



Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Ingeniería Marítima

Trabajo de titulación

Modalidad Proyecto Técnico

**Cálculo, diseño y construcción de una máquina de pruebas para inyectores
electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales.**

Autores:


Alonzo Cagua Richard Jordano

Empuño Briones Hugo Rene

Tutor académico: Ing. Folke Zambrano Vera

Manta – Ecuador

Julio 2024

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Alonzo Cagua Richard Jordano, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024(1), cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “Cálculo, Diseño y Construcción de un banco de pruebas para inyectores electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.


Manta, 29 de Julio de 2024.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:
FOLKE ZAMBRANO VERA

Ing. Folke Zambrano Vera
Docente Tutor
Ingeniería, Industria y Arquitectura

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Empuño Briones Hugo Réne, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024(1), cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “Cálculo, Diseño y Construcción de un banco de pruebas para inyectores electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 29 de Julio de 2024.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:
FOLKE ZAMBRANO VERA

Ing. Folke Zambrano Vera
Docente Tutor
Ingeniería, Industria y Arquitectura

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Alonzo Cagua Richard Jordano y Empuño Briones Hugo Rene, declaramos ser los autores del presente trabajo de titulación: **“Cálculo, diseño y construcción de una máquina de pruebas para inyectores electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales”**, siendo el Ingeniero Folke Zambrano Vera, tutor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. "Además, certifico que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de mi exclusiva responsabilidad."

Adicionalmente cedo los derechos de este trabajo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación.

Alonzo Cagua Richard Jordano

AUTOR

Empuño Briones Hugo Rene

AUTOR

Ing. Folke Zambrano Vera

TUTOR

Manta, agosto de 2024

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Ingeniería Marítima

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto técnico, titulado: **“Cálculo, diseño y construcción de una máquina de pruebas para inyectores electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales”** elaborado por los egresados **Alonzo Cagua Richard Jordano** y **Empuño Briones Hugo Rene**

Ing. Israel Terán Lozano

Ing. Anderson Buitrón Flores

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida. También, a mis amigos y mentores, quienes con su sabiduría y compañía han sido una fuente constante de inspiración y motivación.

Alonzo Cagua Richard Jordano

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante, y a mi novia Emily cuya inspiración y motivación han sido fundamentales en mi vida

Empuño Briones Hugo Rene

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de esta tesis. A mis padres, por su amor incondicional, apoyo emocional, y sacrificios para brindarme una educación de calidad. Sin su confianza y ánimo constante, este logro no habría sido posible. También quiero agradecer a mis amigos y colegas, por su compañía y palabras de aliento en los momentos difíciles. Su amistad ha sido una fuente constante de motivación.

Alonzo Cagua Richard Jordano

Quisiera expresar mis agradecimientos en primer lugar a mi padre que estuvo presente siempre con sus conocimientos y apoyo, que siempre me extendió su mano para lograr cualquier cosa que me propusiera. A mi madre que sé que desde donde este siempre estuvo cuidándome y apoyándome en las largas noche de estudio y en los momentos más difíciles. A mi novia por su apoyo a lo largo de estos años que a pesar de que existieron momentos en que pensé rendirme estuvo ahí para alentarme y evitarme caer. A mis familia y amigos. Para finalizar al profesorado y sobre todo a nuestro asesor que gracias a su guía durante este proyecto lo hizo posible.

Empuño Briones Hugo Rene

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla el cálculo, diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales. Este proyecto surge de la necesidad de contar con una herramienta asequible e innovadora que permita evaluar el diseño y rendimiento de los inyectores en sistemas convencionales a gasolina y Diésel, especialmente en la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Con el fin de lograr el objetivo se consultó diversas fuentes bibliográficas y se consultó con diversos ingenieros y especialistas en la materia. La máquina de pruebas de inyectores consta de un diseño que está enfocado en lograr un modelo que no solo sea económico y asequible, sino que también sea eficiente y preciso en sus mediciones. Para esto el primer paso fue seleccionar una tarjeta electrónica que genere los pulsos para la inyección de los inyectores, esta tarjeta es importante para el proyecto ya que permite simular las condiciones de trabajo de los inyectores y poder evaluar su rendimiento. Posterior a esto se construyó la máquina de inyectores que incluye la instalación de un estante con probetas graduadas para mediciones exactas de las cantidades de combustible inyectado. En la parte de las pruebas de inyección Diésel se usó una bomba de inyección 6BGL-2 que es movida por medio de un motor trifásico de 3 HP. Para la inyección electrónica a gasolina se usaron diversos componentes como bombas de combustible, medidores de presión y una placa que permita configurar los parámetros necesarios para simular los entornos de trabajo. Esta máquina de pruebas de inyectores permitirá a los estudiantes y profesor simular análisis detallados del funcionamiento de los inyectores.

Palabras Clave: Inyectores, bomba de inyección, máquina de pruebas, generador de pulsos.

ABSTRACT

The present work develops the calculation, design, and construction of a test bench for electronic and mechanical injectors in conventional systems. This project arises from the need for an affordable and innovative tool to evaluate the design and performance of injectors in conventional gasoline and Diésel systems, especially at the Faculty of Maritime Engineering of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. To achieve this objective, various bibliographic sources were consulted, and advice was sought from engineers and specialists in the field. The injector test machine features a design focused on achieving a model that is not only economical and affordable but also efficient and precise in its measurements. The first step was to select an electronic board that generates pulses for injector operation. This board is crucial for the project as it allows for simulating the working conditions of the injectors and evaluating their performance. Subsequently, the injector test machine was constructed, including the installation of a rack with graduated cylinders for precise measurement of the injected fuel quantities. For Diésel injection tests, a 6BGL-2 injection pump driven by a three hp three-phase motor was used. For electronic gasoline injection, various components such as fuel pumps, pressure gauges, and a board that allows configuring the necessary parameters to simulate working environments were used. This injector test machine will enable students and professors to conduct detailed analyses of injector operation.

Keywords: Injectors, injection pump, test bench, pulse generator.

