- El “golpeteo” es más fuerte que en los motores a gasolina, produciendo un ruido característico sobre todo en ralentí.
- La velocidad de inflamación del diésel es casi el doble que en los motores de gasolina (en realidad es una detonación), aunque el combustible no se queme tan

rápidamente por no estar introducido todo en el cilindro en el momento de iniciarse la inflamación. Sino que arde a medida que va entrando.

- La mayor robustez, fuerte presiones y peso de las piezas en movimiento son limitadoras de la velocidad de rotación.
- Para conseguir una combustión completa de gasoil y que no salgan humos negros y malolientes por el escape, es necesaria una proporción de aire superior a la requerida para un motor de gasolina (ARIAZ, 2004).

2.5 Órganos del motor diésel

Vamos a dividir nuestro estudio en tres partes siguientes:

- Órganos fijos principales
- Órganos móviles principales
- Órganos auxiliares

2.5.1 Órganos fijos principales. Son aquellos que componen la parte básica de un motor que hace sus veces de sus paredes exteriores y soporta por tanto al edificio motor, sin participar del movimiento (CUESTA, 2003).

Dentro de estos órganos se encuentran los siguientes elementos:

- Culata
- Bloque de cilindros
- Cáster

2.5.1.1 La culata. Constituye una pieza de hierro fundido o de aluminio, que va colocada encima del bloque del motor. Su función es sellar la parte superior de los cilindros para evitar pérdidas de compresión y salida impropia de los gases de escape.

También tiene la función de alojar en ella el eje de levas, válvulas de admisión, escape y conductos de agua para la refrigeración de esta (CUESTA, 2003).

Figura 6. Culata de un motor diésel



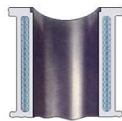
Fuente: http://www.repararculata.es/funcionamiento_culatas.html

2.5.1.2 Bloque de cilindros. Es una de las piezas más importantes ya que es la base en donde se alojan y sujetan todos los demás componentes del motor. El bloque tiene la función de contener los cilindros (parte superior) en donde se desplazan los émbolos y las bielas; sujetar al cigüeñal (parte inferior); incorpora los pasos de agua y refrigeración y los conductos de lubricación. El material del bloque es fundición o aleación ligera de aluminio fuertemente reforzada (CUESTA, 2003).

Las camisas, son cilindros que se fabrican independientemente y se introducen en los orificios del bloque. Pueden ser secas o húmedas:

Camisas secas. Es aquella que no está en contacto con el líquido refrigerante. Son delgadas y están directamente en contacto con el bloque

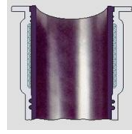
Figura 7. Camisa seca



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 21

Camisas húmedas. Es aquella en donde líquido refrigerante baña directamente a la camisa. Son más gruesas y se montan de forma que entre el bloque y la camisa circular se encuentre líquido refrigerante, se pueden sustituir con facilidad cuando se deterioran sin necesidad de quitar el motor del chasis. También se encuentran perfectamente cerradas gracias a un anillo colocado tanto como en la parte superior como en la inferior.

Figura 8. Camisa húmeda



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 22

2.5.1.3 *Cárter*. Es el depósito inferior, tiene por misión acoger todo el aceite de engrase del motor así como el extremo del filtro de la bomba de engrase, que bombeará este aceite a través de todos los órganos móviles del motor desde donde el aceite regresa nuevamente al cárter y se establece así un circuito de constante circulación mientras el motor se halle funcionando (CUESTA, 2003).

Figura 9. Cárter



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 26

2.5.2 *Órganos móviles principales*. Los órganos móviles principales del motor diésel son cuatro elementos fundamentales que son:

- Émbolos y segmentos
- Bielas
- Cigüeñal
- Volante

2.5.2.1 *Émbolo y segmentos*. Émbolo es el elemento móvil que se desplaza en el interior del cilindro y recibe la fuerza de expansión de los gases de la combustión para transmitirlos al cigüeñal por medio de la biela. Están fabricados de aleación ligera a base de aluminio y silicio, con ligero contenido de cobre, níquel, y magnesio (CUESTA, 2003).

Segmentos. Son anillos circulares y elásticos que tienen que cumplir con siguientes funciones:

- Permitir el cierre hermético para evitar el ingreso de gases al cilindro.
- Asegurar la lubricación
- Transmitir el calor producido por el pistón hacia las paredes del cilindro

Figura 10. Émbolo de motor diésel



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 29

2.5.2.2 Biela. La biela es la pieza encargada de unir el émbolo (mediante el bulón) con el cigüeñal (en su muñequilla) y por tanto, está sometida al esfuerzo mecánico alternativo del pistón en diferentes fases del ciclo de trabajo. Los esfuerzos (tracción, compresión, flexión) son debidos a la combustión y a las fuerzas de inercia alternativas, angulares y centrifugas. Están fabricadas con aceros aleados al cromo-níquel-molibdeno (CUESTA, 2003).

Figura 11. Biela de un motor diésel



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág.34

2.5.2.3 Cigüeñal. Es el encargado de la transformación final del movimiento lineal del pistón en movimiento rotativo; una operación que permite transmitir el par motor originado a los restantes elementos mecánicos del motor. En uno de los extremos se aprovecha para mover el vehículo y el otro para aportar al par necesario para mover los restantes elementos auxiliares: distribución, alternador, compresor de aire, bomba de agua, etc (CUESTA, 2003).

Su forma viene determinada por las tensiones originadas por la presión del gas, las fuerzas de inercia y las presiones sobre las superficies de deslizamiento

Por necesidad de funcionamiento trabaja intensamente bajo todas formas posibles de torsión, flexión, cortadura, vibración, alineación de apoyos.

Figura 12. Cigüeñal usado en los motores diésel del automóvil



Fuente: CUESTA, Camiones y vehículos pesados, pág. 27

2.5.2.4 El volante de inercia. Este elemento tiene por objeto almacenar energía y cederla regularizando el giro del cigüeñal que viene determinado por los tiempos de expansión, que son los tiempos motrices del ciclo. Facilita el giro regular del motor y elimina vibraciones además de facilitar la puesta en marcha. Está construido de acero o de fundición, debe estar perfectamente equilibrado con el cigüeñal (CUESTA, 2003).

Figura 13. Volante de inercia de un motor diésel



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág.36

2.5.3 Órganos auxiliares. Entendemos por órganos auxiliares el resto de los órganos que componen un motor diésel, sin que ello quiera decir que estos órganos son menos importantes que los estudiados anteriormente. De hecho todos los elementos tienen una importancia vital para el desarrollo del conjunto (CUESTA, 2003).

En los órganos auxiliares entendemos que están compuestos por los siguientes conjuntos:

- Sistema de distribución
- Colectores

2.5.3.1 Sistema de distribución. El sistema de distribución es el que está formado por elementos auxiliares del motor que actúan perfectamente sincronizados para permitir la

apertura y el cierre de las válvulas en los momentos adecuados. Los elementos que forman son: (CUESTA, 2003).

- Las válvulas
- Árbol de levas
- Balancines

Válvulas. Tienen la misión de abrir y cerrar los conductos que comunican el interior de la cámara con los colectores (admisión y escape). También han de mantener perfectamente hermética la cámara en la fase de compresión y explosión hasta el momento de abrirse la válvula de escape. Se construyen con aceros aleados de gran resistencia mecánica a altas temperaturas y resistencia también a la oxidación y corrosión.

Figura 14. Válvula de un motor diésel



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 41

Árbol de levas. El árbol de levas es el encargado de abrir y cerrar las válvulas de forma que realice un giro completo cada dos vueltas del cigüeñal o un ciclo completo de trabajo. Para conseguirlo lleva mecanizado unas salientes excéntricas llamados levas que son las que se encargan de regular todo el ciclo y efectuar el empuje necesario.

El material usado para su fabricación es aleación de hierro fundido y se fabrica de una sola pieza por proceso de fundición en molde.

Figura 15. Árbol de levas de un motor diésel



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág. 45

Balancín. Los balancines son los encargados de transmitir el movimiento a la válvula desde el árbol de levas directamente.

Figura 16. Balancín de un motor diésel



Fuente: CUESTA, Gabriel. Camiones y vehículos pesados, pág.49

Engranajes de la distribución. Conduce los accesorios y mantienen la rotación del cigüeñal, árbol de levas de la bomba de inyección, ejes compensadores en la relación correcta de desmultiplicación.

El engranaje del cigüeñal es el engranaje motriz para todos los demás que componen el tren de distribución, por lo que deben de estar sincronizados entre sí, de forma que coincidan las maracas que llevan cada uno de ellos.

2.5.3.2 Colector de admisión y escape. El colector de admisión es el encargado de ayudar a que el aire entre rápidamente con la velocidad adecuada a los cilindros de los motores, para aprovechar al máximo el llenado de los mismos y mejora así el rendimiento de motor, suelen estar fabricados de aluminio o plástico (Km77, 2002).

Figura 17. Colector de admisión de un motor diésel



<http://www.Km77.com/glosario/c/colectores.asp>

Colector de escape es el encargado de recibir del motor los gases que resultan de la combustión para expulsarlos al exterior. Son diseñados para soportar elevadas

temperaturas de los gases de combustión, fabricados en fundición de hierro para prevenir escapes que disminuyan el rendimiento del motor.

Figura 18. Colector de escape de un motor diésel

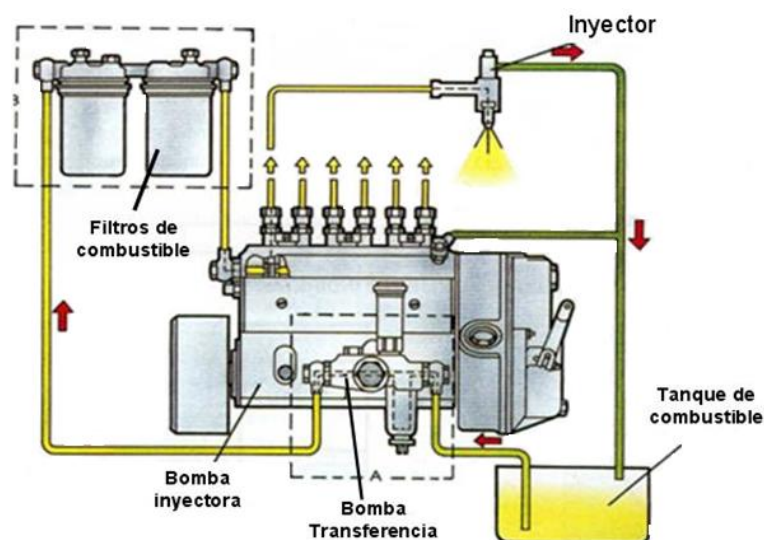


<http://www.Km77.com/glosario/c/colectores.asp>

2.6 Sistemas de alimentación de combustible:

El sistema de inyección tiene la misión de inyectar el combustible en la cámara de combustión en el instante preciso, en cantidad perfectamente determinada de acuerdo con el régimen de carga, en la forma adecuada al procedimiento de combustión de cada caso y durante un espacio de tiempo exactamente fijado. Pertenecen al sistema de inyección los siguientes elementos: Bomba de combustible, filtro de combustible, bomba de inyección con regulador y variador de avance, así como portainyector e inyector. El combustible es aspirado del depósito por la bomba de combustible, la que es accionada por una excéntrica del árbol de levas de la bomba inyectora (GERCHLER, y otros, 2000).

Figura 19. Circulación de combustible desde el depósito hasta el inyector



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 330

La bomba lo impulsa entonces a través de un filtro de combustible a la cámara de aspiración de la bomba inyectora. La bomba inyectora impele el combustible a través de los inyectores que lo proyectan en las cámaras de combustión de los distintos cilindros.

2.6.1 Bomba de combustible. La bomba de combustible, que casi siempre está construida a modo de bomba de émbolo, tiene la misión de conducir el combustible a la bomba inyectora a una presión de aproximadamente de 1 bar. La bomba de combustible va embridada a la bomba inyectora. Es accionada por una excéntrica del árbol de levas de la bomba inyectora (GERCHLER, y otros, 2000).

Figura 20. Bomba de combustible



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 332

2.6.2 Filtro de combustible. El filtro de combustible sirve para evitar que las impurezas del combustible lleguen a la bomba de inyección y a los inyectores. Como la bomba de inyección y las boquillas inyectoras han sido fabricadas con la máxima precisión, los cuerpos extraños que puedan tener el combustible, por pequeños que fueran, producirían con el tiempo desgaste y deterioro que podrían inutilizar (GERCHLER, y otros, 2000).

Figura 21. Filtro de combustible



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 334

2.6.3 Bomba de inyección. La bomba de inyección tiene la misión de inyectar el combustible a alta presión en las cámaras de combustión de los distintos cilindros del

motor. La cantidad que se inyecta de acuerdo con la carga del motor deberá poderse dosificar exactamente. También el momento de la inyección deberá poderse adaptar a las condiciones de servicio del motor. Es una bomba de émbolo compuesta de tantos elementos como cilindros tenga el motor. Los distintos elementos son accionados por un árbol de leva dispuesto en el cuerpo de la bomba, a través de taqués de rodillo (GERCHLER, y otros, 2000).

Figura 22. Bomba de inyección



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 337

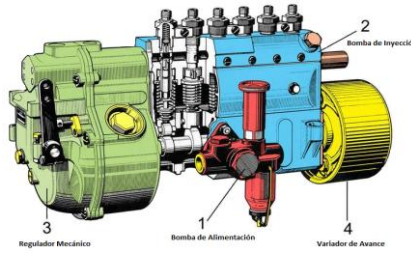
Según su ejecución se clasifican en:

- Bomba inyectora en línea
- Bomba rotativa
- Bomba individual
- Inyector-bomba
- Common rail

2.6.3.1 Bomba lineal. Se denomina principalmente bomba de inyección lineal debido a que los impulsadores se encuentran en línea y se caracteriza porque el número de impulsadores debe ser igual al número de cilindros, las levas están desfasadas según la distribución de la inyección de combustible para cada cilindro, garantiza la alta presión necesaria en vehículos medianos y pesados sometidos a condiciones extremas (Bomba inyectora, 2013).

Funcionamiento de la bomba lineal. Al girar el árbol de levas mueve los impulsadores y los émbolos ubicados en los cilindros de la bomba; mientras se oprime el acelerador se mueve la cremallera y esta a su vez hace girar el helicoidal.

Figura 23. Bomba de inyección lineal



Fuente: http://www.bombainyectora.es/tipos_de_bombas.html

El cual suministra más cantidad de combustible a los cilindros de la bomba y por medio de los émbolos el combustible es enviado hacia cada inyector en la cámara de combustión del motor. Cada elemento es accionado por el eje de levas de la bomba con su correspondiente leva; en algunas ocasiones cuando la bomba de suministro o elevadora va acoplada a la carcasa de la bomba de inyección se utiliza una leva extra acoplada directamente en el eje de levas. El árbol de levas va conectado a un acople que permite sincronizar la bomba con respecto al funcionamiento del motor.

2.6.4 Regulador. El motor diésel tiene que tener un ralentí uniforme con objeto de que no se pare. Además de esto no debe sobrepasar el número máximo admisible de revoluciones (GERCHLER, y otros, 2000).

Estas condiciones las cumple el regulador. Puede trabajar en función del número de revoluciones del motor o de la presión del tubo de aspiración. En cualquiera de los casos, modifica la cantidad de combustible inyectada en el motor por la bomba de inyección y regula así el número de revoluciones. Los reguladores que trabajan en función del número de revoluciones, son los reguladores centrífugos.

Figura 24. Regulador



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 340

2.6.5 *Variador de avance de la inyección.* En los motores diésel se obtiene un mejor rendimiento avanzando el comienzo de la inyección cuando el número de revoluciones del motor es alto. Esto se realiza con ayuda de un variador automático del instante de la inyección con el cual se puede girar hasta en 8° durante el funcionamiento, el árbol de la bomba de inyección respecto al árbol cigüeñal (árbol de accionamiento). El comienzo de la inyección queda con esto adelantado hasta en unos 8° (GERCHLER, y otros, 2000).

2.6.6 *Inyector.* Debe inyectar el combustible que le llega a alta presión de la bomba de inyección, en la cámara de combustión del modo que sea más conveniente para el procedimiento de combustión del motor diésel de que se trate (GERCHLER, y otros, 2000).

Figura 25. Inyector



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 349

2.6.7 *Avance de inyección.* El combustible que entra al cilindro lo hace de forma líquida, para que este combustible se inflame luego de entrar en contacto con el aire caliente capaz de inflamarlo, tiene que calentarse, evaporarse y mezclarse con el aire para que se produzca el encendido. Este proceso aunque breve, toma cierto tiempo, por lo que el comienzo de la inyección debe hacerse un determinado tiempo antes de que el pistón haya alcanzado el punto muerto superior, a fin de que el combustible se evapore, mezcle e inflame antes de que el pistón llegue al punto adecuado después del punto muerto superior, y aproveche al máximo el incremento de presión producto de la combustión para producir trabajo útil (GERCHLER, y otros, 2000).

Como este tiempo de preparación de la mezcla dentro del cilindro, antes de producirse la inflamación es un tiempo fijo (en realidad cambia, pero muy poco) mientras el motor puede girar a velocidades notablemente diferentes entre ralentí y la velocidad máxima, el instante de la inyección con respecto a la posición del pistón, debe ser diferente para cada

régimen de velocidad y así poder lograr que en todo el rango del motor, las presiones máximas del ciclo se produzcan en el instante adecuado a la posición del pistón una vez comenzada la inflamación.

Este tiempo de anticipación al punto muerto superior en que se comienza la inyección se mide en grados de ángulo de giro del cigüeñal y se conoce como ángulo de avance a la inyección.

2.7 Cámaras de Combustión

La cámara de combustión es fundamental en el funcionamiento del motor. El inyector introduce en ella el combustible pulverizado, el cual se mezcla con el aire; de ahí que la forma de la cámara de combustión deba facilitar esta mezcla del combustible con el aire. Según el tipo de cámara de combustión los motores diésel pueden clasificarse como sigue: (GERCHLER, y otros, 2000).

- Cámara de turbulencia
- Cámara de inyección directa
- Cámara de inyección indirecta

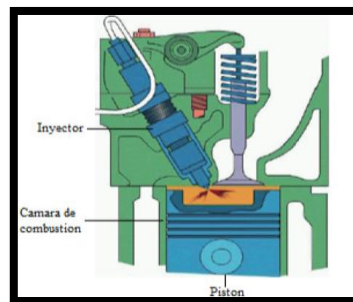
2.7.1 *Cámara de turbulencia.* Una cámara de turbulencia es una pequeña cámara esférica, situada encima o a un lado de la cámara principal de combustión y conectada con ella por una lumbrera. Cuando se comprime el aire del cilindro se obliga a que una parte del mismo pase a esa cámara de turbulencia, donde se crea un efecto de torbellino debido a su forma. El combustible es inyectado en esta cámara, donde se produce una combustión preliminar que fuerza a la mezcla a salir hacia la cámara principal, donde se completa su combustión (GERCHLER, y otros, 2000).

2.7.2 *Cámara de inyección directa.* Se define como el combustible pulverizado inyectado directamente sobre la cabeza del pistón, donde se ha practicado una oquedad para la formación de turbulencias del aire. En esta oquedad es donde se acumula casi todo el aire del cilindro cuando el pistón está en el punto muerto superior así se denomina

cámara de combustión a todo el volumen cerrado sobre el pistón (GERCHLER, y otros, 2000).

Se obtiene una mezcla más eficaz creando una turbulencia en el aire del interior del cilindro a medida que se comprime. Esto suele hacerse perfilando la cabeza del émbolo de forma que obligue al movimiento del aire durante su compresión.

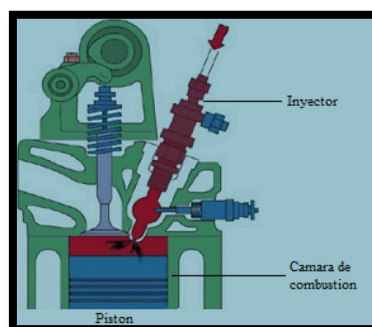
Figura 26. Descripción de la cámara de inyección directa de un motor diésel



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 10

2.7.3 *Cámara de inyección indirecta.* El combustible se inyecta dentro de la cámara de turbulencia quemándose una parte de él. La presión aumenta de modo que los gases de combustión y el carburante restante se apresuran a salir por la tobera de la cámara de turbulencia y se mezcla con el aire de la cámara de combustión donde se produce la quema de combustible definitiva. El problema de arranque en frío se resuelve con la utilización de unas resistencias eléctricas especiales colocadas dentro de la cámara de combustión separada, conocidas como bujías de precalentamiento (GERCHLER, y otros, 2000).

Figura 27. Descripción de la cámara de inyección indirecta



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 12

2.7.4 Ventajas y desventajas de la inyección directa e indirecta

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la cámara de inyección indirecta

Características	Inyección directa	Inyección indirecta
Consumo de combustible	menor	mayor
Coefficiente de exceso de aire	mayor	menor
Grado de compresión	menor	mayor
Presión de inyección	mayor	menor
Potencia específica	menor	mayor
Facilidad de arranque	mayor	menor
Humos en el escape	mayor	menor
Flexibilidad del motor	menor	mayor

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>

2.8 Sobrealimentación

2.8.1 Características. En un motor diésel, por mucho que aumentemos el combustible que hacemos llegar al interior de la cámara de combustión, no conseguimos aumentar su potencia si el combustible no encuentra aire suficiente para quemarse. Solo conseguiremos aumentar la potencia, sin variar la cilindrada ni el régimen del motor, si conseguimos introducir en el interior del cilindro una cantidad de aire mayor a la que hacemos entrar por aspiración (GERCHLER, y otros, 2000).

Por otro lado, la mayor presión de entrada de aire favorece la expulsión de los gases de escape y el llenado del cilindro con aire fresco, con lo que consigue un aumento del rendimiento volumétrico.

2.8.2 Compresor. Es una máquina capaz de generar el suficiente aire para el aumento de la presión del aire necesario para la sobrealimentación es mediante la utilización de compresores; éstos a su vez pueden ser turbocompresores (accionados por los gases de escape), y compresores de mando mecánico (accionado por el cigüeñal mediante piñones o cadena) (GERCHLER, y otros, 2000).

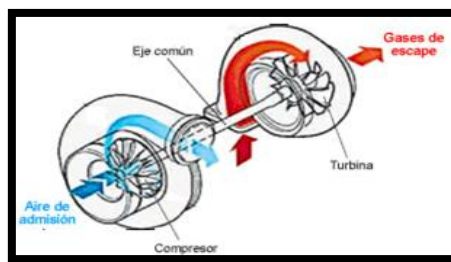
2.8.2.1 Compresores de accionamiento mecánico (volumétricos). Estos compresores, también llamados volumétricos, son accionados por el motor (hecho que les hace perder

potencia efectiva) y el flujo de aire que transmite es proporcional al régimen del motor. (GERCHLER, y otros, 2000)

2.8.2.2 Turbocompresores (centrífugos). Los gases de escape que salen del colector hacen girar una turbina a gran velocidad. Esta turbina de escape está unida por un eje a otra turbina (compresor) en el lado de la admisión (GERCHLER, y otros, 2000).

La alta velocidad a que giran ambas turbinas (más de 100 000 vueltas) permitirá elevar la presión del aire de admisión para que de esta forma se mejore la alimentación del motor. De este modo, el par motor y la potencia final pueden incrementarse hasta un 35%, gracias a la acción del turbocompresor.

Figura 28. Turbo de un motor diésel



Fuente: GERCHLER, Hellmut. Tecnología del automóvil, pág. 362

Ventajas y desventajas del turbocompresor:

- Incremento de la relación potencia-peso
- Reducción del ruido del motor
- Economía de combustible
- Reducción de humos
- Mayor costo de mantenimiento (GERCHLER, y otros, 2000).

2.8.3 Intercooler. Para evitar el problema del aire calentado al pasar por el rodete compresor del turbo, se han tenido que incorporar sistemas de enfriamiento del aire a partir de intercambiadores de calor (intercooler). El intercooler es un radiador que es enfriado por el aire que incide sobre el coche en su marcha normal. Por lo tanto se trata

de un intercambiador de calor aire/aire a diferencia del sistema de refrigeración del motor que se trataría de un intercambiador agua/aire (Mecánica web, 2009).

El sistema intercooler consiste en un intercambiador de calor en el que se introduce el aire que sale del turbocompresor para enfriarlo antes de introducirlo en los cilindros del motor.

Al enfriar el aire disminuye la densidad de éste por lo que para el mismo volumen de los cilindros se puede introducir mayor masa de aire y así mejorar el rendimiento del motor.

Con el intercooler (se consigue refrigerar el aire aproximadamente un 40% desde 100°-105° hasta 60°- 65°). El resultado es una notable mejora de la potencia y del par motor gracias al aumento de la masa de aire (aproximadamente del 25% al 30%). Además se reduce el consumo y la contaminación.

Figura 29. Intercooler



Fuente: <http://www.oocities.org/mecanicoweb/cl1.htm>

CAPÍTULO III

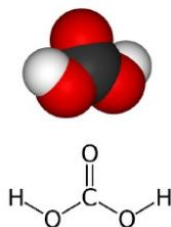
3 GENERACIÓN DE LAS FICHAS TÉCNICAS PARA LA ADQUISICIÓN DE PARTES Y PIEZAS DE UN MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS DIDÁCTICO PARA SU ENSAMBLAJE.

3.1 Materiales utilizados en la fabricación de las partes y piezas

3.1.1 Policarbonato. Es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, y son utilizados ampliamente en la manufactura moderna. El nombre "policarbonato" se basa en que se trata de polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una larga cadena molecular (Tecnología de plásticos, 2011).

Los policarbonatos en forma general se obtienen a partir del ácido carbónico.

Figura 30. Molécula de ácido carbónico



Fuente: <http://www.pslc.ws/spanish/pc.htm>

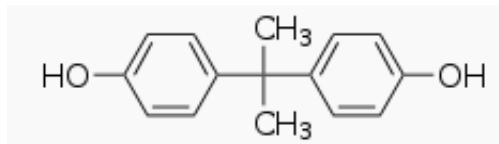
Las dos moléculas principales que intervienen en las síntesis del policarbonato serán las de Bisfenol A y Fosgeno.

Termoplástico. Es un plástico que, a temperaturas relativamente altas se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente (Wikipedia, 2013).

Termoformar. Es un proceso consistente en calentar una plancha o lámina de semielaborado termoplástico, de forma que al reblandecerse puede adaptarse a la forma de un molde por acción de presión vacío.

Bisfenol A. Es un compuesto orgánico con dos grupos funcionales fenol. Usado principalmente para hacer plásticos. Nombre sistemático: 4,4'-(propano-2,2-diil)difenol y su fórmula química: C₁₅H₁₆O₂.

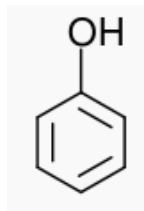
Figura 31. Estructura química del bisfenol A



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Bisfenol_A

Fenol. En forma pura es un sólido cristalino de color blanco-incoloro a temperatura ambiente. Nombre sistemático: 1, 3, 5-ciclohexatrienol y su fórmula química: C₆H₅OH.

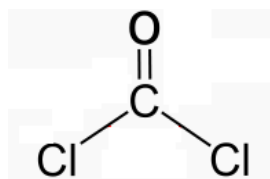
Figura 32. Estructura química del fenol



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fenol>

Fosgeno. Es un gas incoloro, importante componente químico industrial utilizado para hacer plásticos. Nombre sistemático: Dicloruro de carbonilo y formula molecular: CCl₂O.

Figura 33. Estructura química del fosgeno



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fosgeno>

Características:

- Resistencia a condiciones atmosféricas
- Transparente, igual al 90% del valor del vidrio
- Resistencia al impacto 200 veces mayor que el vidrio.
- Buenas propiedades de aislamiento térmico.
- Soporta temperaturas de 100°C a 135°C
- Es un material resistente frente al fuego.

3.1.1.1 Policarbonato macizo o compacto. La lámina de policarbonato sólida es un material compacto y versátil que ofrece durabilidad. Está protegido contra el amarillamiento, tiene una alta resistencia al impacto (Tecnología de plásticos, 2011).

Método de fabricación. Por inyección: Es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

Propiedades y características del policarbonato:

Tabla 2. Propiedades y características del policarbonato

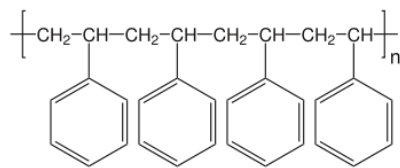
Propiedades Físicas	Test	Unidad	Valor
Densidad	ISO 1183	g/cm ³	1,2
Transmisión de luz	ASTM D 1003	%	88-90
Índice de refracción	ASTM D 542	-	1,585
Propiedades Mecánicas			
Módulo de elasticidad	ISO 527	MPa	2300
Módulo de fuerza a rendir	ISO 527	MPa	>60
Estiramiento a la rotura	ISO 527	%	>120
Extensión a rendir	ISO 527	%	6
Módulo de flexión	ISO 178	MPa	2300
Dureza Rockwell	ASTM D 785	M-escala	70
Impacto izod con muescas de 3,2 mm	ISO 180	KJ/2	65
Propiedades Térmicas			
Temperatura de deflexión bajo carga	ISO 75-1	°C	127
Coefficiente de expansión lineal 0-50 °C	ISO 11359	1/°C	7E-5
Temperatura de ablandamiento Vicat (50N)	ISO 306	°C	144

Fuente: http://dvp.cl/upload/blockikea/catPdfFicha_7.pdf

3.1.2 Poliestireno. Es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización, que consiste en un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso llamada polímero (Aniq.com, 2010).

Polímero. Son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

Figura 34. Estructura química del polímero



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADmero>

Monómeros. Es una molécula de pequeña masa molecular que unida a otros monómeros forman macromoléculas llamadas polímeros.

Características:

- Buen brillo
- Liviano
- Excepcional ligereza
- Resistencia a la putrefacción
- Fácilmente manipulable
- 100% ecológico
- Baja resistencia al impacto

3.1.2.1 Poliestireno de alto impacto. Es un poliestireno modificado con un elastómero, es más fuerte (Tecnología de plásticos, 2011).

Elastómero. Son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico.

Método de fabricación. Por inyección: Que consiste en el polímero se funde con calor y fricción y se introduce en un molde frío donde el plástico solidifica. Este método se usa para fabricar objetos como bolígrafos, utensilios de cocina, juguetes, etc.

Propiedades y características del poliestireno.

Tabla 3. Propiedades y características del poliestireno

Propiedades	ISO			ASTM		
	Norma	Unidades	Valores típicos	Norma	Unidades	Valores típicos
Reológica						
Índice de fluidez (200°C, 5Kg) (a)	1133	g/10 min	10	D-1238	g/10 min	10
Mecánicas						
Resistencia tracción a la deformación (a)	527	MPa	19	D-638	MPa	20
Elongación a rotura (a)	527	%	40	D-638	%	40
Módulo elástico en tracción (a)	527	MPa	1850	D-638	MPa	1860
Dureza Rockwell (escala L/M) (b)	2039/2	-	M33	D-785	-	M33
Resistencia a la flexión (a)	178	MPa	38	D-790	MPa	38
Resistencia al impacto IZOD - espesor 4 mm (a)	180/1A	kJ/m ²		-	-	-
Resistencia al impacto IZOD - espesor 3,2 mm (a)	-	-	117	D-256	J/m	117
					Pie.Lb/pulg	2,2
Térmicas						
Temperatura de deflexión bajo carga (1,8 MPa, 120°C/h) (a) 1/2x1,2	75	°C	80	D-648	°C	79
Punto Vicat (1Kg, 50°C/h) (a)	306	°C	94	D-1525	°C	94
Punto Vicat (5Kg, 50°C/h) (a)	306	°C	88	D-1525	°C	88
Punto Vicat (1Kg, 120°C/h) (a)	306	°C	95	D-1525	°C	95
Físicas						
Densidad (b)	1183	g/cm ³	1,06	D-792	g/cm ³	1,06
Absorción de humedad (b)	62	%	<0,1	D-570	%	<0,1
Contracción en molde (b)	-	-	-	D-955	%	0.7
Resistencia a la llama - espesor 1,6 mm (b)	UL-94	clase	HB	-	-	-

FUENTE: http://www.petrobras.com.ar/Petrobras/Internet_Institucional/Espanol/Productos/Petroquimica/Documentos/INNOVA%204600.pdf

3.1.3 Policloruro de vinilo (PVC). Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales: cloruro de sodio (NaCl) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo

tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos. El PVC es su forma original se presenta como polvo blanco, amorfo y opaco (Aniq.com, 2010).

La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles.

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en muchas áreas de la industria.

Aplicaciones. Para la construcción, electricidad, electrónica, campo automotriz como paneles de tableros, etc.

Características.

- Liviano
- Versatilidad.
- Reciclable.
- Rentable
- Alta resistencia mecánica
- Buena resistencia química
- Aislante eléctrico

3.1.3.1 Policloruro de vinilo (PVC-U) rígido. Se obtiene por la fusión y moldeo a temperatura adecuada de policloruro de vinilo con aditivos excepto plastificantes. Se obtiene un material que es resistente al impacto y estabilizado frente a la acción de la luz solar y efectos de la intemperie (Aniq.com, 2010).

Método de fabricación. Por inyección: En esta técnica de moldeo el compuesto de PVC rígido previamente fundido se inyecta a alta presión dentro de un molde cerrado, que se mantiene a una temperatura prefijada. La refrigeración del molde produce el enfriamiento del producto terminado. De esta forma se define el artículo, que será expulsado luego de la apertura del molde.

Propiedades y características del PVC rígido.

Tabla 4. Propiedades y características del PVC rígido

POLICLORURO DE VINILO RIGIDO (NO PLASTIFICADO)				PVC - U
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.45
RESIST. A A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	550 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	170 / 300
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	700
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	> 20
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	31000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	80 - 83
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		--
RES. AL DESGASTE POR ROCE				MALA

PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.28
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	55
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-15 a 60
TEMP. DE FUSION	°C			150
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00011
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.22

Fuente: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/PVC/PVCprop/dtecnicos.htm>

3.2 Proceso de importación.



3.2.1 Fichas técnicas de las partes y piezas del banco didáctico.

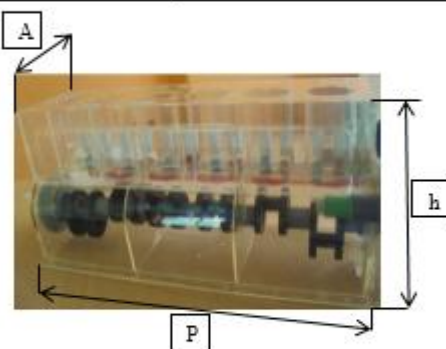
3.2.1.1 Elementos fijos del motor.