Contenido

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	IV
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	4
PROPUESTA TÉCNICA.....	5
OBJETIVOS.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
1. CAPÍTULO I: Marco Teórico.....	7
1.1 Inyección.....	7
1.2 Tipos de Inyectores.....	8
1.3 Inyectores Mecánicos Diésel.....	9
1.3.1 Estructura interna de los inyectores mecánicos Diésel.	9
1.3.2 Inyector de espiga o tetón.....	11
1.3.3 Inyectores de orificio.....	12
1.3.3.1 Tipos de inyectores de orificio.....	14
1.3.3.1.1 Inyectores de taladro Ciego	14
1.4 Sistemas de inyección Diésel.....	17

1.4.1	Requerimiento del sistema de inyección de combustible.....	18
1.4.1.1	Medir	18
1.4.1.2	Tiempo.....	18
1.4.1.3	Presurización.....	18
1.4.1.4	Atomización.....	18
1.5	Generación de pulsos electrónicos.....	19
1.5.1	Resistor.....	20
1.5.2	Circuito Integrado 555.....	21
1.5.3	Funcionamiento como Oscilador	21
1.5.4	Resistencias Variables.....	23
1.5.5	Condensador	23
1.6	Banco de pruebas de inyectores	24
1.7	Bombas de inyección en línea.....	25
1.7.1	Funcionamiento de la bomba de inyección lineal.....	27
1.7.1.1	Proceso de alimentación	27
1.7.1.2	Ciclo de inyección.....	28
1.7.1.3	Regulación y control	29
1.8	Manómetro de Presión	30
1.8.1	Manómetros Bourdon.....	30
1.9	Inyectores a gasolina.....	32
1.9.1	Solenoides	33
1.9.2	Resistencia de los inyectores	33

1.9.3	Ventajas de la inyección de gasolina	34
1.10	Bomba de Gasolina Eléctrica	35
1.10.1	Funcionamiento de la bomba de gasolina eléctrica.....	35
1.11	Electroválvulas	37
1.11.1	Tipos de electroválvulas	38
1.11.1.1	Electroválvula 2/2 Vías Monoestable.....	38
1.11.1.2	Electroválvula 3/2 Vías Monoestable.....	39
1.11.1.3	Electroválvula 4/2 Vías Monoestable.....	39
1.11.1.4	Electroválvula 5/2 vías monoestables.....	40
1.11.1.5	Electroválvula 5/2 vías biestable	40
1.12	Pruebas de inyectores.....	41
1.12.1	Fallas en los inyectores.....	41
1.12.1.1	Pulverización Correcta.....	41
1.12.1.2	Abanico con goteo y mala atomización.....	42
1.12.1.3	Inyector con obstrucción.....	42
1.12.1.4	Inyector con mala pulverización por baja presión.....	42
1.12.2	Tipos de prueba para los inyectores	42
1.12.2.1	Prueba de estanqueidad.....	42
1.12.2.2	Prueba de atomizado.....	43
1.12.2.3	Prueba de flujo de combustible	43
1.13	Contactador Electromagnético	43
1.13.1	Partes principales de un contactador.....	44

1.13.1.1	Electroimán	44
1.13.1.2	Contactos principales.....	44
1.13.1.3	Contactos Auxiliares.....	45
1.14	Disyuntor.....	45
1.14.1	Funcionamiento de un disyuntor.....	46
1.14.2	Dimensionamiento	46
1.14.2.1	Amperaje del dispositivo	46
1.14.2.2	Factor de seguridad.....	46
1.14.2.3	Consumo de amperaje de los dispositivos	47
1.15	Controlador Lógico Programable (PLC)	47
1.15.1	Partes de un PLC.....	48
1.15.1.1	Unidad de Procesos Centrales (CPU).....	48
1.15.1.2	Memorias	48
1.15.1.3	Entradas y salidas	49
1.15.2	Funcionamiento de un PLC	50
1.15.2.1	Lectura de entradas.....	50
1.15.2.2	Ejecución del programa	50
1.15.2.3	Actualización de salidas	50
1.16	Motores Eléctricos de corriente alterna	51
1.16.1	Estructura de un motor eléctrico	52
1.16.1.1	Estator (Elemento Fijo)	52
1.16.1.2	Rotor (Elemento móvil).....	52

CAPÍTULO II: Cálculo y diseño	54
2.1 Circuitos eléctricos	54
2.1.1 Consideraciones primordiales para el diseño de los circuitos eléctricos.	54
2.1.2 Control del sistema.....	54
2.1.3 Diseño del circuito de control de la inyección mecánica	55
2.1.4 Diseño del circuito de potencia de la inyección mecánica	56
2.1.4.1 Cálculo para el dimensionamiento del circuito de potencia	56
2.1.4.1.1 Cálculo para selección del Breaker	56
2.1.5 Diseño del circuito de la inyección electrónica	58
2.1.5.1 Diseño de la tarjeta electrónica	58
2.1.5.1.1 Cálculo para la tarjeta electrónica	59
2.1.6 Diseño del circuito de control de la tarjeta electrónica	61
2.2 Diseño del tablero de control.....	62
2.3 Diseño de la mesa.....	62
2.4 Diseño del sistema de drenado	63
2.5 Selección de la bomba de combustible.	63
2.5.1 Diseño del circuito para la bomba de combustible	64
2.6 Cálculo y diseño del riel de combustible.	64
CAPÍTULO III: Construcción	67
3.1 Elaboración de la mesa de trabajo.....	67
3.2 Elaboración de la tarjeta electrónica.....	68
3.3 Elaboración del cableado del circuito de control.....	70

3.4	Ensamblaje de las probetas en la mesa	71
3.5	Sistema de drenaje de combustible	72
3.6	Ensamblaje de la bomba de inyección	73
3.7	Ensamblaje de motor eléctrico	74
3.8	Sistema de combustible.....	75
CAPITULO IV: Análisis y Resultados		76
4.1	Pruebas en inyectores electrónicos a gasolina.....	76
4.1.2	Análisis de los resultados obtenidos prueba #1	78
4.1.3	Análisis de los resultados obtenido prueba #2.....	79
4.1.4	Análisis y recomendación generales	80
4.2	Pruebas en inyectores mecánicos Diésel.....	80
4.1.1	Análisis de los resultados obtenidos	82
4.1.2	Análisis y recomendaciones generales	82
Conclusiones y Recomendaciones		84
Conclusiones		84
Recomendaciones		86
Bibliografía		87
ANEXOS		91
Anexo A: Componentes y herramientas.....		91
Anexo B: Diseño		93
Anexo C: Construcción		98
Anexo D: Manual de uso y mantenimiento		101
Instalación.....		101