Tabla 5. Elementos fijos de motor

Descripción	Nº de piezas
Bloque del motor	1
Cárter de aceite	1
Colector de admisión	1
Colector de escape	1
Tapa válvulas	2
Carcasa del volante de inercia	1

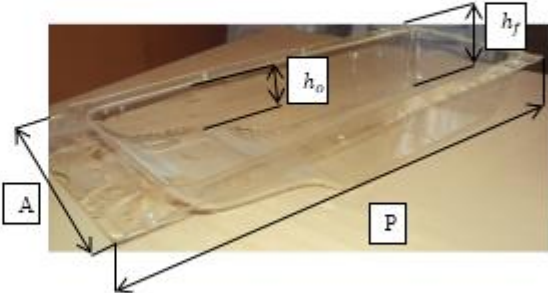
Fuente: Autores

Bloque del motor.

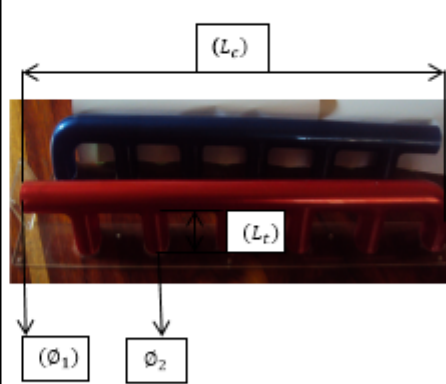
FICHA TÉCNICA N° 1			
Descripción:	Bloque del motor	Material:	Policarbonato macizo
Espesor:	3 mm		
Color:	Transparente		
Escala	2:1		
Peso (Kg)	4.5		
Dimensiones:	Altura (h): 253 (mm)		
	Diámetro de la camisa: 60 (mm)		Altura de la camisa: 124 (mm)
	Diámetro del orificio de la varilla del balancin: 16 (mm)		

En la ficha técnica del bloque del motor se puede observar las características, el material de que está fabricado, para mayor entendimiento de las partes del motor de entrenamiento.

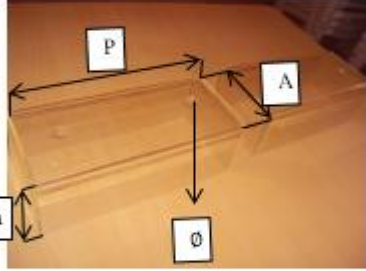
Cárter de aceite.

FICHA TÉCNICA N° 2				
Descripción:	Cárter de aceite	Material:	Policarbonato macizo	
Espesor:	3 mm			
Color:	Transparente			
Escala:	2:1			
Peso (Kg):	0.536			
Capacidad volumétrica. (gal):	4			
Dimensiones:	Altura inicial (h_o): 40 (mm)	Altura final (h_f): 90 (mm)	Ancho (A): 214 (mm)	Profundidad (P): 490 (mm)

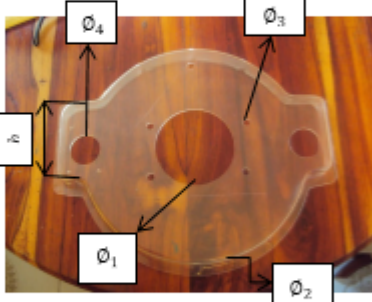
Colector de admisión y escape.

FICHA TÉCNICA N° 3					
Descripción:	Colector de admisión y escape	Material:	Poliestireno de alta resistencia		
Espesor:	2 mm				
Color:	Admisión			Azul	
	Escape			Rojo	
Peso por unidad (Kg)	0.238				
Dimensiones:	Diámetro de entrada de aire (ϕ_1): 35 (mm)				
Longitud de la tobera: 40 (mm)	Longitud del colector (L_c): 465 (mm)	Diámetro de las toberas (ϕ_2): 28 (mm)			

Tapa de válvulas.

FICHA TÉCNICA N° 4			
Descripción:	Tapa de válvulas	Material:	Policarbonato macizo
Espesor:	3 mm		
Color:	Transparente		
Escala:	2:1		
Peso total (Kg)	0.504		
Dimensiones:	Altura (h): 83 (mm)	Profundidad (P): 254 (mm)	
	Ancho (A): 110 (mm)	Diámetro para el tornillo de ajuste (Ø): 9 (mm)	

Carcasa del volante de inercia.

FICHA TÉCNICA N° 5			
Descripción:	Carcasa del volante de inercia	Material:	Policarbonato macizo
Espesor:	3 mm		
Color:	Transparente		
Escala:	1.5 :1		
Peso (Kg)	0.441		
Dimensiones:	Altura (h): (mm)		
	Diámetro interior (Ø ₁): 115 (mm)	Diámetro exterior (Ø ₂): 330 (mm)	
	Diámetro para sujeción (Ø ₃): 9 (mm)	Diámetro (Ø ₄): 45 (mm)	

3.2.1.2 *Tren alternativo.*

Tabla 6. Elementos móviles del motor

Descripción	Nº de piezas
Pistón	6
Biela	6
Cigüeñal	1
Polea del Cigüeñal o dámper	1
Polea de la bomba de agua	1
Polea del alternador	1
Bandas	2
Volante de inercia	1
Piñonería de la Distribución	1
Conjunto culata	1

Fuente: Autores

En la tabla 6 se describe cada uno de los elementos fijos del motor, para de esta forma realizar las fichas técnicas correspondiente a cada uno de ellos. Estas fichas técnicas nos ayudan a comprender mejor cada una de las partes del motor de entrenamiento, en las cuales se describe el color, dimensiones, peso y otros (CUESTA, 2003).

El motor de entrenamiento consta de 6 pistones que están fabricados en PVC, que se desplaza en el interior del cilindro y recibe la fuerza de expansión de los gases de la combustión para transmitirlos al cigüeñal por medio de la biela.

Consta de 6 bielas fabricadas en PVC, la encargada de unir el émbolo (mediante el bulón) con el cigüeñal (en su muñequilla) y por tanto, está sometida al esfuerzo mecánico alternativo del pistón en las diferentes fases del ciclo de trabajo.

También consta de 2 bandas de la distribución usada en motores diésel y gasolina, su función es transmitir el movimiento desde el cigüeñal al árbol de levas permitiendo la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape.

Biela – Pistón.

FICHA TÉCNICA N° 6				
Descripción:	Biela - Pistón	Material:	Poliestireno de alta resistencia	
Espesor del pistón:	2 mm			
Color:	Biela			Azul
	Pistón			Rojo
Escala	2:1			
Peso (Kg)	Biela			0.06
	Pistón	0.04		
Dimensiones de pistón:	Diámetro: 58 (mm)	Falda (F): 60 (mm)		
Dimensiones de la biela:	Diámetro interior del pie: 15 (mm)	Diámetro exterior del pie: 21 (mm)		
Diámetro interior de la cabeza (ϕ_1): 24 (mm)	Diámetro exterior de la cabeza (ϕ_2): 34 (mm)	Altura (h): 120 (mm)		
	Diámetro del émbolo (ϕ): 16 (mm)	Espesor del cuerpo (E): 14 (mm)		

En la cabeza recibe toda la presión y el calor directo de los gases y en ella se encuentra las ranuras de alojamiento de los segmentos; siendo la parte donde están las paredes más gruesas.

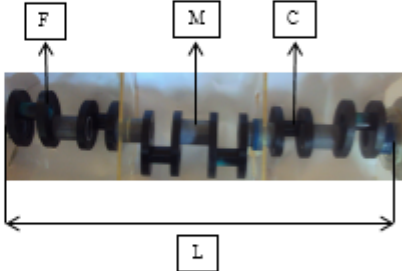
La falda es la parte situada en la parte inferior y sirve de guía al pistón en su desplazamiento por el cilindro. Las faldas se diseñan de diferentes formas para disipar mejor el calor y hacer más resistente al pistón.

La parte principal de la biela es:

El pie de biela, es la parte que se articula con el bulón del émbolo y lleva incorporado un cojinete antifricción para evitar el desgaste provocado por los movimientos del pistón.

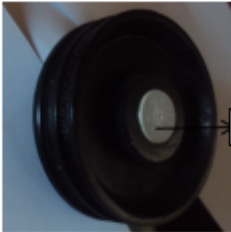
Cigüeñal.

FICHA TÉCNICA N° 7			
Descripción:	Cigüeñal	Material:	PVC rígido
Espesor del filete	10 (mm)		
Color:	Filete	Negro	
	Codo	Negro	
	Muñón	Plomo	
Escala	2:1		
Peso (Kg)	1.1		
Dimensiones:	Número de filetes (F): 12	Diámetro del Codo de biela (C): 22 (mm)	
	Diámetro del muñón principal (M): 32 (mm)	Longitud total del cigüeñal (L): 553 (mm)	

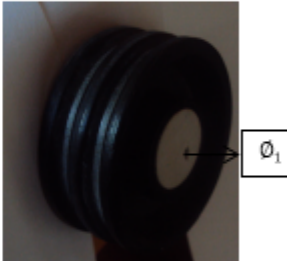


Polea del cigüeñal o dâmpfer, bomba de agua.

FICHA TÉCNICA N° 8			
Descripción:	Polea del cigüeñal o dâmpfer Bomba de agua	Material:	PVC rígido
Color:	Negro		
Escala:	Polea del cigüeñal o dâmpfer	3:1	
	Bomba de agua	1.5:1	
Peso por unidad (Kg)	0.210		
Dimensiones:	Angulo de la garganta: 45°		
Diámetro del agujero (ϕ_1): 25 (mm)	Diámetro mayor de la polea: 76 (mm)	Ancho máximo de la polea: 21 (mm)	
Diámetro del fondo de la garganta: 70 mm		Diámetro intermedio: 31 (mm)	



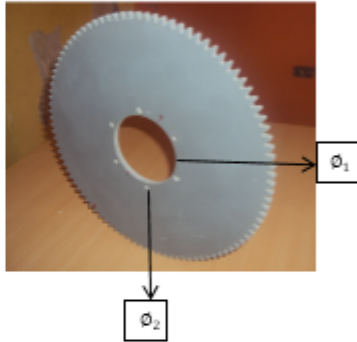
Polea del alternador.

FICHA TÉCNICA N° 9			
Descripción:	Polea del alternador	Material:	PVC rígido
Color:	Negro		
Escala:	2:1		
Peso (kg)	0.170		
Dimensiones:	Angulo de la garganta: 45°		
Diámetro del agujero (Ø₁): 20 (mm)	Diámetro mayor de la polea: 55 (mm)	Ancho máximo de la polea: 21 (mm)	
Diámetro del fondo de la garganta: 51 (mm)		Diámetro intermedio: 26 (mm)	

Banda de distribución.

FICHA TÉCNICA N° 10			
Descripción:	Bandas de la distribución	Material:	Poliestireno
Color:	Naranja		
Escala:	1.5:1		
Acopladas:	En el alternador		
	En la polea del cigüeñal		
	En la bomba de agua		
Dimensiones:	Longitud: 800 (mm)		

Volante de inercia.

FICHA TÉCNICA N° 11			
Descripción:	Volante de inercia	Material:	PVC rígido
Color:	Plomo		
Escala	1.5:1		
Peso (Kg)	0.789		
Dimensiones:	Diámetro primitivo: 290 (mm)		
	Paso circular: 10 (mm)		
	Ancho de espacio: 5 (mm)		
	Diámetro interior: 280 (mm)	Diámetro exterior: 293 (mm)	Número de dientes: 95
	Altura de diente: 7 (mm)	Espesor del diente: 4 (mm)	Módulo: 3,05
	Altura del pie de diente: 4 (mm)	Altura de la cabeza del diente: 3 (mm)	
	Diámetro para el soporte (Φ_s): 82.8mm)		
	Ancho de cara: 7.5 (mm)	Diámetro para sujeción (Φ_u): 6 (mm)	

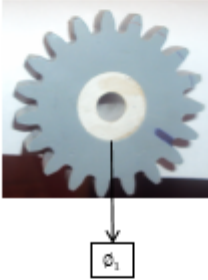
3.2.1.3 *Piñonería de la distribución.*

Tabla 7. Piñonería de la distribución

Descripción	N° de piezas
Engranaje del compresor	1
Engranaje de la bomba de inyección	1
Engranaje loco	2
Engranaje del árbol de levas	1
Engranaje del cigüeñal	1
Engranaje de la bomba de aceite	1

Fuente: Autores

Engranaje del compresor de aire, cigüeñal, loco, bomba de aceite.

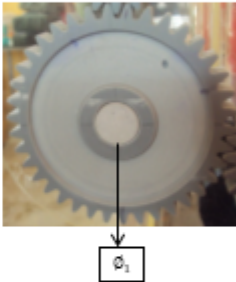
FICHA TÉCNICA N° 12				
Descripción:	Engranaje	Compresor de aire Cigüeñal Loco Bomba de aceite	Material:	PVC rígido
Color:		Plomo		
Escala		2:1		
Peso por unidad (Kg)		0.541		
Dimensiones:		Diámetro primitivo: 50 (mm)		
		Paso circular: 8 (mm)		
		Ancho de espacio: 3.5 (mm)		
		Diámetro interior: 40 (mm)	Diámetro exterior: 52 (mm)	Número de dientes: 19
		Altura de diente: 6 (mm)	Espesor del diente: 3.5 (mm)	Módulo: 2.6
		Altura del pie del diente: 3.5 (mm)		Ancho de cara: 11.5 (mm)
		Diámetro del eje (Ø ₁): 18 (mm)		Altura de la cabeza del diente: 2 (mm)

Los engranajes son utilizados para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Como en nuestro caso los engranajes del compresor de aire, cigüeñal, loco y bomba de aceite transmiten el movimiento y potencia desde cigüeñal a todos los elementos anteriormente mencionados.

Mediante el contacto de ruedas dentadas se transmite el movimiento circular. La principal ventaja de utilizar transmisiones por engranaje es que no patinan como en las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

El material de fabricación de los engranajes es de PVC, lo que permite un mejor contacto entre dientes.

Engranaje de la bomba de inyección y del árbol de levas.

FICHA TÉCNICA N° 13						
Descripción:	Engranaje	Arbol de levas Bomba de inyección	Material:	PVC rígido		
Color:	Plomo					
Escala	2:1					
Peso por unidad (Kg)	0.951					
Dimensiones:	Diámetro primitivo: 87 (mm)				Número de dientes: 38	
	Paso circular: 8 (mm)		Módulo: 2,29 (mm)			
	Ancho de espacio: 5 (mm)					
	Diámetro interior: 95 (mm)		Diámetro exterior: 99 (mm)		Ancho de cara: 11.5 (mm)	
	Altura de diente: 6 (mm)		Espesor del diente: 4 (mm)		Altura de la cabeza del diente: 4 (mm)	
	Altura del pie del diente: 3 (mm)			Diámetro del eje (ϕ_1): 18 (mm)		

En la ficha técnica N° 13 se describe cada una de las partes del engranaje, siendo estas:

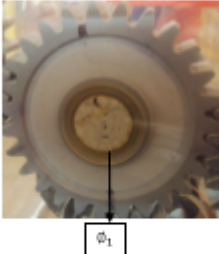
Diente del engranaje: Son los que realizan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes motrices a los ejes conducidos.

Módulo: Es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes.

Paso circular: Es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivo.

Largo del diente: Es la longitud que tiene el diente del engranaje.

Engranaje loco.

FICHA TÉCNICA Nº 14					
Descripción:	Engranaje	Loco	Material:	PVC rígido	
Color:		Plomo			
Escala:		2:1			
Peso por unidad (Kg):		0.421			
Dimensiones:	Díametro primitivo:	68 (mm)			
	Paso circular:	7.5 (mm)			
	Ancho de espacio:	3.5 (mm)			
	Díametro interior:	60 (mm)	Díametro exterior:	72 (mm)	Numero de dientes: 27
	Altura de diente:	6 (mm)	Espesor del diente:	4 (mm)	Modulo: 2.5
	Altura del pie del diente:	3 (mm)			Ancho de cara: 11.5 (mm)
	Díametro del eje (ϕ_1):	18 (mm)			Altura de la cabeza del diente:
					4 (mm)

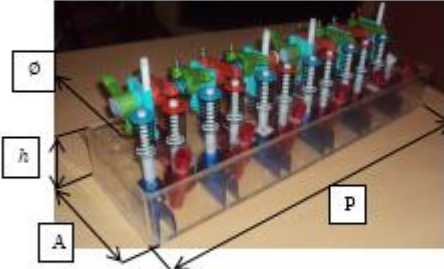
3.2.1.4 Conjunto culata.

Tabla 8. Elementos del conjunto culata

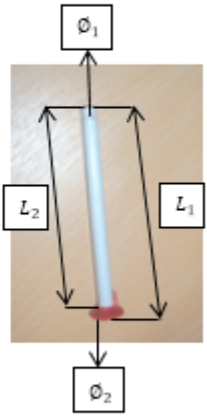
Descripción	Nº de pieza
Culata	1
Válvulas	12
Muelles	12
Copela	12
Guías de válvulas	12
Árbol de levas	1
Varilla de balancines	12
Propulsores	6
Balancines	12
Eje de balancines	2

Fuente: Autores


Culata.

FICHA TÉCNICA N° 15			
Descripción:	Culata	Material:	Policarbonato macizo
Espesor:	3 mm		
Color:	Transparente		
Escala:	2:1		
Peso (Kg)	1.778		
Dimensiones:	Altura (h): 66 (mm)	Ancho (A): 145 (mm)	Profundidad (P): 500 (mm)
	Diámetro del orificio de la varilla del balancín (Ø): 16 (mm)		

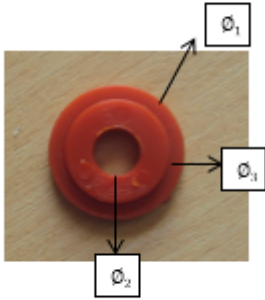
Válvulas.