Requisitos del lugar.....	101
Proceso de instalación.....	102
Seguridad.....	102
Operación.....	102
Antes de su uso.....	102
Procedimiento de Prueba para Inyectores Mecánicos	103
Procedimiento de prueba para inyectores electrónicos a gasolina	104
Mantenimiento	105
Polea y banda	105
Motor eléctrico	105
Chumaceras.....	106
Tablero de control.....	106
Bomba de inyección y cañerías	106

Índice de figuras

Ilustración 1 Estructura interna de un inyector Diésel	9
Ilustración 2 A. Tobera de Teton. B. Aspecto de chorro de una tobera de Teton estrangulado	11
Ilustración 3 Inyector de Espiga o tetón.....	12
Ilustración 4 Posición del inyector de orificios en la cámara de combustión.....	13
Ilustración 5 A. Tobera de orificios. B. Aspecto del chorro de una tobera de orificios .	14
Ilustración 6 Inyector de taladro ciego.....	14
Ilustración 7 Inyector con taladro cilíndrico (7) y casquete redondo (6)	15
Ilustración 8 Inyector con taladro ciego cilíndrico (7) y casquete cónico (13)	15
Ilustración 9 Inyector con taladro ciego cónico (14) y casquete cónico (13).....	16
Ilustración 10 Inyector de taladro en asiento	16
Ilustración 11 Asiento del cuerpo de la tobera (1) Agujero de inyección (2) Taladro Ciego (3).....	17
Ilustración 12 Tipo de atomización de los inyectores según su ángulo de atomización	19
Ilustración 13 Gráfico de Onda Cuadrada	20
Ilustración 14 Simbología del Resistor.....	20
Ilustración 15 Estructura interna del CI 555 (Macos Garcia. L, 2014).....	21
Ilustración 16 Oscilador de Onda Cuadrada (Macos Garcia. L, 2014).....	22
Ilustración 17 Onda cuadra del oscilador	22
Ilustración 18 Resistencia Variable.....	23
Ilustración 19 Condensador	24
Ilustración 20 Banco de pruebas de inyectores.....	25
Ilustración 21 Bomba de inyección en línea.....	26
Ilustración 22 Bomba de inyección en línea tipo "P"	27

Ilustración 23 Funcionamiento de una bomba de inyección lineal.....	28
Ilustración 24 Esquema básico de una bomba de inyección en línea	28
Ilustración 25 Fases de funcionamiento de sistema de bombeo	29
Ilustración 26 Sentido de giro para el aumento del caudal de inyección de combustible.	30
Ilustración 27 Manómetro Bourdon.....	31
Ilustración 28 Estructura interna de un manómetro Bourdon.....	31
Ilustración 29 Inyector a gasolina	33
Ilustración 30 Bomba de gasolina eléctrica	35
Ilustración 31 Estructura de la bomba de gasolina eléctrica.....	36
Ilustración 32 Diferentes tipos de electroválvulas.	37
Ilustración 33 Electroválvula 2/2 Vías	38
Ilustración 34 Electroválvula 3/2 Vías	39
Ilustración 35 Electroválvula 4/2 Vías	39
Ilustración 36 Electroválvula 5/2 vías	40
Ilustración 37 Electroválvula 5/2 vías biestable	40
Ilustración 38 Patrones de inyección.....	41
Ilustración 39 Contactor Electromecánico Trifásico.....	44
Ilustración 40 Partes de un contactor	44
Ilustración 41 Disyuntor Trifásico	45
Ilustración 42 PLC LOGO.....	47
Ilustración 43 Arquitectura del PLC	48
Ilustración 44 Interfaz de entrada.....	49
Ilustración 45 Interfaz de salida.....	49
Ilustración 46 Motor Eléctrico Trifásico	51

Ilustración 47 Estator de motor eléctrico.....	52
Ilustración 48 Relé Programable LOGO	54
Ilustración 49 Circuito de control de inyección mecánica.....	55
Ilustración 50 Curvas de disparo, según la normativa UNE-EN 60947-2	57
Ilustración 51 Circuito de potencia de máquina de pruebas para inyectores.....	58
Ilustración 52 Señal de onda cuadra de periodo, tempo alto y tiempo bajo	59
Ilustración 53 Diagrama de tarjeta generadora de pulsos.....	60
Ilustración 54 Diseño de la placa generadora de pulsos en proteus.....	61
Ilustración 55 Circuito de control de la placa generadora de pulsos.....	61
Ilustración 56 Disposición de las protecciones eléctricas en el tablero de control.....	62
Ilustración 57 Mesa base para la máquina de pruebas	62
Ilustración 58 Diagrama del sistema de drenado	63
Ilustración 59 Circuito de control de la bomba de combustible	64
Ilustración 60 Soldadura de la estructura de la mesa	67
Ilustración 61 Mesa de trabajo antes de su acabado	67
Ilustración 62 Versión de prueba de la placa generador de pulsos	69
Ilustración 63 Versión de prueba de la placa generadora de pulsos parte posterior	69
Ilustración 64 Versión final de la placa generadora de pulsos}.....	69
Ilustración 65 Tablero de control.....	71
Ilustración 66 Montaje del tablero de control.....	71
Ilustración 67 Montaje del estante de probetas en la mesa de trabajo	72
Ilustración 68 Estante de probetas.....	72
Ilustración 69 Sistema de drenado por electroválvulas	73
Ilustración 70 Sistema de drenado por electroválvulas	73
Ilustración 71 Bomba de inyección en la mesa de trabajo	74

Ilustración 72 Montaje de la polea en la bomba de inyección.....	74
Ilustración 73 Montaje del motor eléctrico en la mesa de trabajo	75
Ilustración 74 Sistema de combustible de inyectores electrónicos	75
Ilustración 75 Prueba #1 de inyectores electrónicos	76
Ilustración 76 Comparación de resultados obtenidos en la prueba de caudal	77
Ilustración 77 Prueba #2 de inyectores electrónicos	78
Ilustración 78 Comparación de resultados obtenidos en la prueba de caudal	79
Ilustración 79 Prueba de inyectores mecánicos	80
Ilustración 80 Comparación de resultados obtenidos en la prueba de caudal en inyectores mecánicos	82

Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de inyectores	9
Tabla 2. Resistencia de los inyectores a gasolina	34
Tabla 3 Datos técnicos Motor eléctrico.....	56
Tabla 4 Datos técnicos del oscilador NE555.....	59
Tabla 5 Materiales de construcción para la mesa de trabajo	67
Tabla 6 Materiales electrónicos de la placa generadora de pulsos.....	68
Tabla 7 Parámetros prueba #1 de inyectores electrónicos.....	77
Tabla 8 Datos de la prueba de caudal.....	77
Tabla 9 Parámetros prueba #2 de inyectores electrónicos.....	79
Tabla 10 Datos de la prueba de caudal.....	79
Tabla 11 Parámetros prueba de inyectores mecánicos.....	81
Tabla 12 Datos de la prueba de caudal en inyectores mecánicos	81

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Potencia eléctrica	56
Ecuación 2 Cálculo de corriente	56
Ecuación 3 Factor de seguridad del breaker	57
Ecuación 4 Factor de seguridad del contactor	57
Ecuación 5 Cálculo de tiempo alto.....	59
Ecuación 6 Ecuación de Barlow	64
Ecuación 7 Esfuerzo del material.....	65
Ecuación 8 Espesor mínimo	65

INTRODUCCIÓN

En la evolución de los sistemas de inyección, los inyectores mecánicos y electrónicos han sido de suma importancia en el desarrollo de estos. En la actualidad, los inyectores electrónicos son los más usados debido a su precisión y eficiencia. Este proyecto busca medir y evaluar el comportamiento de los dos tipos de inyectores bajo diversas condiciones de trabajo al someterlos a diversas pruebas.

La precisión en la inyección de combustible es vital para garantizar que el funcionamiento de los motores sea eficiente y preciso con el fin de que el trabajo realizado por ellos se desarrolle de manera correcta. Sin embargo, las impurezas presentes en los combustibles de bajo octanaje y mala calidad pueden atravesar los filtros de combustible y acumularse en los inyectores, esto puede provocar fallos en la inyección y por consiguiente en el funcionamiento del motor. Si sumamos a esto los mantenimientos inadecuados, tendrá como consecuencia una combustión ineficiente y daños graves en el motor.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir una máquina de pruebas que nos permita someter a diversas pruebas en diferentes condiciones de trabajo a los inyectores a gasolina y diésel. La máquina de pruebas no solo aportará a la comunidad educativa como una herramienta de educación e investigación, sino que también permitirá identificar fallos y la razón de estos fallos estudiando el comportamiento de estos inyectores.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

CAPÍTULO 1: Marco Teórico

En este capítulo se aborda los diversos fundamentos y conceptos necesarios para entender el funcionamiento y manejo de los componentes, sistemas y mecanismos de la máquina de pruebas para inyectores. Se pueden encontrar los conceptos de inyección diésel, inyección electrónica a gasolina o los componentes electrónicos.

CAPÍTULO 2: Cálculo y diseño

El capítulo 2 se centra en el diseño y cálculo de los componentes, estructuras y mecanismos necesarios para la construcción de la máquina de pruebas. Se incluyen cálculos como el dimensionamiento del circuito de potencia, la selección de componentes como breaker y contactos, y los diseños y medidas necesarias para la estructura de la mesa y elementos como como el tablero de control.

CAPÍTULO 3: Construcción

En este capítulo se describe la construcción y montaje de los diferentes sistemas y componentes de la máquina de pruebas, desde el montaje y cableado del circuito de control y mecanismos como el sistema de poleas para la bomba de inyección y el motor eléctrico.

CAPÍTULO 4: Análisis de resultados

El capítulo 4 presenta los resultados obtenidos a partir de pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento de la máquina de pruebas. Además, se analiza los resultados obtenidos y las razones de diversos fallos que presentan los inyectores en las pruebas.

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de una máquina de prueba para inyectores electrónicos y mecánicos en sistemas convencionales nace de la importancia que tienen estos elementos en el rendimiento y eficiencia de los motores de combustión interna. En la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí existe la necesidad de equipos adecuados para el diagnóstico y análisis de inyectores, la falta de máquinas de pruebas funcionales limita el aprendizaje técnico, el cual dentro de la carrera de ingeniería marítima es de suma importancia, además la capacidad de los estudiantes para la realización de investigación y proyectos en los sistemas de inyección se ve limitada debido a este problema.

El funcionamiento deficiente de los inyectores ya sea por desgaste, obstrucciones o problemas en la inyección, genera problemas diversos en el motor como aumento del consumo de combustible y pérdida de potencia. Estos problemas no solo afectan el rendimiento del motor, sino que aumenta las emisiones de gases contaminantes.

La implementación de una máquina de pruebas para inyectores en la carrera de Ingeniería Marítima permitirá que los estudiantes y docentes puedan analizar el rendimiento y funcionamiento de los inyectores, lo que permitirá que los estudiantes y docentes puedan aprender e impartir conocimientos sobre los inyectores, sus posibles fallas y las causas de estas. Gracias a esto podrán tomar mejores decisiones en su carrera profesional en áreas de mantenimiento y reparación de sistemas de inyección.