FICHA TÉCNICA N° 16			
Descripción:		Válvula de escape y admisión	Material: PVC rígido
Color	Escape	Rojo	
	Admisión	Azul	
Escala		1.5:1	
Peso por unidad (Kg)		0.009	
Dimensiones:		Diámetro de vástago (Ø ₁): 8 (mm)	
Longitud del vástago (L ₂): 106 (mm)	Longitud de la válvula (L ₁): 113 (mm)	Diámetro del chavetero (Ø ₂): 6 (mm)	

Muelles.

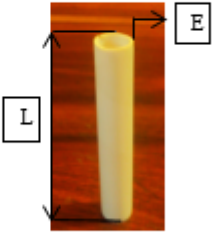
FICHA TÉCNICA N° 17			
Descripción:	Muelle	Material:	Acero
Color:	Negro		
Escala:	1.5:1		
Dimensiones:	Número de espiras útiles: 7		
Número total de espiras: 9	Sentido de arrollamiento: Horario		
Paso: 6 (mm)	Diámetro interior: 20 (mm)		
Diámetro exterior: 22 (mm)	Longitud libre: 60 (mm)	Diámetro medio: 21 (mm)	

Copela.

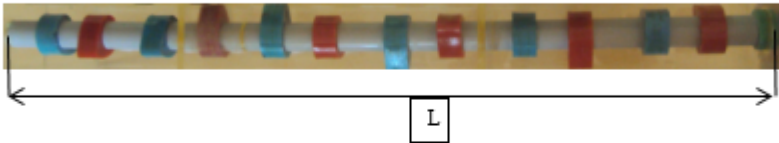
FICHA TÉCNICA N° 18			
Descripción:	Copela	Material:	PVC rígido
Color:	Rojo		
Escala:	1.5:1		
Peso (Kg):	0.002		
Dimensiones:	Diámetro exterior (\varnothing_1): 25 (mm)		
Diámetro interior (\varnothing_2): 8(mm)	Diámetro intermedio (\varnothing_1): 19 (mm)		

En la ficha técnica N° 18 se puede observar una descripción completa de la copela, en caso de que se dañe o pierda sea reemplazada por una de las mismas características.

Guía de válvulas.

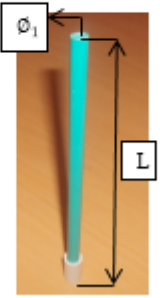
FICHA TÉCNICA N° 19			
Descripción:	Guía de válvulas	Material:	PVC rígido
Color:	Blanco		
Peso (Kg):	0.001		
Dimensiones:	Longitud (L) : 45 (mm)		
Diámetro interior: 9 (mm)	Diámetro exterior:12 (mm)	Espesor (E): 3 (mm)	

Árbol de levas.

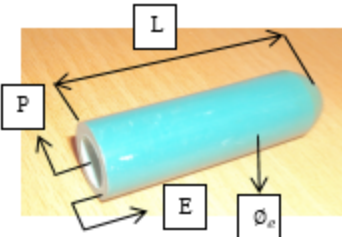
FICHA TÉCNICA N° 20				
Descripción:	Árbol de levas	Material:	PVC rígido	
				
Color:	Eje	Blanco	Peso (Kg):	0.253
	Leva de admisión	Azul	Leva de escape:	Rojo
	Dimensiones:	Base de la leva: 27 (mm)	Alzada de la leva: 35 (mm)	
			Diámetro del eje: 19 (mm)	
Longitud del eje (L): 50 (mm)				

En la ficha técnica N° 20 se puede observar el árbol de levas que se caracteriza por sus colores, admisión es azul y escapa rojo.

Varilla del balancín.

FICHA TÉCNICA N° 21			
Descripción:	Varilla del balancín	Material:	PVC rígido
Color:	Celeste y blanco		
Peso (Kg):	0.018		
Dimensiones:	Longitud (L): 175 (mm)		
	Diámetro de la varilla (φ₁): 8 (mm)		

Propulsores.

FICHA TÉCNICA N° 22			
Descripción:	Propulsor	Material:	PVC rígido
Color:	Azul		
Peso (Kg):	0.017		
Dimensiones:	Diámetro exterior (φₑ): 16 (mm)		
	Diámetro interior: 10 (mm)	Espesor (E): 6 (mm)	
	Longitud (L): 55 (mm)	Profundidad (P): 10 (mm)	

En la ficha técnica N° 22 se puede observar al propulsor fabricado en PVC rígido, el mismo que tiene como función impulsar a las varillas para dar movimiento a los balancines, de esta manera abrir y cerrar las válvulas de admisión y escape. Permitiendo realizar los 4 tiempos de un motor diésel.

Balancines.

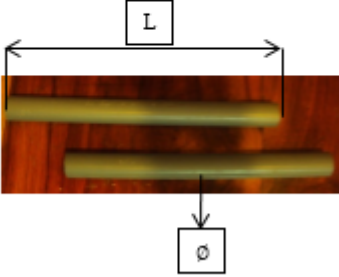
FICHA TÉCNICA N° 23				
Descripción:		Balancin de admisión y de escape	Material:	PVC rigido
Color:	Admisión	Azul		
	Escape	Rojo		
Escala:		1.5:1		
Peso por unidad (Kg):		0.020		
Diámetro:		20 (mm)		

Chaveta de la válvula.

FICHA TÉCNICA N° 24			
Descripción:	Chaveta de la válvula	Material:	Acero
Color:	Negro		
Peso (Kg):	0.001		
Escala:	1.5:1		
Dimensiones:	Diámetro: 6 (mm)		
	Espesor: 1 (mm)		

En la ficha técnica N° 24 se puede observar la chaveta de la válvula, que tiene como función evitar que la copela se mueva. Se encuentra ubicado en la parte superior de la válvula.

Eje de los balancines.

FICHA TÉCNICA N° 25			
Descripción:	Eje del balancín	Material:	PVC rígido
Color:	Azul		
Escala:	1.5:1		
Peso por unidad (Kg):	0.030		
Dimensiones:	Diámetro (Ø): 20 (mm)		
	Longitud (L): 224 (mm)		

3.2.1.5 *Sistema de lubricación.*

Tabla 9. Sistema de lubricación

Descripción	N° de piezas
Bomba de aceite y cernidor	1
Filtro	1
Radiador de aceite	1

Fuente: Autores

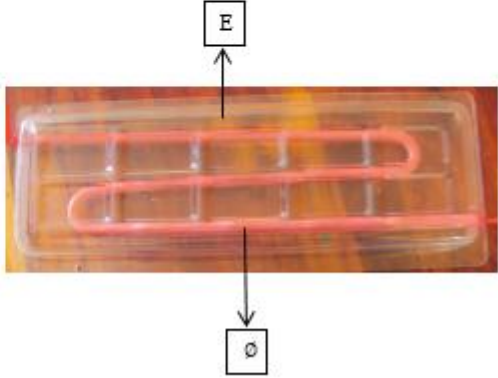
Bomba de aceite y cernidor.

FICHA TÉCNICA N° 26			
Descripción:	Bomba de aceite y coladera	Material:	Poliestireno de alto impacto
Color:	Bomba de aceite	Rojo	
	Coladera	Transparente	
Escala:		2:1	

Filtro.

FICHA TÉCNICA N° 27			
Descripción:	Filtro de aceite	Material:	Poliestireno de alto impacto
Espesor:	2 mm		
Color:	Naranja		
Escala:	1:1		

Radiador de aceite con su respectiva tapa.

FICHA TÉCNICA N° 28					
Descripción:	Radiador de aceite y tapa	Material:	Radiador de aceite	Poliestireno de alto impacto	
			Tapa	Policarbonato macizo	
Espesor de la tapa (E):	3mm				
Diámetro de la tubería del radiador (Ø):	8 (mm)				
Color:	Radiador de aceite				Rojo
	Tapa				Transparente
Escala:	1.5:1				

En la ficha técnica N° 28 se puede observar al radiador de aceite con su tapa fabricada en policarbonato para permitir visualizar su interior, ya que en otros radiadores no se puede realizar esto.


3.2.1.6 *Sistema de alimentación de combustible.*

Tabla 10. Sistema de alimentación de combustible

Descripción	Nº de piezas
Bomba de alimentación	1
Bomba de inyección	1
Inyectores	6
Filtro	1

Fuente: Autores


Bomba de alimentación.

FICHA TÉCNICA Nº 29			
Descripción:	Bomba de alimentación	Material:	PVC rígido
Color:	Negro		
Escala:	2:1		

Bomba de inyección.

FICHA TÉCNICA Nº 30			
Descripción:	Bomba de inyección	Material:	Poliestireno de alto impacto
Tipo de bomba:	Lineal		
Espesor:	2mm		
Color:	verde		
Escala:	2:1		

inyector.

FICHA TÉCNICA N° 31			
Descripción:	Inyector	Material:	PVC rígido
Espesor:	2mm		
Color:	Negro y blanco		
Escala:	2:1		

Filtro de combustible.

FICHA TÉCNICA N° 32			
Descripción:	Filtro de combustible	Material:	Poliestireno de alto impacto
Espesor:	2 mm		
Color:	Naranja		
Escala:	1:1		

3.2.1.7 Elementos de refrigeración.

Tabla 11. Elementos de refrigeración

Descripción	N° de piezas
Bomba de agua	1
Riel de refrigeración y termostato	1

Fuente: Autores

En la tabla 11 se puede observar los elementos de refrigeración, los que permiten refrigerar al motor, manteniendo la temperatura dentro de los rangos normales.

Bomba de agua.

FICHA TÉCNICA N° 33			
Descripción:	Bomba de agua	Material:	Bomba de agua
			Tapa
Espesor de la tapa:		3 mm	
Color:	Bomba de agua	Verde	
	Tapa	Transparente	
Escala:		2:1	



Riel de refrigeración y termostato.

FICHA TÉCNICA N° 34			
Descripción:	Riel de refrigeración y termostato	Material:	Poliestireno de alto impacto
Espesor:	2 mm		
Color:	Verde		
Escala:	2:1		

3.2.1.8 Sobrealimentación

Tabla 12. Sobrealimentación

Descripción	N° de piezas
Turbo	1
Compresor de aire	1

Fuente: Autores

Turbo.

FICHA TÉCNICA N° 35			
Descripción:	Turbo	Material:	Poliestireno de alto impacto
Espesor:	2 mm		
Color:	Rojo/Azul		
Escala:	1.5:1		
Tipo:	Garrett t04e		

Compresor de aire.

FICHA TÉCNICA N° 36			
Descripción:	Compresor de aire	Material:	Poliestireno de alto impacto
Espesor:	2 mm		
Color:	Azul		
Escala:	2:1		
Tipo:	Flujo radial		

3.2.1.9 *Sistema de encendido*

Tabla 13. Sistema de encendido

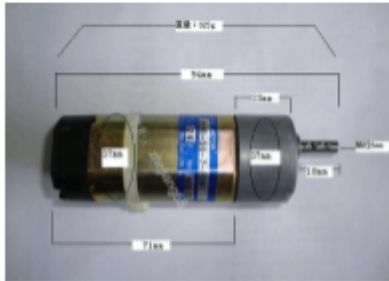
Descripción	N° de piezas
Alternador	1
Motorreductor 24 V DC	1
Transformador de 110 a 24 V AC	1
Simulador de inyección por diodos	1

Fuente: Autores

Alternador

FICHA TÉCNICA N° 38			
Descripción:	Alternador	Material:	Poliestireno de alto impacto
Color:	Fucsia, verde y naranja		
Escala:	2:1		
Tipo:	Brushless		

Motorreductor.


FICHA TÉCNICA N° 39			
Descripción:	Motorreductor	Material:	Cubierta de acero
Marca:	Japón TSUKASA Chi kasha		
Voltaje:	24 DC		
Velocidad (rpm):	830		
Velocidad del motor (rpm) :	3 500		
Eje de torsión:	1.82KGfcm		
Peso (g):	330		
Dimensiones:	Diámetro de eje: 36.5 (mm)	Longitud total: 126.5 (mm)	
		Diámetro del eje del motor: 6 (mm)	

Para dar movimiento a todas las partes y piezas del motor de entrenamiento, se colocó un motorreductor, el cual transmite su movimiento al volante de inercia y este a su vez al cigüeñal. Las especificaciones del motorreductor se detallan en la ficha técnica N° 39, debido a que si se produce una falla pueda ser reemplazado con uno de las mismas y así conservar su vida útil del motor de entrenamiento.

Transformador de 110 (AC) -24(DC).

FICHA TÉCNICA N° 40		
Descripción:	Tap central	
Voltaje CA (ENTRADA):	110 V	
Voltaje CA (SALIDA):	24 V 12 V	
Terminales:	3	

Rectificador de onda completa.

FICHA TÉCNICA N° 41		
Descripción:	Diodos rectificadores	
Tipo:	Onda completa (IN4007)	

Se ha colocado un transformador de 110 V (AC) a 24 V (AC) con tres terminales: El primer terminal se conecta a un puente de diodos rectificadores, para rectificar la corriente alterna en continua y conectar al motorreductor que trabaja con 24 V (DC).

El segundo terminal se utilizó para conecta a las lámparas de 12 V (AC) y así simular la inyección de combustible.

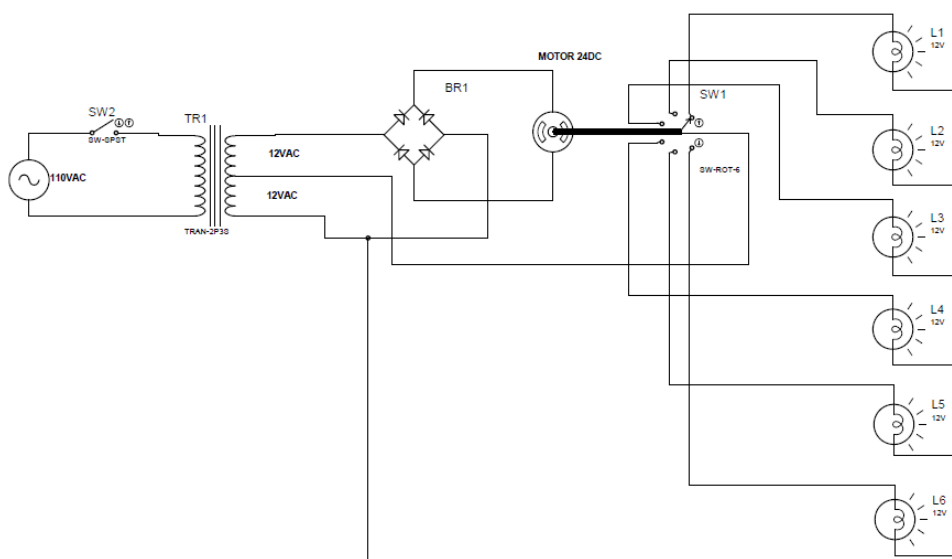
Las características del transformador y del puente de diodos rectificadores se detallan en las fichas técnicas N° 40 y N° 41 respectivamente.

Simulador de inyección.

FICHA TÉCNICA N° 42	
Descripción:	Simulación eléctrica de la inyección
Componente:	Contactor mecánico 
	Cables: # 28. 
	Lámpara: 12 V (AC) 
	

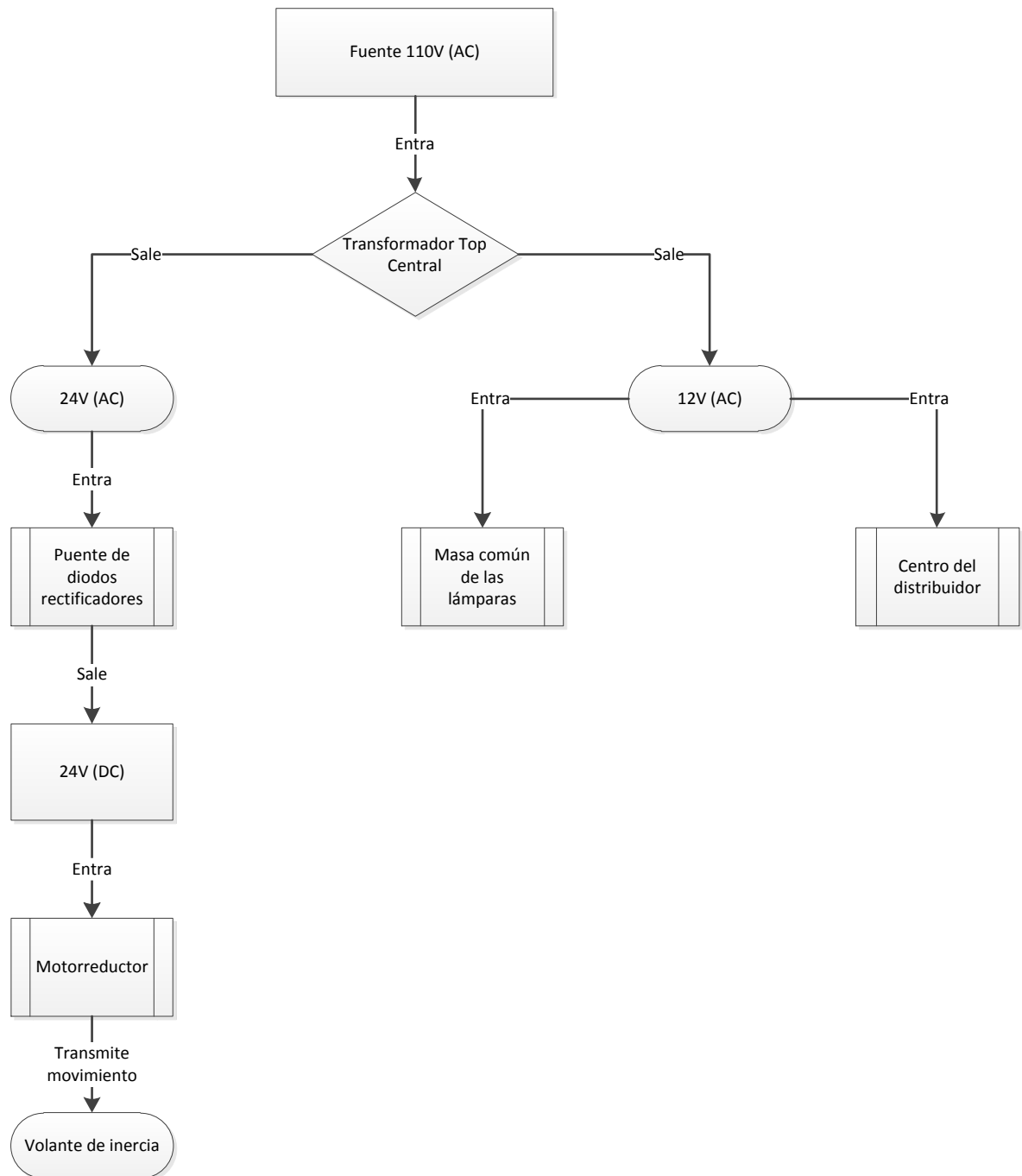
3.3 Plano eléctrico del simulador de inyección.