PROPUESTA TÉCNICA

Se propone el cálculo, diseño y construcción de una máquina de pruebas para inyectores en sistemas convencionales para la carrera de Ingeniería Marítima en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. El presente proyecto tiene como finalidad proporcionar una herramienta técnica que permita a los estudiantes comprender el funcionamiento, las pruebas y el diagnóstico de inyectores, ya sea electrónicos o mecánicos, estos conocimientos son fundamentales para su aprendizaje y formación técnica en la carrera de Ingeniería Marítima. La metodología para la elaboración de este proyecto está basada en los cálculos de las protecciones eléctricas y diversos componentes que son necesarios para la construcción de la máquina de pruebas. También se incluirá sistemas fundamentales para la construcción de la máquina de pruebas como bombas de inyección, motor eléctrico, equipos de medición que permitirán la evaluación de aspectos como la cantidad de combustible inyectado y la calidad de pulverización. Se realizarán pruebas en ambos tipos de sistemas de inyección con el fin de comprobar el funcionamiento correcto y eficiente de la máquina de pruebas para inyectores. Además, se incluirá un manual de uso y funcionamiento con el fin de que los estudiantes y docentes logren usar la máquina de pruebas sin problemas y que aporten a sus conocimientos técnicos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Calcular, diseñar y construir una máquina de pruebas enfocada en la evaluación de forma precisa y eficaz del rendimiento de inyectores mecánicos y electrónicos en sistemas de combustión.

Objetivos específicos

1. Diseñar una tarjeta electrónica que genere los pulsos eléctricos de inyección para los inyectores
2. Construir un modelo de banco de pruebas inyectores asequible con el fin de poder realizar los análisis.
3. Medir la cantidad de manera precisa del combustible inyectado por los inyectores bajo una variedad de condiciones de operaciones.
4. Analizar los datos obtenidos del funcionamiento de la máquina de pruebas mediante la referencia de los fabricantes de los inyectores.
5. Realizar un manual de mantenimiento y de operación para poder realizar un correcto manejo de la máquina de pruebas.

1. CAPÍTULO I: Marco Teórico

1.1 Inyección

Los inyectores constituyen una parte fundamental de los sistemas de inyección diésel, son los encargados de pulverizar el combustible en el interior de los cilindros del motor. La combustión se logra gracias a la elevada temperatura que se produce en el interior del cilindro debido a la compresión del aire. Está conformado por un sistema de inyección el cual es el encargado de dosificar y proporcionar la presión al combustible para que éste logre llegar hasta los inyectores por medio de cañerías donde serán inyectados a la cámara de combustión, el sistema está conformado por diversas partes en las cuales se encuentran: tanque de combustible, filtros, bomba de inyección, cámara de combustión y los inyectores.

Según (Palomeque & Pacheco, 2011) “el inyector es elemento del sistema de inyección encargado en la dosificación del combustible procedente de la bomba de combustible hasta la cámara de combustión.”, afirmaron en su investigación.

La misión principal de los inyectores es la de realizar la pulverización en cantidades pequeñas de combustible y de direccionar el chorro de forma que al momento de pulverizar este sea esparcido de forma homogénea dentro de la cámara de combustión, además debe trabajar a presiones elevadas desde los 250 bares o más.

El trabajo de los inyectores es fundamental a la hora de lograr una eficiencia correcta y un trabajo dentro de los parámetros establecidos por lo cual debe cumplir con los principales objetivos.

Pulverización. - Este entrará en la cámara de combustión en cantidades sumamente pequeñas (1-100u) ya ayudara a la combustión, este proceso también es llamado atomización del combustible.

Distribución. -El chorro de combustible pulverizado debe distribuirse a través de todo el volumen de la cámara de combustión para lograr la mejor homogenización posible.

Penetración. - La profundidad a la que debe llegar el combustible en la cámara de combustión debe ser precisa y ser independiente de su caudal, ya que esta resulta ser demasiada para la cámara de combustión podría condensarse, lo que dificultaría la combustión.

Corte de inyección. - El proceso de inyección debe ser preciso, su inicio debe ser inmediato y el cese de la inyección debe ser instantáneo, no debe existir ni goteos ni fugas.

Temperatura. - En la punta de los inyectores se encuentran las toberas en la cual tendremos los orificios de distribución, estas deben mantenerse por debajo de los 200 °C, por lo cual debe existir una circulación suficiente del combustible para mantener la punta del inyector a temperaturas adecuadas, ya que si estas superan los 220 °C el combustible se descompondrá en lacas y coques que se depositaran en los asientos del inyector y lo deformaran.

1.2 Tipos de Inyectores

Según las características del motor, que están determinadas por el número máximo de revoluciones, tipo de cámara de combustión y su cilindrada, los inyectores pueden diseñarse de distintas maneras, algunos diseños que se pueden encontrar se muestran en la siguiente tabla.

	Tipos	Cámara de combustión
Inyectores Mecánicos	Espiga o Tetón	Cámara de remolino
	Número de orificios	Cámara de pre-combustión
Inyectores Diésel	DELPHI BOSCH SIEMENS CATERPILLAR	Inyección Directa

Tabla 1 Tipos de inyectores

1.3 Inyectores Mecánicos Diésel

1.3.1 Estructura interna de los inyectores mecánicos Diésel.

Los inyectores Diésel se encuentran en la parte superior de los cilindros, en la parte de la culata del bloque y su accionar está controlado por la presión que genera el combustible por medio de la bomba de inyección. Estos están compuestos en general por diferentes partes en las cuales se encuentran:

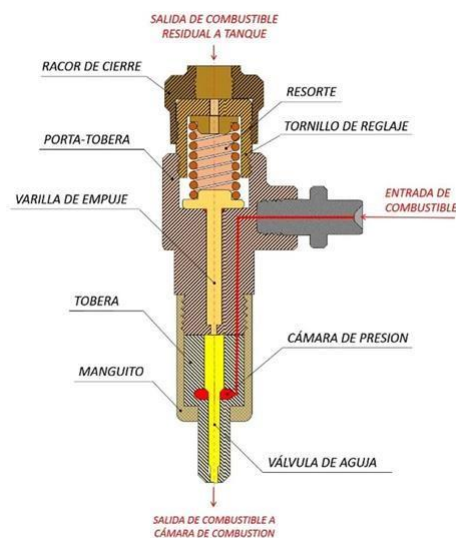


Ilustración 1 Estructura interna de un inyector Diésel

Porta Tobera. - Es un bloque hecho de acero que sirve de guía para el montaje de los demás componentes, por medio de la porta tobera entra el carburante hacia la cámara de combustión donde será inyectado.