Figura 35. Plano eléctrico del simulador de inyección.



Fuente: Autores

3.3.1 Funcionamiento.



3.4 Ensamblaje del motor de entrenamiento.

Antes de instalar, lubricar con Liquid WRENCH Silicone Spray los codos de biela.

1. Para instalar el cigüeñal, hay que invertir el bloque del motor. Se baja el cigüeñal con todo cuidado asegurándolo por medio de bases, para evitar el cascabeleo.

Figura 36. Ensamblaje del cigüeñal

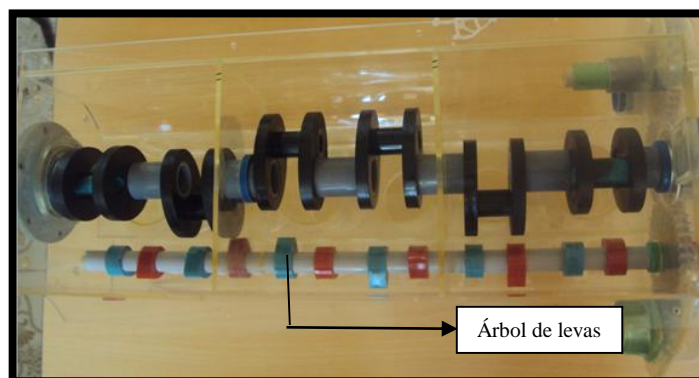


Fuente: Autores

Antes de instalar, lubricar con Liquid WRENCH Silicone Spray las levas.

2. Colocar el árbol de levas en su posición de montaje, sujetado por bases, evitando así movimientos irregulares.

Figura 37. Ensamblaje del árbol de levas



Fuente: Autores

Antes de instalar, lubricar con Liquid WRENCH Silicone Spray alrededor del pistón y los cojinetes.

3. Insertar cada uno de los elementos biela-pistón en su respectivo codo del cigüeñal y su cilindro correspondiente, ajustar con dos tornillos de estrella y tuerca M4 X 25.

Figura 38. Ensamblaje de los pistones y bielas



Fuente: Autores

4. Colocar la bomba de agua en su posición de montaje, e instalar 3 tornillos de estrella M4 X25.

Figura 39. Ensamblaje de la bomba de agua



Fuente: Autores

Antes de instalar, lubricar con Liquid WRENCH Silicone Spray alrededor del propulsor.

5. Insertar el conjunto varilla-propulsor en cada una de las guías del bloque de cilindros.

Figura 40. Ensamblaje de las varillas y propulsores



Fuente: Autores

6. Colocar el conjunto culata en su posición de montaje sobre el bloque de cilindros, instalar 6 tornillos de estrella M10 X 17 para asegurar al mismo.

Figura 41. Ensamblaje del conjunto culata



Fuente: Autores

7. Montar la tapa culata en su posición de montaje, sobre el conjunto culata, instalar 4 tuercas hexagonales ciegas M.

Figura 42. Ensamblaje de la tapa culata



Fuente: Autores

8. Instalar el múltiple de escape en su posición de montaje, con 5 tornillos de estrella M3 X 7.

Figura 43. Ensamblaje del múltiple de escape



Fuente: Autores

9. Instalar el múltiple de admisión con el riel de refrigeración y su termostato en su posición de montaje, con 6 tornillos de estrella M3 X 7.

Figura 44. Ensamblaje del múltiple de admisión



Fuente: Autores

10. Instalar el turbocompresor sobre la salida del múltiple de escape, ajustado con 4 tornillos de estrella y tuerca M4 X 25.

Figura 45. Ensamblaje del turbocompresor



Fuente: Autores

11. Montar el compresor de aire en su posición de montaje.

Figura 46. Ensamblaje del compresor



Fuente: Autores

12. Colocar la bomba de aceite en su posición de montaje y hacer coincidir el engranaje o piñón, una vez colocado verificar el movimiento del engranaje para proceder asegurarlo. Se encuentra ubicada en el cárter o depósito debido que en ese lugar se encuentra gran cantidad de aceite, su función es impulsar el aceite por todo el motor para lubricar las partes y piezas.

Figura 47. Ensamblaje de la bomba de agua



Fuente: Autores

13. Colocar el depósito de aceite (cárter de aceite) en su posición de montaje, instalar 7 tornillos de estrella M3 X 7 entre el depósito de aceite y el bloque de cilindros.

Figura 48. Ensamblaje del cárter



Fuente: Autores

14. Colocar el radiador de aceite en su posición de montaje, instalar 4 tornillos de estrella M3 X 7.

Figura 49. Ensamblaje del radiador de aceite



Fuente: Autores

- 15.** Instalar el filtro de aceite en su posición de montaje, ajustar con 4 tornillos de estrella M3 X 7.

Figura 50. Ensamblaje del filtro de aceite



Fuente: Autores

- 16.** Instalar los piñones de la distribución en su posición de montaje, en sus respectivos ejes.

Figura 51. Ensamblaje de los piñones de la distribución



Fuente: Autores

- 17.** Colocar el filtro de combustible en su posición de montaje, instalar 2 tornillos de estrella M3 X 7, una vez colocado verificar su ajuste para evitar futuras pérdidas de partes y piezas del motor de entrenamiento. Como se puede observar en la figura 52, se tiene que utilizar equipo adecuado para realizar cualquier tipo de práctica.

Figura 52. Ensamblaje del filtro de combustible



Fuente: Autores

18. Colocar la bomba de inyección en su posición de montaje, instalar 3 tornillos de estrella M3 X 7.

Figura 53. Ensamblaje de la bomba de inyección



Fuente: Autores

19. Insertar los inyectores en su posición de montaje.

Figura 54. Colocando los inyectores en su posición de montaje



Fuente: Autores

- 20.** Insertar la carcasa del volante de inercia en su posición de montaje, instalar 5 pernos M8 X 15.

Figura 55. Ensamblaje de la carcasa del volante de inercia



Fuente: Autores

- 21.** Instalar el volante de inercia en su posición de montaje, ajustar con 6 tornillos de estrella M6 X 16.

Figura 56. Ensamblaje del volante de inercia



Fuente: Autores

- 22.** Colocar el soporte y el alternador en su posición de montaje, instalar 3 tornillos de estrella M3 X 7 y 2 tornillos de estrella M4 X 16, siempre al colocar el alternador utilizar el soporte, ya que sin este no hay como colocar el alternador. Una vez colocado verificar su ajuste y utilizar los materiales de seguridad para evitar cualquier tipo de accidente.

Figura 57. Ensamblaje del soporte y el alternador



Fuente: Autores

23. Colocar la banda de accesorios, la que conecta a la bomba de agua, alternador y polea del cigüeñal.

Figura 58. Ensamblaje de la banda de accesorios



Fuente: Autores

24. Instalar el motor de arranque en su posición de montaje, ajustar con 3 tornillos de estrella M3 X 7.

Figura 59. Ensamblaje del motor de arranque



Fuente: Autores

25. Ensamblaje completo.

Figura 60. Ensamblaje completo



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4 CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL BANCO DIDÁCTICO

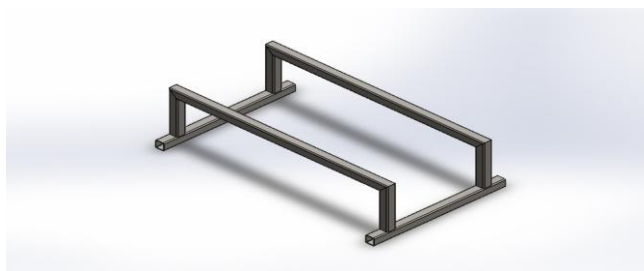
4.1 Diseño de la estructura

Para el diseño de la estructura 1, se tiene como referencia las bases del cárter de aceite. Para el diseño de la segunda estructura, se tiene como referencia la movilidad del banco de entrenamiento.

4.1.1 Estructura 1. En la estructura 1 se va a utilizar un perfil estructural cuadrado de $3/4'$ por 1.5 mm de espesor.

Sus medidas de (300 x 135) mm, con dos tubos transversales de 500 mm como base, de este modo se absorbe gran parte de los esfuerzos generados por el peso del motor.

Figura 61. Simulación de la estructura 1



Fuente: Autores

4.1.2 Estructura 2. En la estructura 2 se va utilizar un perfil estructural cuadrado de $1\frac{1}{2}'$ por 1.5 mm de espesor ubicado en las bases y otro de $1'$ por 1.5 mm de espesor ubicado en el soporte del tema. El mismo que ha sido diseñado para brindar seguridad al motor de entrenamiento.

Sus medidas de (1.9 x 1.20) m, con dos tubos transversales de 700 mm como base, de este modo se absorbe gran parte de los esfuerzos generados por el peso del motor y de la primera plataforma.

Figura 62. Simulación de la estructura 2



Fuente: Autores

4.1.3 Material. El material que se utiliza en las dos estructuras del banco de entrenamiento es acero A36, su calidad está basada en la norma ASTM- A569 (Sociedad Americana de ensayos y materiales). La misma que efectúa análisis de control de calidad, mediante ensayos mecánicos como: Tracción, corte, torsión, compresión y flexión.

Tabla 14. Características de las propiedades del acero A 36

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+010	N/m ²
Densidad	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400000000	N/m ²
Límite de compresión en X		N/m ²
Límite elástico	250000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica en X		/K
Conductividad térmica en X		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)

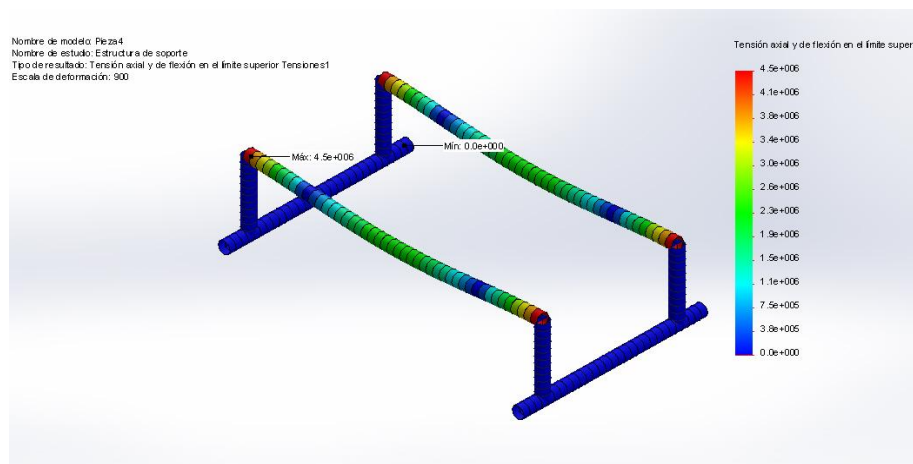
Fuente: Solidworks

4.1.4 Soldadura. El tipo de electrodo que se seleccionó es el 6011, debido a sus aplicaciones mencionadas en la normas AWS (Sociedad Americana de Soldadura) el cual aplica la especificación AWS A5.1

4.2 Análisis de esfuerzos

Las estructuras 1 y 2 del banco de entrenamiento, se las someterá a un análisis de esfuerzos, mediante la utilización del software SOLIDWORKS, programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad. Teniendo en cuenta varias consideraciones, ya que se desea conocer si la estructura soporta el peso motor.

Figura 63. Simulación de esfuerzos de la estructura 1



Fuente: Autores

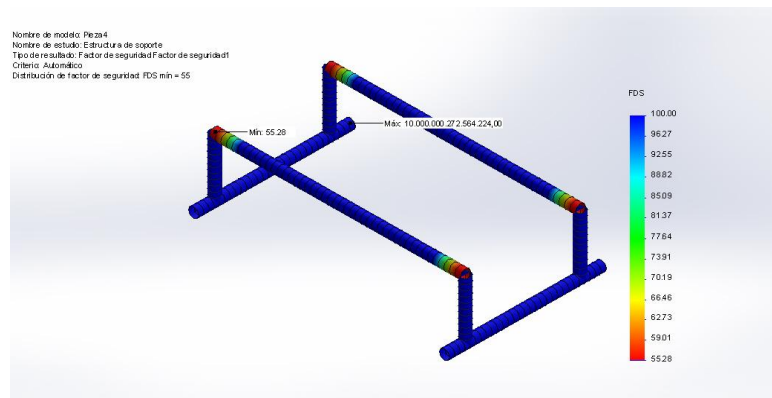
En la figura 63, se observa esfuerzos que se produce en la estructura debido al peso del motor que es 14 Kg. El esfuerzo máxima equivalente es de 4.5MPa, este valor es menor al esfuerzo del acero estructural A-36, teniendo un valor de 247MPa.

Una vez terminado el análisis de esfuerzos de la estructura se procede a realizar el análisis del factor de seguridad del diseño.

En la figura 64, se observa la distribución del factor de seguridad en el diseño por la teoría de von mises, un criterio de resistencia estática.

Un factor de seguridad de 1,0 en una ubicación significa que el material está alcanzando el límite elástico. En nuestro caso el factor de seguridad mínimo es de 55.20, significa que todo el diseño es seguro.

Figura 64. Simulación del factor de seguridad de la estructura 1

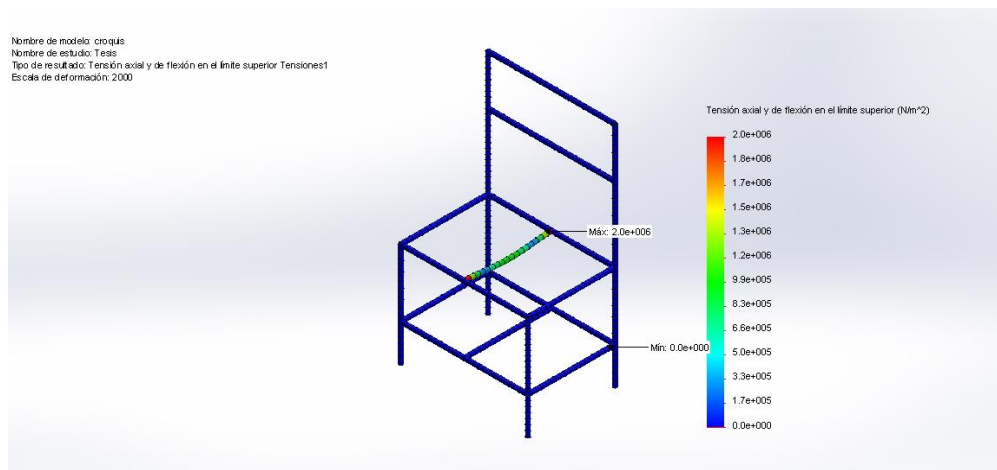


Fuente: Autores

De la misma manera se procede para la segunda plataforma:

En la figura 65, se observa esfuerzos que se produce en la estructura debida al peso del motor más el de la primera estructura que es 14.45 Kg. El esfuerzo máximo equivalente es de 2 MPA, este valor es menor al esfuerzo del acero A-36, teniendo un valor de 247MPA.

Figura 65. Simulación de esfuerzos de la estructura 2

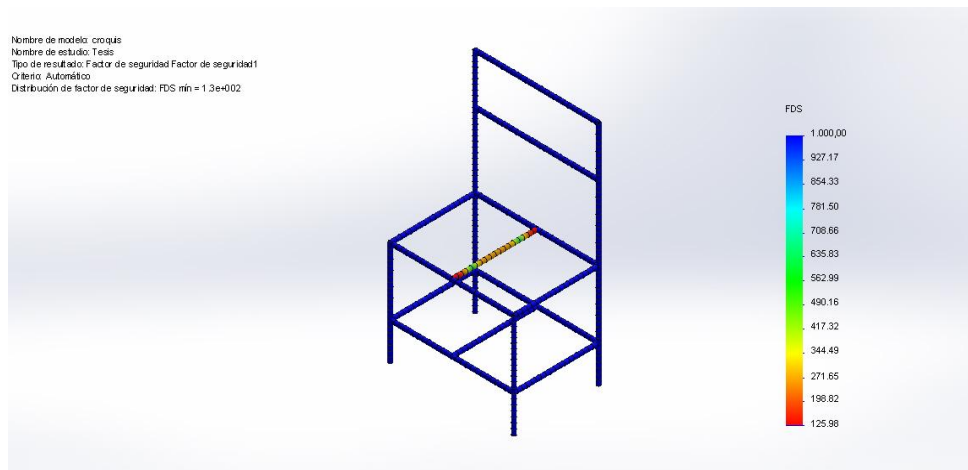


Fuente: Autores

En la figura 66, se observa la distribución del factor de seguridad en el diseño por la teoría de von mises.

En nuestro caso el factor de seguridad mínimo es de 125, significa que todo el diseño es seguro.

Figura 66. Simulación del factor de seguridad de la estructura 2



Fuente: Autores

4.3 Herramientas utilizadas para la construcción de la estructura

Para el proceso de construcción de la estructura del proyecto de tesis hemos procedido a utilizar diferentes tipos de herramientas manuales y maquinas herramientas.

- Flexómetro
- Cortadora eléctrica de metales
- Sierra
- Soldadora eléctrica
- Amoladora
- Taladro
- Compresor de aire
- Pintura sintética

4.4 Proceso de construcción de las estructura

Una vez que se tiene el plano de las estructuras se procede a realizar el trazado y corte de cada uno de los tubos cuadrados, hojas de tol por medio de una cierra o cortadora eléctrica, esto de acuerdo con las dimensiones establecidas en el plano.

Figura 67. Medida y cortado del tubo estructural



Fuente: Autores

Un vez que se tiene todo y cada uno de los tubos de acuerdo a las medidas correspondientes se procede a realizar la unión de cada uno de estos elementos con la ayuda de la soldadora eléctrica la cual realiza el proceso de soldadura por medio de un arco eléctrico, el cual se crea entre la varilla metálica llamado electrodo y la pieza metálica a soldar.

Figura 68. Soldando los elementos estructurales



Fuente: Autores

Pulir en los lugares donde se realizó la suelda, eliminando así las rugosidades y brindando un mejor acabado en la estructura.

Figura 69. Puliendo las esquinas soldadas



Fuente: Autores

Luego de construir la estructura se procede a dar una capa de pintura denominada fondo la cual evitara que agentes corrosivos ataquen a los elementos de la estructura.

Figura 70. Fondeo de la estructura



Fuente: Autores

Luego dar una capa de pintura sintética a las estructuras que brindara una protección ya que presenta alta resistencia a la intemperie, posee un óptimo nivel de secado y un excelente acabado superficial.

Figura 71. Pintando las estructuras



Fuente: Autores

Proceder a colocar la base de MDF sobre la estructura.

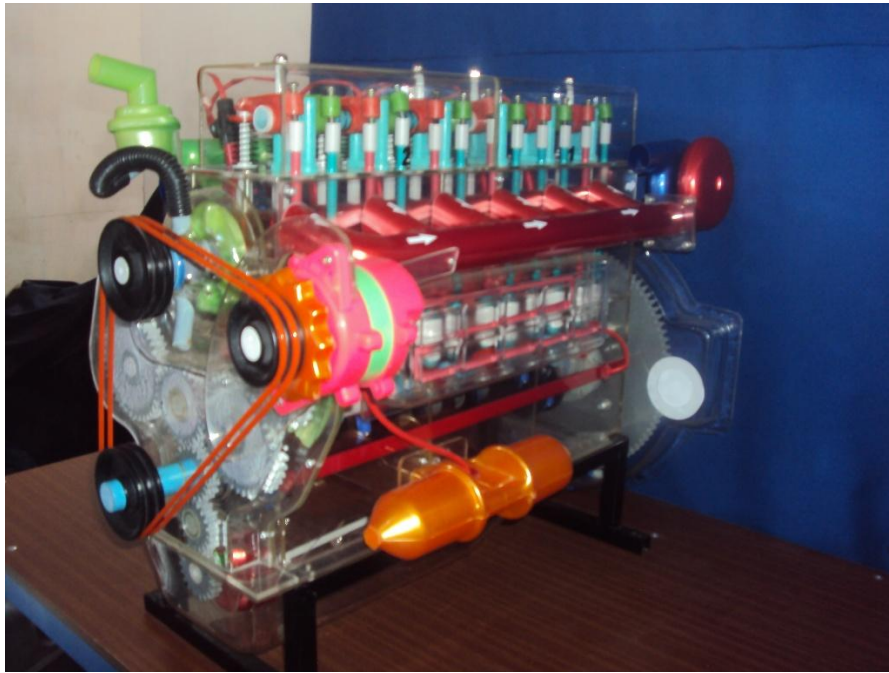
Figura 72. Colocando el MDF sobre la estructura



Fuente: Autores

Luego unir las dos estructuras por medio de tornillos, dando así mayor seguridad al banco didáctico.

Figura 73. Unión de las dos estructuras

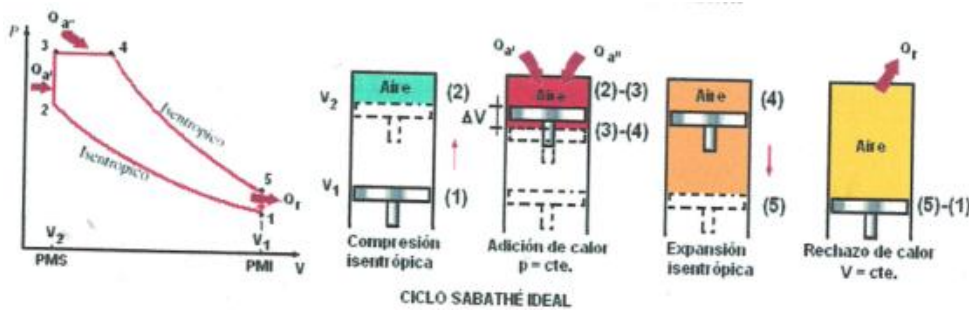


Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL CICLO SABATHÉ

Figura 74. Ciclo teórico de Sabathé para los motores diésel veloces

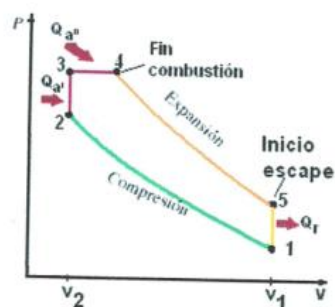


Fuente: Díaz, Termodinámica automotriz, pág. 148

El ciclo Sabathé que utilizan los motores diésel veloces, se encuentran instalados en los vehículos terrestres (camiones, automóviles) (DÍAZ, 2008).

Los diagramas indicadores de los motores diésel muestran que parte del combustible se quema a $V = \text{constante}$ y otra parte a $p = \text{constante}$. Dicha observación se condujo a la proporción del ciclo Sabathé:

Figura 75. Ciclo Sabathé



Fuente: Díaz, Termodinámica automotriz, pág. 148

1 – 2 *Compresión adiabática isentrópica* ($S = \text{cte}$)

2 – 3 *Suministro de calor a $V = cte$*

3 – 4 *Suministro de calor a $P = cte$*

4 – 5 *Expansión adiabática isentrópica ($S = cte$)*

5 – 1 *Rechazo de calor a $V = cte$*

1 – 2: *Compresión adiabática isentrópica ($S = cte$).*

Este proceso se desarrolla durante la compresión de aire adiabáticamente según (1–2) alcanzándose al final de esta compresión una temperatura T_2 (CHALLEN, 2000).

Como $s = cte$. Tenemos la relación p, v, t .

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1)$$

$T =$ *Temperatura*

$p =$ *presión*

$v =$ *volumen*

$$k = \frac{c_p}{c_v}$$

$c_p =$ *calor específico a $p = cte$.*

$c_v =$ *calor específico a $V = cte$.*

En donde φ es la relación de compresión:

$$\varphi = \frac{v_1}{v_2} \quad (2)$$

De la ecuación (1) despejar T_2 y remplazar φ :

$$T_2 = T_1(\varphi)^{k-1} \quad (3)$$

De la ecuación (1) despejar p_2 :

$$p_2 = p_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (4)$$

Para encontrar el v_1 , utilizar la ecuación de estado:

$$p_1 v_1 = RT_1 \quad (5)$$

R = Constante universal de los gases

De la ecuación (5) despejar v_1 :

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} \quad (6)$$

2 – 3 Suministro de calor a V = cte:

Se produce el suministro de calor a volumen constante (2-3), donde se obtiene Q'_a .

Como V = cte. Tenemos la relación p, T.

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} \quad (7)$$

La relación de combustión (τ):

$$\tau = \frac{p_3}{p_2} \quad (8)$$

De la ecuación (7) despejar T_3 y reemplazar la relación de combustión:

$$T_3 = T_2 \tau \quad (9)$$

Dividir la ecuación (9) para T_1 :

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (10)$$

De la ecuación (1) despejar T_2 :

$$T_2 = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} T_1 \quad (11)$$

Reemplazar la ecuación (11) en (10):

$$T_3 = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} T_1 \tau \quad (12)$$

Entonces:

$$T_3 = (\varphi)^{k-1} T_1 \tau \quad (13)$$

Para encontrar el v_2 , utilizar la ecuación de estado:

$$p_2 v_2 = RT_2 \quad (14)$$

Despejar v_2 de la ecuación (14):

$$v_2 = \frac{RT_2}{P_2} \quad (15)$$

Calor admitido (Q'_a):

$$Q'_a = mc_v(T_3 - T_2) \quad (16)$$

$m = \text{masa}$

3 – 4 Suministro de calor a $P = \text{cte}$

El suministro de calor se realiza a presión constante, consecuentemente existe una variación de volumen ΔV que implica la generación de trabajo W y una variación en la energía interna ΔU . (DIAZ, 2008)

Como $p = \text{cte}$. Tenemos la relación v , T .

$$\frac{v_3}{T_3} = \frac{v_4}{T_4} \quad (17)$$

De la ecuación (17) despejando T_3 :

$$T_3 = \frac{v_3}{v_4} T_4 \quad (18)$$

La relación de combustión (τ'):

$$\tau' = \frac{v_4}{v_3} = \frac{v_4}{v_2} \quad (19)$$

$$\tau' = 1.5 \text{ a } 1.6$$

Reemplazar la ecuación (19) en la (18):

$$T_3 = \frac{T_4}{\tau'} \quad (20)$$

De la ecuación (20) despejar T_4 :

$$T_4 = \tau' T_3 \quad (21)$$

De la ecuación (19) despejar v_4 :

$$v_4 = \tau' v_2 \quad (22)$$

Para encontrar el v_3 , utilizar la ecuación de estado:

$$p_3 v_3 = RT_3 \quad (23)$$

De la ecuación (23) despejar v_3 :

$$v_3 = \frac{RT_3}{P_3} \quad (24)$$

Calor admitido (Q_a''):

$$Q_a'' = mc_p(T_4 - T_3) \quad (25)$$

4 – 5 Expansión adiabática isentrópica ($S = \text{cte}$)

Desarrollada en el tiempo de expansión.

Como constantes tenemos la relación entre p , T , v .

$$\frac{T_4}{T_5} = \left(\frac{v_5}{v_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_4}{p_5}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (26)$$

De la ecuación (26), despejar p_5 en función del volumen:

$$p_5 = p_4 \left(\frac{v_4}{v_5} \right)^k \quad (27)$$

La relación de combustión (τ') :

$$\tau' = \frac{v_4}{v_3} \quad (28)$$

Despejar v_4 de la ecuación (27):

$$v_4 = \tau' v_3 \quad (29)$$

De la ecuación (26) despejar T_4 , en función de la presión:

$$T_4 = T_5 \left(\frac{p_4}{p_5} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (30)$$

De la ecuación (26) despejar T_5 , en función del volumen, en donde el $v_5 = v_1$:

$$T_5 = \frac{T_4}{\left(\frac{v_1}{v_4} \right)^{k-1}} \quad (31)$$

5 – 1 Rechazo de calor a $V = \text{cte}$

El calor rechazado Q_r .

$$Q_r = mc_v(T_5 - T_1) \quad (32)$$

Rendimiento térmico

Es la eficiencia con que el motor transforma el calor en trabajo mecánico.

$$n_t = \frac{Q_a - Q_r}{Q_a} = 1 - \frac{Q_r}{Q_a} \quad (33)$$

Donde:

Q_a : El calor admitido

Q_r : El calor rechazado

Como:

$$Q_a = Q'_a + Q''_a \quad (34)$$

$$Q_a = mc_v(T_3 - T_2) + mc_p(T_4 - T_3) \quad (35)$$

$$Q_r = mc_v(T_5 - T_1) \quad (36)$$

Reemplazando la ecuación (34) y (35) en la ecuación (33):

$$n_t = 1 - \frac{mc_v(T_5 - T_1)}{mc_v(T_3 - T_2) + mc_p(T_4 - T_3)} \quad (37)$$

Simplificando las masas y dividiendo para c_v al numerador y denominador de la ecuación (37):

$$n_t = 1 - \frac{(T_5 - T_1)}{(T_3 - T_2) + k(T_4 - T_3)} \quad (38)$$

1 – 2 Proceso a S = constante

De la ecuación (2) se tiene:

$$T_2 = T_1 \phi^{k-1}$$

2 – 3 Proceso a V = constante

De la ecuación (13) se tiene:

$$T_3 = T_1(\varphi)^{k-1} * \tau$$

3 – 4 Suministro de calor a P = cte

De la ecuación (18) despejar T_4 :

$$T_4 = \frac{v_4}{v_3} T_3 \quad (39)$$

La ecuación (13) y (28) reemplazar en la ecuación (39):

$$T_4 = T_1(\varphi)^{k-1} * \tau * \tau' \quad (40)$$

4 – 5 Expansión adiabática isentrópica (S = cte)

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_5}\right)^{k-1} \quad (41)$$

De la ecuación (41), despejar T_5

$$T_5 = T_4 * \left(\frac{v_4}{v_5}\right)^{k-1} \quad (42)$$

Donde $v_5 = v_1$

La ecuación (42), al volumen se divide para el v_2 :

$$\left(\frac{v_4}{v_2}\right)^{k-1}$$

De la ecuación (28), se tiene:

$$\frac{v_4}{v_2} = \tau'$$

De la ecuación (2), se tiene:

$$\frac{v_1}{v_2} = \varphi$$

La ecuación (28), (2) y (40) reemplazar en la ecuación (42):

$$T_5 = T_1(\varphi)^{k-1} * \tau * \tau' \left(\frac{\tau'}{\varphi}\right)^{k-1} \quad (43)$$

Reemplazar las ecuaciones (3), (13), (40) y (43) en el rendimiento térmico:

$$n_t = 1 - \frac{(T_1(\varphi)^{k-1} * \tau * \tau' \left(\frac{\tau'}{\varphi}\right)^{k-1} - T_1)}{(T_1(\varphi)^{k-1} * \tau - T_1 \varphi^{k-1}) + k(T_1(\varphi)^{k-1} * \tau * \tau' - T_1(\varphi)^{k-1} * \tau)} \quad (44)$$

Realizando operaciones algebraicas se obtiene:

$$n_t = 1 - \frac{1}{\varphi^{k-1}} * \frac{\tau(\tau')^k - 1}{(\tau-1) + k\tau(\tau'-1)} \quad (45)$$

5.1 Aplicación de las ecuaciones del ciclo Sabathé de un motor diésel

Un motor diésel veloz trabaja con una presión inicial de 0.1 Pa y 95°C de temperatura y tiene una relación de compresión 20. Recibe calor a $V = \text{cte}$ en una cantidad de 1450 Kj/Kg, mientras que la relación de combustión $\tau' = 1.4$ (DÍAZ, 2008).

Determinar:

- Todos los parámetros del ciclo
- El rendimiento térmico n_t del ciclo

Datos:

$$p_1 = 0.1 \text{ MPa} = 1.019 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$T_1 = 95^\circ\text{C} = 368^\circ\text{K}$$

$$\varphi = 20$$

$$q_a = 1450 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\tau' = 1.4$$

1 – 2: Compresión adiabática isentrópica (S = cte)

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

$$P_2 = P_1(\varphi)^k$$

$$P_2 = 1.019 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * (20)^{1.4}$$

$$P_2 = 67.55 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$T_2 = T_1(\varphi)^{k-1}$$

$$T_2 = 368^\circ\text{K}(20)^{1.4-1}$$

$$T_2 = 1219.72^\circ\text{K}$$

El volumen específico v_1 del proceso de compresión se calcula con la ecuación de estado de los gases.

$$p_1 v_1 = RT_1$$

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1}$$

$$v_1 = \frac{29.264 \frac{kgm}{kg^{\circ}K} * 368^{\circ}K}{1.019 \frac{kg}{cm^2} * \left(100 \frac{cm}{m}\right)^2}$$

$$v_1 = 1.056 \frac{m^3}{kg}$$

El v_2 se obtiene por la relación de compresión:

$$\varphi = \frac{v_1}{v_2}$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\varphi}$$

$$v_2 = \frac{1.056 \frac{m^3}{kg}}{20} = 0.0528 \frac{m^3}{kg}$$

2 – 3 Suministro de calor a $V = cte$:

$$v_2 = v_3 = 0.0528 \frac{m^3}{kg}$$

El calor específico admitido a volumen constante se expresa como:

$$q'_a = c_v(T_3 - T_2)$$

De donde despejamos T_3 :

$$T_3 = T_2 + \frac{q'_a}{c_v}$$

$$T_3 = 1219.72^\circ K + \frac{1450 \frac{kJ}{kg} * \frac{1 kcal}{4.1868 kJ}}{0.1714 \frac{kcal}{kg^\circ K}}$$

$$T_3 = 3240.29^\circ K$$

De acuerdo a la ley de Charles a volumen constante se tiene que:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

$$p_3 = 67.55 \frac{kg}{cm^2} * \left(\frac{3240.29^\circ K}{1219.72^\circ K} \right)$$

$$p_3 = 179.45 \frac{kg}{cm^2}$$

Utilizando la relación de combustión tenemos:

$$\tau = \frac{p_3}{p_2}$$

$$\tau = \frac{179.45 \frac{kg}{cm^2}}{67.55 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$\tau = 2.66$$

3 – 4 Suministro de calor a P = cte

$$p_3 = p_4 = 179.45 \frac{kg}{cm^2}$$

De acuerdo con la ley de Charles a presión constante se tiene:

$$\frac{v_3}{v_4} = \frac{T_3}{T_4}$$

$$T_4 = T_3 \frac{v_4}{v_3}$$

Dónde:

$$\tau' = \frac{v_4}{v_3} = 1.4$$

Por lo tanto:

$$T_4 = 3240.29 \text{ }^\circ\text{K} * 1.4$$

$$\mathbf{T_4 = 4536.41}^\circ\text{K}$$

El volumen específico v_4 se puede calcular como:

$$\tau' = \frac{v_4}{v_3}$$

$$v_4 = \tau' v_3$$

$$v_4 = 1.4 * 0.0528 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\mathbf{v_4 = 0.074} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

El calor específico q_a'' admitido durante el proceso de presión constante determina mediante:

$$q_a'' = c_p(T_4 - T_3)$$

$$q_a'' = 0.24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{K}} * (4536.41 - 3240.29)^\circ\text{K}$$

$$\mathbf{q_a'' = 311.07} \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

4 – 5 Expansión adiabática isentrópica ($S = \text{cte}$)

$$\frac{T_4}{T_5} = \left(\frac{v_5}{v_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_4}{p_5}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

Despejando la p_5 al final del proceso de expansión de los gases:

$$p_5 = p_4 \left(\frac{v_4}{v_5}\right)^k$$

Dónde:

$$v_5 = v_1 = 1.053 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$p_5 = 179.45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \left(\frac{0.074 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{1.053 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}\right)^{1.4}$$

$$p_5 = 4.36 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Despejando T_5 de las relaciones anteriores.