Tobera. – Es una pieza que se encuentra en la porta tobera gracias a un manguito roscado. En el interior de esta se encuentra montada la válvula de aguja, que va a permitir formar una cámara de presión estanca, ya que esta va a taponar los orificios de salida del inyector.

Resorte. - Es un muelle que contiene una fuerza en el que en estado de reposo va a permitir un cierre estanco de la válvula contra los orificios de salida del inyector. Cuando la presión del combustible aumenta esta va a ser soportada por una solapa cónica de la válvula y la levantará venciendo la fuerza del resorte. En este instante el combustible será inyectado a la cámara de combustión del cilindro, inmediatamente al finalizar la inyección el resorte volverá a empujar la válvula de aguja contra el asiento para lograr la estanqueidad en los orificios de salida.

Varilla de empuje. - Es un vástago que va a comunicar el movimiento entre el resorte y la válvula de aguja.

Tornillo de reglaje. - Este tornillo permitirá ajustar la presión a la que se inyecta el combustible.

Racor de cierre. - El racor de cierre hermetiza el cuerpo del inyector y va a permitir el regreso del combustible residual a su tanque, ya que durante el proceso de la inyección se va a filtrar una dosis pequeña de combustible que entrará por la porta tobera y la válvula de aguja lo que va a lograr lubricar las demás piezas del inyector.

1.3.2 Inyector de espiga o tetón

El uso de inyectores de espiga o tetón más común suele ser en motores de inyección directa, es decir, en motor con cámara de pre-combustión. En este tipo de inyector, la aguja de la tobera dispone en su extremo de un tetón con una forma específica, ya sea cilíndrica o cónica, lo cual permite la formación pre-chorro. Al comienzo de la apertura, se deja un pequeño espacio en forma de anillo que libera una cantidad mínima de combustible, creando un efecto estrangulador. Mientras que la apertura se va agrandando debido al aumento de la presión del combustible, también aumenta la sección de paso, hasta que en el final de la carrera se inyecta la dosis de combustible necesaria.

“Es empleado particularmente en motores de combustión separada o cámara auxiliar y en general en todos los que el aire comprimido tiene una gran turbulencia” (Cuba, 2021).

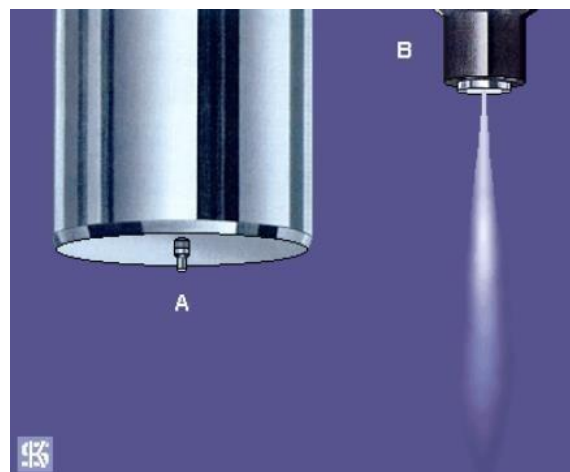


Ilustración 2 A. Tobera de Teton. B. Aspecto de chorro de una tobera de Teton estrangulado

El inyector de espiga posee una válvula que tiene una forma terminada en espiga, que entra y sale del orificio del Diésel al cilindro, lo que se dificulta que se obstruya. El cierre se realiza por la parte cónica que se encuentra encima de la espiga o tetón.

Este tipo de inyectores se emplea particularmente en motores de combustión separada o con cámara auxiliar, y en general en todo aquellos en los que el aire comprimido tenga una gran turbulencia. Las presiones en las que suele trabajar este tipo de inyectores varían entre 60 y 150 atm.

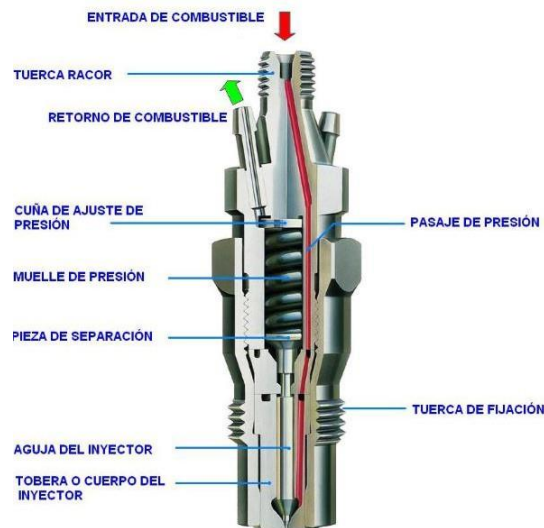


Ilustración 3 Inyector de Espiga o tetón

Las toberas de estos inyectores funcionan abriéndose mediante la presión del combustible, y el caudal de inyección se controla principalmente por las aberturas de las toberas y el tiempo que dura la inyección. Estas toberas deben adaptarse a diferentes condiciones del motor. Esto incluye el procedimiento de combustión, la geometría de la cámara de combustión, la forma y dirección del chorro de inyección, así como la duración y el caudal de la inyección en relación con cada grado de giro del cigüeñal.

1.3.3 Inyectores de orificio

Los inyectores de orificios se utilizan principalmente en motores de inyección directa combinados con bombas de inyección en línea. Estos inyectores se caracterizan por disponer de varios orificios dispuesto en diferentes ángulos, que estarán orientados

hasta la cámara de combustión del motor. Se suelen dividir por su tamaño constructivo en:

- **Tipo P:** diámetro de aguja de 4 mm
- **Tipo S:** diámetro de aguja de 5 y 6 mm

Los orificios de inyección están dispuestos en la superficie de un cono de chorro, la cantidad y diámetro de estos orificios dependen de varios factores, como pueden ser:

- Caudal de inyección
- Forma de la cámara de combustión
- Turbulencia del aire en la cámara de combustión