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_5}\right)^{k-1}$$

$$T_5 = T_4 \left(\frac{v_4}{v_5}\right)^{k-1}$$

$$T_5 = 4536.41^\circ\text{K} \left(\frac{0.074 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{1.053 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}\right)^{1.4-1}$$

$$T_5 = 1568.32^\circ\text{K}$$

5 – 1 Rechazo de calor a $V = cte$

Por consiguiente el calor específico rechazado será:

$$q_r = c_v(T_5 - T_1)$$

$$q_r = 0.1714 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ K} * (1568.32 - 368)^\circ K$$

$$q_r = 205.73 \frac{Kcal}{kg}$$

El rendimiento térmico ideal del ciclo de Sabathé:

$$n_t = 1 - \frac{1}{\varphi^{k-1}} * \frac{\tau(\tau')^k - 1}{(\tau - 1) + k\tau(\tau' - 1)}$$

Reemplazando valores en el rendimiento térmico y nos queda:

$$n_t = 1 - \frac{1}{20^{1.4-1}} * \frac{2.66(1.4)^{1.4} - 1}{(2.66 - 1) + 1.4 * 2.66(1.4 - 1)}$$

$$n_t = 0.716$$

CAPÍTULO VI

6. ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USUARIO, PLAN DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA

6.1 Manual de usuario

Este manual de usuario ha sido redactado para proporcionar información a los estudiantes y profesores, en donde se describe una guía para la correcta y segura utilización del banco didáctico. El mencionado documento debe ser conservado con cuidado por la persona responsable, para que la misma se encuentre siempre disponible y en el mejor estado de conservación para su consulta.

Antes de proceder a cualquier tipo de intervención el usuario debe leer atentamente este manual y prestar atención a cuantas sugerencias y recomendaciones se den en él, para así optimizar el rendimiento y darle una larga vida al banco.

El incumplimiento de las sugerencias y recomendaciones de este manual, así como la incorrecta utilización o la manipulación, puede causar daños materiales al banco.

6.1.2 *Limitaciones de uso.*

- No reemplazar el motorreductor por un motor de mayor potencia, debido a que las partes y piezas no van a soportar las velocidades a las que van a estar sometidas y puede ocasionar daños y desperfectos en el banco.
- No colocar ningún tipo de refrigerante o combustible, lo que puede ocasionar decoloración, desgaste en las partes y piezas. También evitar hacer pruebas de la cantidad de aire que puede aspirar ya que el material de la culata no va soportar y debido a eso se va a producir una ruptura.

- No desmontar el cigüeñal ni el árbol de levas, porque se colocó bases adheridas al bloque del motor para evitar el cascabeleo.
- No desmontar la piñonería de la distribución, ya que la misma está bien sujeta al bloque del motor, para evitar pérdidas de los piñones.

6.1.3 Normas de seguridad. Debido a las características del trabajo que se realiza en el motor de entrenamiento se puede provocar accidentes de diversa consideración, como electrocución, incendios, heridas graves, por lo que se han colocado señaléticas por seguridad del estudiante y del profesor sobre los peligros potenciales y explicar cómo actuar de forma segura. Estas señaléticas se reproducen en el presente documento para mejorar su identificación por parte de los mismos.

ATENCIÓN: PELIGRO

Riesgo de electrocución

No toque los cables ni las conexiones cuando el banco didáctico esté funcionando.

Desconecte el grupo electrógeno para proceder a las operaciones de mantenimiento.

Figura 76. Símbolo de seguridad



Fuente: Manual industrial

PELIGRO

Las piezas giratorias pueden causar heridas graves.

No haga funcionar el banco didáctico con la carcasa abierta.

Detenga el banco didáctico antes de proceder a cualquier operación de mantenimiento.

Llevar ropa de trabajo bien ajustada.

Figura 77. Símbolo de seguridad



Fuente: Manual industrial

6.1.4 *Seguridad general.*

- Utilizar equipos de protección personal adecuados como: Guantes, overol, gafas, para proteger o aislar las diferentes partes del cuerpo de un posible accidente.
- En caso de que alguna pieza presente daños visibles o no realice el movimiento correcto, suspender el uso del banco, hasta que el mismo se encuentre en buen estado.
- Utilice repuestos del mismo material y dimensiones, con el fin de evitar en el futuro posibles daños.
- Obedecer las limitaciones de uso, para evitar cualquier tipo de falla.
- Mantenga el área de trabajo limpia y sin elementos que perturbe el mismo.
- Colocar el seguro de las ruedas en el momento que el banco esta estacionario, con el fin de evitar choques o volcamiento del mismo.
- Transportar el banco con cuidado para evitar caídas que pueden causar daños.

6.1.5 *Descripción del equipo.* El objeto de esta documentación técnica de un MOTOR DIÉSEL 4 TIEMPOS FABRICADO EN POLECARBONATO, que simula la inyección y el movimiento de las partes y piezas como: tren alternativo, entre ella tenemos biela-pistón, cigüeñal, árbol de levas, conjunto de tapa válvulas, engranajes, poleas, etc. Es para que de esta manera faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje, dentro de un contexto

educativo, y estimulen la función de los sentidos para que los alumnos accedan con mayor facilidad a la información, adquisición de habilidades y destrezas.

El banco consiste en partes y piezas fabricadas en policarbonato macizo, PVC rígido, poliestireno de alto impacto, a una escala de 2:1 de un motor diésel real.

6.1.6 *Guía de usuario.* Para obtener un correcto funcionamiento del banco, se debe seguir con atención los pasos de la guía práctica de operaciones:

- Se debe colocar la estructura en un lugar que nos proporcione condiciones de trabajo ideales.
- Se debe tener una red eléctrica de 110V (AC), para alimentar los elementos eléctricos que conforman el banco didáctico
- Cerciorarse de que el interruptor se encuentren en la posición de apagado (OFF)
- Proceder a conectar el enchufe en el tomacorriente.
- Ubicar el interruptor general en la posición de encendido (ON)
- Verificar el funcionamiento correcto del banco didáctico
- Luego de haber revisado el funcionamiento se coloca el interruptor en posición (OFF), para detener el movimiento del motor, luego proceder a desconectar el paso de la red eléctrica.

6.1.7 *Recomendaciones de uso.* No utilizar el banco didáctico en funcionamiento a plena carga por más de 5 minutos. Ya que los componentes eléctricos y electrónicos pueden recalentarse y por ende dañarse, por ello se recomienda realizar la práctica lo más concentrado posible y evitar demoras en la misma.

6.1.8 *Pruebas mecánicas.* Es necesario realizar una inspección en algunos puntos correspondientes a la parte mecánica del motor de entrenamiento debido a que ayudará a encontrar fallas en el mismo.

- Movilidad del cigüeñal, conjunto biela-pistón. Se debe dar un movimiento manual giratorio a polea del cigüeñal, para verificar que no se encuentren trabados o pegado los mismos.

Figura 78. Comprobando el funcionamiento del cigüeñal y biela-pistón



Fuente: Autores

- Movilidad del conjunto culata y piñonería de la distribución, con el mismo movimiento efectuado en la prueba anterior podemos verificar su perfecto funcionamiento

Figura 79. Comprobando el funcionamiento del conjunto culata y piñonería



Fuente: Autores

6.1.9 Pruebas eléctricas. Estas pruebas constan en el control de continuidad y alimentación del sistema eléctrico del banco didáctico. En caso de que el motor de entrenamiento no funcione estas pruebas ayudarán a encontrar cual es la falla y proceder arreglar o a reemplazar el elemento eléctrico.

6.1.9.1 Pruebas de continuidad. Estas pruebas se realizan con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento del interruptor y cableado del sistema. Las mismas se deben realizar sin alimentación de energía.

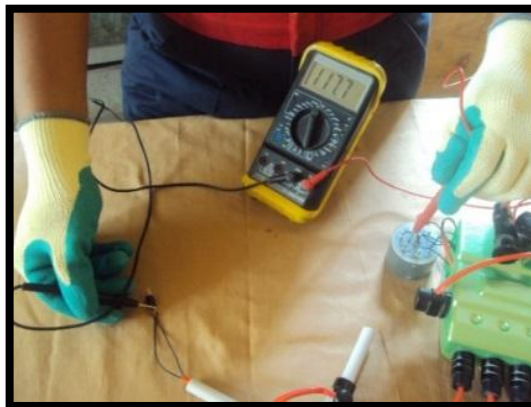
- Se verifica que el cable de alimentación y el cableado del simulador de inyección tengan continuidad, esto se lo realiza con la ayuda de un multímetro configurado para medir continuidad.

Figura 80. Comprobando continuidad en el cable de alimentación



Fuente: Autores

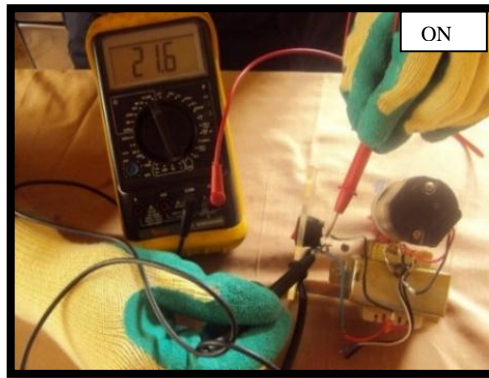
Figura 81. Comprobando continuidad en el cableado del simulador de inyección



Fuente: Autores

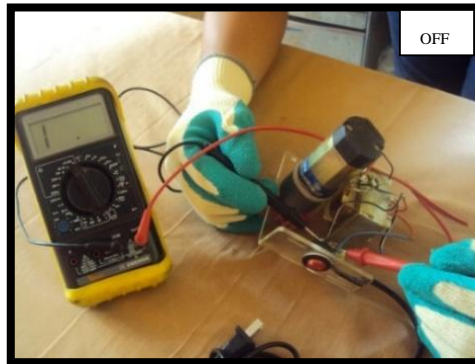
- En el interruptor se ubican los terminales del multímetro, para verificar que marque continuidad solo en la posición (ON), verificando su funcionamiento.

Figura 82. Comprobando continuidad en el pulsador



Fuente: Autores

Figura 83. Comprobando continuidad en el pulsador



Fuente: Autores

- En los cables de la entrada al transformador ubicar los terminales del multímetro, para verificar que marque continuidad.

Figura 84. Comprobando continuidad a la entrada del transformador



Fuente: Autores

- En los cables de entrada del motorreductor ubicar los terminales del multímetro, para verificar que marque continuidad.

Figura 85. Comprobando continuidad a la entrada del motorreductor



Fuente: Autores

6.1.9.2 Pruebas de alimentación y funcionamiento. Estas pruebas nos sirven para comprobar que los elementos eléctricos están alimentados con el voltaje correcto.

- El banco didáctico debe estar alimentado con 110V (AC) por medio del único enchufe que sale de él. Se debe ubicar los terminales del multímetro en la fuente con la escala de medida en voltaje de corriente alterna.
- En la entrada del transformador, se tiene que verificar el voltaje correcto, siendo éste 110V (AC).
- En la salida del transformador encargado de alimentar al motorreductor debe existir 24 V (DC) después del puente de diodos rectificadores. Para esto se debe utilizar el multímetro en la escala de medición de voltaje de corriente continua.
- En la segunda salida del transformador es encargado de alimentar a las lámparas con 12V (AC). Para esto se debe utilizar el multímetro en la escala de medición de voltaje de corriente alterna.

6.2 Plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO															
Partes y piezas mecánicas	Periodo por números de prácticas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Estructura					L/E					L/E					L/E
ELEMENTOS FIJOS DEL MOTOR															
Bloque del motor		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Culata		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Carter de aceite		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Colector de admisión y escape		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Tapa válvulas		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Carcasa del volante		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
TREN ALTERNATIVO															
Pistón		I		I	L	I		I		I/L		I		I	L
Biela		I		I	L	I		I		I/L		I		I	L
Cigüeñal		I		I	L	I		I		I/L		I		I	L
Poleas		I		I		I		I		I		I/A		I	
Bandas					I					I					I
Volante de inercia		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Piñonería de la distribución		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L		I/L	
Válvulas					L					L					L
Muelles															VL
Copela		I		I		I		I		I		I		I	
Chaveta					L					L					L
Árbol de levas		I		I		I		I	L	I		I		I	
Varilla del balancín		I		I		I		I		I		I		I	
Propulsores		I		I		I		I		I		I		I	
Balancín		I		I		I		I		I		I		I	
Eje de balancín		I		I		I		I		I		I		I	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN															

Tabla 15. Especificaciones de las iniciales

L/E	Limpiar y examinar estado de pintura
I/L	Inspeccionar y limpiar
I	Inspeccionar
L	Lubricar
I/A	Inspeccionar y alinear
VL	Verificar longitud
I/VV	Inspeccionar y verificar voltaje
I/VC	Inspeccionar y verificar continuidad.

Fuente: Autores

6.2.1 *Materiales para la lubricación y limpieza.* El lubricante a utilizar para el mantenimiento de las piezas móviles es: Liquid WRENCH Silicone Spray. (Products, 2013)

Figura 86. Liquid WRENCH Silicone Spray



Fuente: <http://liquidwrench.com/products/>

Porque presenta las siguientes características:

Tabla 16. Características del lubricante

Categoría:	Lubricante
Tipo:	Silicona
Tipo de fluido:	Lubricante
Tipo de contenedor:	Aerosol
Uso:	Lubricación universal (Caucho, madera, plástico, metal)
Proporciona una capa resbaladiza de protección	
Impermeabiliza partes	
Protege la vida útil de las superficies metálicas, plásticos, madera, caucho.	

Fuente: <http://liquidwrench.com/products/>

El líquido limpiador a utilizar es SONAX Autolinnen Reiniger

Figura 87. SONAX Autolinnen Reiniger



Fuente: <http://www.sonax.com>

Porque presenta las siguientes características:

Elimina radicalmente y sin atacar las superficies hasta las manchas más difíciles como grasa, aceite y manchas de alquitrán de revestimientos, cojines, tejidos, tejados de plástico y techos corredizos. Aporta un aroma fresco.

En caso de no encontrar este tipo de limpiador, utilizar uno que tenga las mismas características y propiedades para que de este modo no dañe el material del motor de entrenamiento.

6.2.2 *Costos de mantenimiento.* El precio de los materiales para la lubricación y la limpieza es: \$10. Su tiempo de duración total es de 72 prácticas, es decir un semestre. Despreciando el costo de mano de obra.

6.2.3 *Vida útil del banco de entrenamiento.* El tiempo de vida de los materiales utilizados en el banco de entrenamiento es aproximadamente de 10 a 15 años, siempre que se lo realice un mantenimiento preventivo para conservar la misma.

Los elementos que se encuentran en constante rozamiento como los engranajes o piñones, tendrán un mayor desgaste que los demás, los mismos que tienen un tiempo de vida aproximadamente de 1008 horas.

En cuanto a la vida útil de los elementos eléctricos es aproximadamente 10 años, siempre que se respete las indicaciones del manual de usuario.

6.2.4 *Mantenimiento correctivo.* En cuanto al mantenimiento correctivo una vez encontrado el desperfecto en el elemento se debe hacer el desmontaje y repararlo, esto se realizara siempre y cuando esto se lo permita, caso contrario sustituirlo por uno de las mismas características.

CAPÍTULO VII

7 COSTOS

Es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien o servicio. Según su aplicación tenemos que los costos se clasifican en costos directos y costos indirectos. (Eoi.es, 2007)

7.1 Costo directo

Los costos directos son aquellos que se pueden identificar en la “implementación del banco didáctico”, Estos costos corresponden a materiales, mano de obra, equipos y maquinarias comprometidas directamente con la ejecución del presente proyecto de tesis. (Eoi.es, 2007)

Tabla 17. Descripción de los costos directos

Descripción	Valor (\$)
Elementos fijos del motor	950
Tren alternativo	800
Sistema de lubricación	150
Sistema de alimentación	220
Sistema de refrigeración	83
Sistema de sobrealimentación	60
Sistema de encendido	45
Estructura metálica	180
Pdf	25
Pintura	15
Señalética	25
TOTAL:	2 553

Fuente: Autores

7.2 Costo indirecto

Son Costos de los recursos que participan en el proceso productivo de la “implementación del banco didáctico”; pero que no se incorporan físicamente al producto final. Estos Costos están vinculados al periodo productivo y no al producto terminado. (Eoi.es, 2007)

Tabla 18. Descripción de los costos indirectos

Descripción	Valor (\$)
Transporte	350
Impresiones	25
Internet	75
TOTAL:	450

Fuente: Autores

7.3 Costos totales

Es la suma de todos los costos que están asociados a la implementación del banco didáctico. (Eoi.es, 2007)

Tabla 19. Descripción de los costos totales

Descripción	Valor (\$)
Costos directos	2553
Costos indirectos	450
TOTAL:	3003

Fuente: Autores

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se logró entender de forma clara y precisa el funcionamiento de un motor diésel gracias al ensamblaje del banco didáctico.

Se elaboró las fichas técnicas de la adquisición de partes y piezas en policarbonato, poliestireno, (PVC) rígido de un motor diésel de 4 tiempos para su ensamblaje como banco didáctico.

Se construyó dos estructuras las cuales prestan movilidad y seguridad al motor diésel 4 tiempos.

Se estudió el ciclo Sabathé, para entender el comportamiento termodinámico de un motor diésel veloz.

Se realizó guía de usuario, práctica y plan de mantenimiento del banco para su óptimo funcionamiento y conservación.

Se ha cumplido con el objetivo principal de la implantación de un banco didáctico con un resultado satisfactorio, para que facilite la enseñanza y aprendizaje tanto de profesores y estudiantes, estimulando la función de los sentidos para acceder de manera fácil a la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes o destrezas.

8.2 Recomendaciones

Para hacer funcionar el banco didáctico se debe leer todas las instrucciones que se detallan minuciosamente en el manual de usuario.

Para realizar la práctica de laboratorio los estudiantes deberán seguir estrictamente el proceso indicado en la guía de práctica y no experimentar sin la autorización del instructor ya que podría producir alguna avería en el banco.

Se debe cumplir con todos los parámetros estipulados en el plan de mantenimiento del banco didáctico, ya que esto alargara su vida útil.

El banco didáctico solo debe usarse para fines educativos, no se debe permitir que los estudiantes jueguen o manipulen de forma inadecuada.

BIBLIOGRAFÍA

Aniq. 2010. Aniq. [En línea] Provinilo, 15 de Enero de 2010. [Citado el: 24 de Septiembre de 2013.] <http://www.aniq.org.mx/provinilo/index.asp>.

ARIAZ, Mario. 2004. *Manual de automóviles*. Madrid : Cte Inversiones Editoriales Dossat 2000, S.L, 2004. 84-89656-58-4.

BERNARD, Challen y RODICA, Baranescu. 2000. *Diesel engine*. London : Reed Educational and Professional Publishing Ltd and A.E Joyce, 2000. 0-7506-2176-1.

Bomba inyectora. 2013. Bomba Inyectora. [En línea] Tipo de bombas, 25 de Abril de 2013. [Citado el: 29 de Septiembre de 2013.] http://www.bombainyectora.es/tipos_de_bombas.html.

Bomba lineal.com. 2010. Bomba lineal. [En línea] Bombas de inyección lineal, 14 de Mayo de 2010. [Citado el: 2013 de Julio de 28.] <http://www.bombalineal6a.blogspot.com>.

CUESTA, Gabriel. 2003. *Camiones y vehículos pesados*. Madrid : CULTURAL, S.A, 2003. 84-8055-665-8.

DÍAZ, Rodrigo. 2008. *Termodinamica automotriz*. Riobamba : Aso. Esc. Ing. Zootécnia (ESPOCH), 2008.

Eoi. 2007. Eoi. [En línea] Costes directos e indirectos en finanzas, 2 de Noviembre de 2007. [Citado el: 5 de Diciembre de 2013.] http://www.eoi.es/wiki/index.php/Costes_directos_e_indirectos_en_Finanzas.

GERCHLER, Hellmut, BOHNER, Max y LEYER, Siegfried. 2000. *Tecnología del automóvil*. Barcelona : REVERTERÉ, S.A, 2000. DIN, VDE.

Km77. 2002. Km77. [En línea] Colector de escape y admisión, 13 de Marzo de 2002. [Citado el: 3 de Agosto de 2013.] <http://www.Km77.com/glosario/c/colectores.asp>.

Mecánica web. 2009. Mecánica web. [En línea] Intercooler, 12 de Octubre de 2009. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.] <http://www.oocities.org/mecanicaweb/cl1.htm>.

Products. 2013. Liquid wrench. [En línea] Products, 15 de Septiembre de 2013. [Citado el: 2 de Diciembre de 2013.] <http://www.liquidwrench.com/products/>.

Tecnología de plasticos. 2011. Tecnología de plasticos. [En línea] Policarbonato, 13 de Junio de 2011. [Citado el: 30 de Julio de 2013.] <http://www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/policarbonato.htm>.

Wikipedia. 2013. Wikipedia. [En línea] Termoplástico, 29 de Noviembre de 2013. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.] <http://www.wikipedia.org/wiki/termoplástico>.

ANEXOS



GUÍA DE PRÁCTICA





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Práctica N° 1

Tema: Operación del banco didáctico de un motor diésel 4 tiempos ciclo Sabathé.

Objetivos:

Objetivo general

- Que los estudiantes de la Facultad de Mecánica se familiaricen con las partes y piezas, describan el funcionamiento, así también apliquen técnicas para desensamblar y ensamblar un motor didáctico.

Objetivos específicos:

- Analizar el funcionamiento de un motor diésel 4 tiempos.
- Determinar la ubicación de las diferentes partes y piezas mecánicas, eléctricas.
- Identificar cada uno de las partes y piezas del banco.
- Ensamblar y desensamblar las diferentes partes y piezas del motor de entrenamiento.

Fundamento teórico

El estudiante debe investigar sobre la constitución, principio de funcionamiento y como ensamblar, desensamblar un motor diésel, para facilitar la utilización del banco didáctico.

Esta información se lo puede encontrar en el capítulo del marco teórico de esta tesis.

Equipos y materiales a utilizarse:

- Banco didáctico
- Libreta de apuntes
- Bolígrafo
- Destornillador de estrella

TREN ALTERNATIVO	FUNCIONAMIENTO
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	FUNCIONAMIENTO
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	FUNCIONAMIENTO
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	FUNCIONAMIENTO
SOBREALIMENTACIÓN	FUNCIONAMIENTO
SISTEMA DE ARRANQUE	FUNCIONAMIENTO

Conclusiones:

ANEXO B

Características del material utilizado para la construcción de las estructuras.



■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Normal: 6 m
Recubrimiento: Negro o Galvanizado
Dimensiones: Desde 3/4 a 4 plg
 (20 x 20) a (100 x 100) mm
Espesores: Desde 1.5 a 4 mm
Calidad del Acero: JIS G3132 SPHT-1
 ASTM A 569
Observaciones: Otros largos previa consulta



■ NORMA INTERNA

Tolerancia Dimensional:
 3/4" (20 x 20) - 4" (100 x 100) ±0.30 mm
Variación Longitud: -0
 +10
Rectitud: 0.4% de longitud (máximo)
Radio máximo: 3 veces el espesor

Designación	DIMENSIONES			PESO	AREA	PROPIEDADES		
	B	e	P			EJES X-X e Y-Y		
Plg	mm	mm	Kg/6m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74	
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72	
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95	
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92	
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15	
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12	
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56	
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53	
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48	
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97	
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94	
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89	
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.68	6.22	2.23	
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.35	
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.30	
3	75	2.0	27.00	5.74	50.47	13.46	2.97	
		3.0	39.60	8.41	71.54	19.08	2.92	
		4.0	51.54	10.95	89.98	24.00	2.87	
4	100	2.0	36.42	7.74	122.99	24.60	3.99	
		3.0	53.76	11.41	176.95	35.39	3.94	
		4.0	70.38	14.95	226.09	45.22	3.89	

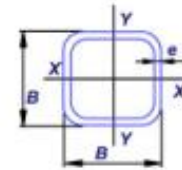
■ APLICACIONES

Usos Estructurales

- Columnas de estructuras
- Estructuras para techos de vidrio
- Cerramientos
- Portones
- Postes de señalización

Otros usos

- Carrocerías
- Muebles metálicos
- Máquinas para gimnasio
- Casetas de guardanía
- Estructuras para letreros
- Estructuras metálicas
- Maquinaria industrial
- Remolques



■ NOMENCLATURA

A= Área de la selección transversal del tubo, cm² **W**= Módulo resistente de la sección, cm³
I= Momento de Inercia de la sección, cm⁴ **i**= Radio de giro de la sección, cm

ANEXO C

Especificaciones del electrodo 6011

E6010

AWS A5.1 Clase E6010

DESCRIPCIÓN

El USA 6010 es un electrodo revestido alto contenido de celulosa, diseñado para proporcionar un arco uniforme y estable con suficiente fuerza para lograr una penetración profunda dentro del metal base. Este electrodo muestra una gran eficiencia de deposición y poca pérdida por salpicadura. Produce un charco de soldadura que se humedece y distribuye bien, mientras que se fija con suficiente rapidez para hacer que este electrodo sea ideal para técnicas de soldadura vertical hacia arriba o hacia abajo. Los electrodos USA 6010 producen un cordón plano de soldadura con ondulaciones gruesas y una escoria delgada de fácil remoción. Los electrodos USA 6010 pueden utilizarse en posiciones planas, horizontales, verticales o elevadas.

APLICACIONES TÍPICAS

Los electrodos USA 6010 se utilizan más comúnmente para las soldaduras fuera de posición tales como en la construcción en el campo, los asfiteros, torres de agua, recipientes a presión, tuberías a presión, piezas de acero fundido, tanques simples de almacenaje y de acero galvanizado, etc.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.100	P	0.014
Mn	0.470	S	0.012
Si	0.200		

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO DE LA SOLDADURA (según la soldadura)	
Límite elástico (psi)	61,000
Resistencia a la tensión (psi)	70,000
Alargamiento a 2" (%)	30
Puede Charpy con muestra en V a -30°F (pes por lib.)	36
Reducción de área (%)	60

TAMAÑOS DISPONIBLES Y CORRIENTES RECOMENDADAS (DC+)

Diám. (pulg.)	3/32		1/8		5/32		3/16		7/32		1/4	
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Longitud (pulg.)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Amperios	60-80	80-120	110-160	150-200	180-210	190-240						
Voltios	60-70	70-110	110-150	130-170	130-190							

E6013

AWS A5.1 Clase E6013

DESCRIPCIÓN

Los electrodos USA6013 revestido de un alto contenido de dióxido de titanio o titanio produce depósitos de soldadura mucho más uniformes y planos que los que los del USA 6012. Este electrodo se diseñó principalmente para brindar una buena humedad y una penetración superficial para las aplicaciones con hojas delgadas de metal (utilizando electrodos de un diámetro menor), aunque con suficiente penetración para soldar el acero de un grosor mediano. Por consiguiente, el USA 6013 es un electrodo para todo propósito que brinda un arco suave y uniforme que se regenera fácilmente, un control fácil de la escoria cuando la soldadura se hace verticalmente y hacia abajo, y una bella apariencia del cordón de la soldadura. Los electrodos USA 6013 pueden utilizarse en cualquier posición con corriente alterna o directa (polaridad directa o invertida).

APLICACIONES TÍPICAS

El USA 6013 se utiliza comúnmente para carrocerías automotrices, marcos y carrocerías de camiones, ornamentos de fierros, muebles de metal, implementos agrícolas, tanques de almacenaje, o dondequiera que la apariencia sea importante o deseable.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.070	Mn	0.450	Si	0.320
P	0.014	S	0.008		

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO DE SOLDADURA (según la soldadura)	
Límite elástico (psi)	63,000
Resistencia a la tensión (psi)	70,000

E6011

AWS A5.1 Clase E6011

DESCRIPCIÓN

Los electrodos USA 6011 tienen las mismas características que los USA 6010; sin embargo, a diferencia del USA 6010, este electrodo puede utilizarse con soldadores pequeños de corriente alterna, así como los tipos de corriente directa. Los electrodos USA 6011 con alto contenido de celulosa brindan una estabilidad de arco excelente, una ductilidad aumentada, una eficiencia alta de deposición y poca salpicadura. Este electrodo combina una fuerza meda de arco con una solidificación rápida del metal de soldadura que permite posiciones de soldadura verticales o elevadas, así como planas y horizontales. El USA 6011 es especialmente apropiado para soldar donde hay poco ajuste en las ranuras y acero oxidado o aceros.

APLICACIONES TÍPICAS

El USA 6011 se utiliza comúnmente como un electrodo para todo propósito para talleres de chapistería de automóviles y el equipo agrícola de acero suave. Otros usos pueden incluir los asfiteros, puentes, calderas, barcasas, vagones de ferrocarril, tuberías, marcos de camiones, recipientes a presión, tanques de almacenaje y acero galvanizado.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.100	Mn	0.580	Si	0.370
P	0.015	S	0.013		

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO DE SOLDADURA (según la soldadura)	
Límite elástico (psi)	63,000
Resistencia a la tensión (psi)	72,000
Alargamiento a 2" (%)	29.20
Puede Charpy con muestra en V, a -30°F (pes por lib.)	36
Reducción de área (%)	60

TAMAÑOS DISPONIBLES Y CORRIENTES RECOMENDADAS (AC o DC+)

Diám. (pulg.)	3/32		1/8		5/32		3/16		7/32		1/4	
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Longitud (pulg.)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Amperios	60-90	80-120	130-170	170-210	170-220	200-230						
Voltios	60-75	70-110	110-150	130-170	140-200							

E6027

AWS A5.1 Clase E6027

DESCRIPCIÓN

El USA 6027 es un electrodo de polvo de acero pesado, revestido con óxido de hierro y desarrollado para brindar una eficiencia máxima de deposición y penetración profunda a velocidades mayores. Es particularmente apropiada para soldar juntas planas y de ranura profunda, así como soldaduras horizontales a tope y en ángulo. Los depósitos de soldadura con USA 6027 muestran una ductilidad excepcional, resistencia alta al impacto y una fácil remoción de la escoria. Este electrodo proporciona una operación fácil y una capacidad excelente para arrancar nuevamente, lo que lo hace apropiado para la soldadura intermitente. El USA 6027 puede utilizarse con corriente alterna o corriente directa (polaridad directa o invertida).

APLICACIONES TÍPICAS

Los electrodos USA 6027 se utilizan para soldar cascos de barcos, puentes, aceros estructurales, vagones de ferrocarril, equipo de movimiento de tierra y recipientes a presión o tuberías que se han colocado en posición para la soldadura horizontal.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.050
Mn	0.850
Si	0.350
P	0.021
S	0.009

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO DE SOLDADURA (según la soldadura)	
Límite elástico (psi)	60,000
Resistencia a la tensión (psi)	70,000
Alargamiento a 2" (%)	31.5

E6012

AWS A5.1 Clase E6012

DESCRIPCIÓN

Los electrodos USA 6012 revestidos de alta titanio se desarrollaron para utilizarse en secciones delgadas y juntas de ajuste difícil donde se requiere una penetración superficial. Este electrodo produce un arco tranquilo con suficiente fuerza para evitar la acumulación de escoria durante la soldadura vertical hacia abajo. Los electrodos 6012 producen depósitos lisos y uniformes con poca salpicadura y poca porosidad. La eficiencia máxima de deposición se logra aún con corrientes y velocidades mayores en las placas gruesas y las delgadas. Los electrodos USA 6012 pueden utilizarse en cualquier posición.

APLICACIONES TÍPICAS

El USA 6012 se utiliza para soldar marcos de acero de ventanas, acero en hojas, muebles de metal, vagones de carga de ferrocarril, automóviles, barcos, barcasas, material rodante de ferrocarril, tuberías, piezas fundidas y tanques. Es un electrodo excelente que se puede utilizar para la soldadura de recubrimiento de juntas de empalme en ángulo de tanques.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.090
Mn	0.480
Si	0.260
P	0.014
S	0.013

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO DE SOLDADURA (según la soldadura)

Límite elástico (psi)	61,000
Resistencia a la tensión (psi)	70,000
Alargamiento a 2" (%)	26
Puede Charpy con muestra en V a 32°F (pes por lib.)	65
Reducción de área (%)	40

TAMAÑOS DISPONIBLES Y CORRIENTES RECOMENDADAS (AC o DC+)

Diám. (pulg.)	3/32		1/8		5/32		3/16		7/32		1/4	
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Longitud (pulg.)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Amperios	65-100	85-130	110-160	180-220	200-260	210-280						
Voltios	65-100	85-130	100-150	120-190	140-190							

E7010-A1

AWS A5.5 Clase E7010-A1

DESCRIPCIÓN

El USA 7010-A1 es un electrodo con alto contenido de celulosa desarrollado específicamente para soldar líneas de tuberías. Aunque este electrodo puede utilizarse en cualquier posición, se presta mejor para la soldadura vertical hacia arriba o hacia abajo. El USA 7010-A1 rinde un arco fuerte con penetración profunda, produciendo un charco de soldadura que se humedece y se distribuye bien, con una solidificación rápida. Los depósitos de soldadura son de calidad de rayos X, con resistencias a la tensión de 70,000 libras por pulgada cuadrada que contienen 1/2% Mn. Los electrodos 7010-A1 pueden utilizarse con corriente alterna o directa (polaridad invertida).

PRECALENTAMIENTO

Se recomienda un precalentamiento a 300-575°F se recomienda al soldar aceros con carbono-molibdeno. La temperatura exacta de precalentamiento dependerá las características del grosor y enturecido de la pieza del trabajo.

APLICACIONES TÍPICAS

Los electrodos USA 7010-A1 se utilizan comúnmente para soldar tuberías de carbono-molibdeno para servicio al vapor con presiones y temperaturas altas y formas, placas y piezas estructurales fundidas, con un contenido de 1/2% de Mn.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.090
Mn	0.430
Si	0.140
P	0.490
S	0.010