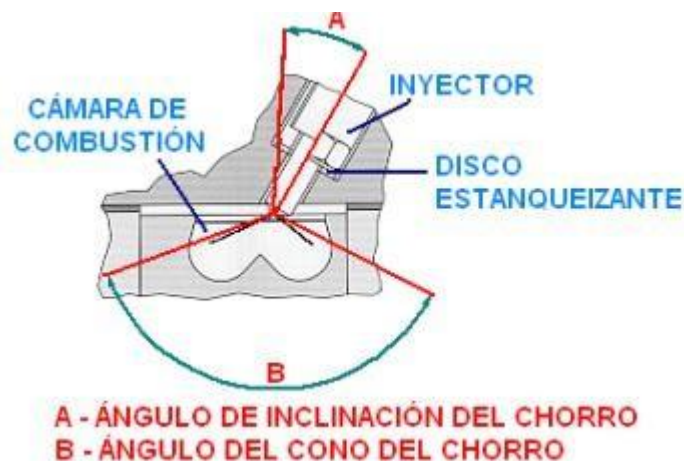


Ilustración 4 Posición del inyector de orificios en la cámara de combustión

Cada inyector dispone de múltiples orificios, en el cual el tamaño y el ángulo de disposición variará según el diseño del motor, es porque el diseño de los inyectores de orificios es crucial para su funcionamiento. Estos orificios son los responsables de pulverizar el combustible en forma de gotas finas dentro de la cámara de combustión, lo que va a facilitar mezclarse con el aire y mejorar la eficiencia del combustible. La forma en que están dispuestos estos orificios ayuda a controlar la forma del chorro de combustible, lo cual es fundamental para mejorar la eficiencia del inyector.

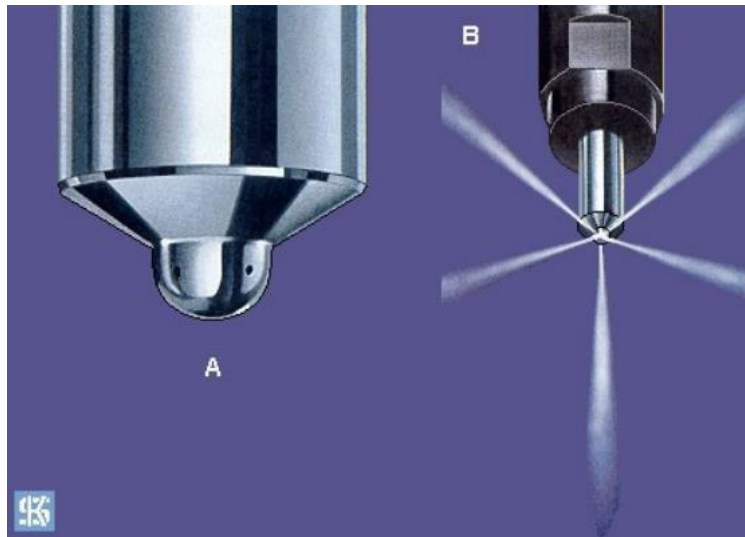


Ilustración 5 A. Tobera de orificios. B. Aspecto del chorro de una tobera de orificios

1.3.3.1 Tipos de inyectores de orificio

1.3.3.1.1 Inyectores de taladro Ciego

Este tipo de inyectores están dispuestos en torno a un taladro ciego. Existe el inyector con taladro ciego cilíndrico y cónico en dimensiones diferentes

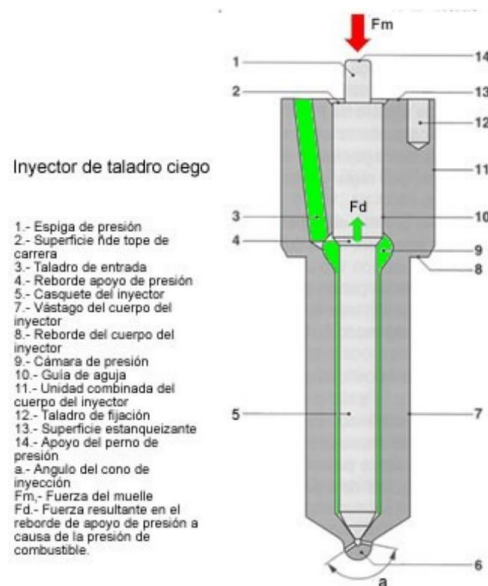


Ilustración 6 Inyector de taladro ciego

El inyector con taladro cilíndrico y casquete redondo está conformado por una parte semiesférica y otra parte cilíndrica, en cuanto al número de agujeros, la longitud del agujero y el ángulo del cono del agujero tiene una gran libertad de dimensionamiento. Debido al casquete del inyector el cual tiene una estructura semiesférica y en conjunto con la estructura del taladro ciego, dispone de una longitud uniforme de orificios.

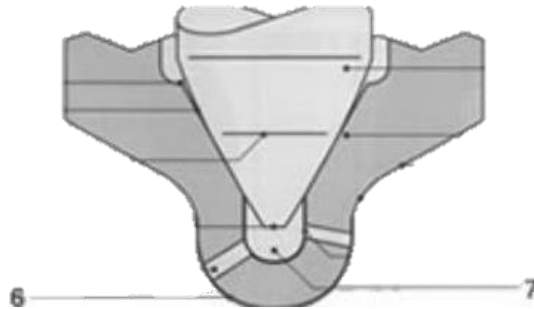


Ilustración 7 Inyector con taladro cilíndrico (7) y casquete redondo (6)

Luego encontramos el inyector con taladro ciego cilíndrico y casquete cónico, que gracias a la forma de este último aumentara la resistencia del mismo casquete mediante un espesor mayor de la pared entre el radio de la garganta y el asiento del cuerpo del inyector.

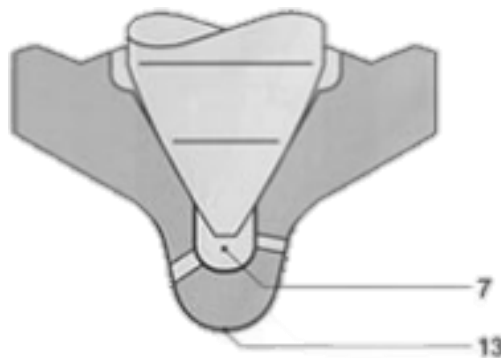


Ilustración 8 Inyector con taladro ciego cilíndrico (7) y casquete cónico (13)

El inyector con taladro ciego cónico y casquete cónico tiene un volumen residual menor en comparación con el inyector con taladro ciego cilíndrico. El volumen del taladro

ciego de este inyector se encuentra entre el del inyector con taladro en asiento y el del inyector con taladro ciego cilíndrico. Para asegurar que el casquete tenga un espesor de pared uniforme, se ha diseñado de manera cónica, en correspondencia con el taladro ciego.

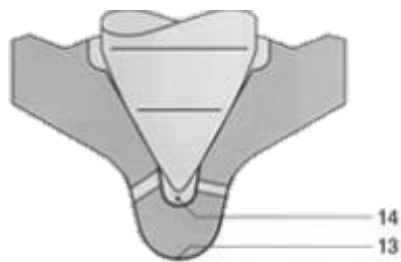


Ilustración 9 Inyector con taladro ciego cónico (14) y casquete cónico (13)

En los inyectores de taladro en asiento para reducir al mínimo el volumen residual y, con ello, la emisión de HC, el inicio del agujero de inyección se encuentra en el asiento del cuerpo del inyector y queda completamente cubierto por la aguja cuando el inyector está cerrado. No hay comunicación directa entre el taladro ciego y la cámara de combustión, lo que permite reducir significativamente el volumen del taladro ciego en comparación con el inyector de taladro ciego tradicional. Sin embargo, los inyectores de taladro en asiento tienen un límite de carga notablemente inferior respecto a los de taladro ciego.

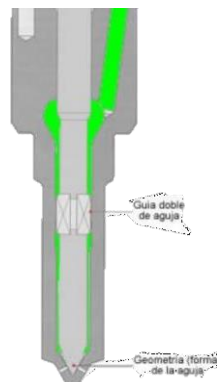


Ilustración 10 Inyector de taladro en asiento

El casquete tiene una forma cónica para asegurar su resistencia. Con geometrías especiales en los agujeros de inyección, una guía doble de aguja o diseños más complejos en las puntas de las agujas, se puede mejorar aún más la distribución del chorro de inyección y, por tanto, la formación de la mezcla.

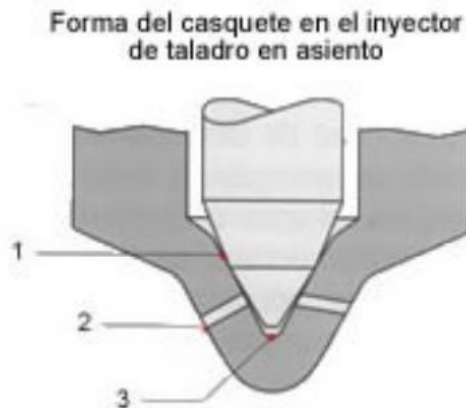


Ilustración 11 Asiento del cuerpo de la tobera (1) Agujero de inyección (2) Taladro Ciego (3)

En los inyectores de orificios, el límite superior de temperatura es de 300 °C, debido a la resistencia térmica del material. Para aplicaciones particularmente exigentes, se pueden utilizar manguitos termo protectores, o incluso manguitos de inyección refrigerados en motores más grandes.

1.4 Sistemas de inyección Diésel

Los sistemas de inyección de combustible son considerados la unidad de control del motor, hoy en día existe una gran variedad de sistemas de inyección de combustible en los motores, independientemente del tipo o el diseño del sistema. El objetivo del sistema de inyección es inyectar el combustible al motor en el momento preciso y la cantidad exacta.

“Motores Diésel y Sistemas de Inyección de John F. Darel Tomo II, menciona que un sistema de inyección de combustible tiene que cumplir con ciertos requerimientos” (Darel, 1995).

1.4.1 Requerimiento del sistema de inyección de combustible

1.4.1.1 Medir

La medición de inyección de combustible debe ser medida, haciéndolo de manera precisa, estos requerimientos varían mucho según las revoluciones del motor.

1.4.1.2 Tiempo

El tiempo de inyección es de suma importancia ya que el combustible debe inyectarse dentro de la cámara de combustión, se inyecta el combustible cuando el pistón llega al punto muerto superior en el proceso de compresión ya que en este momento el aire de la cámara se calienta.

1.4.1.3 Presurización

El sistema de inyección debe presurizar el combustible para que se abra la boquilla de inyección o la punta del inyector. Esto requiere una presión suficiente para inyectar el combustible dentro de la cámara de combustión, ya que debe superar la presión de compresión.

1.4.1.4 Atomización

La atomización es sumamente importante ya que es el rompimiento del combustible en pequeñas partículas, para esto es preciso atomizar el combustible al inyectarlo a la

cámara, si este no es atomizado, el mismo no se quemará fácilmente y este provocará un rendimiento muy bajo del motor y una quema de combustible no aprovechada.

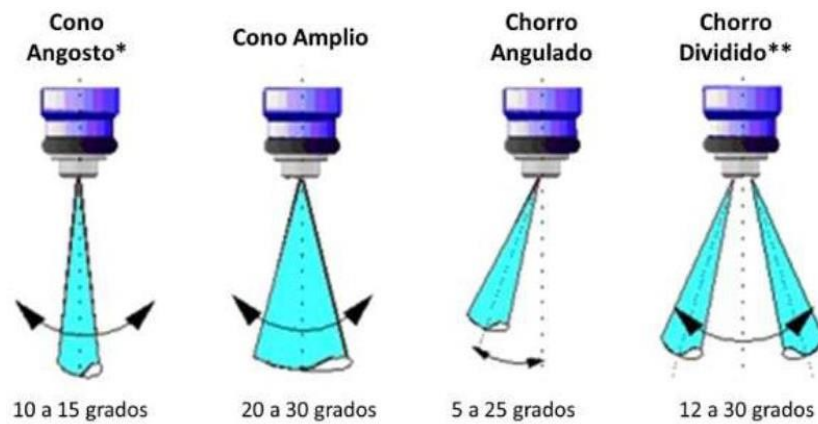


Ilustración 12 Tipo de atomización de los inyectores según su ángulo de atomización

1.5 Generación de pulsos electrónicos

En los sistemas de inyección de combustible tenemos el sistema de inyección de Riel Común (Common-Rail) este es un sistema electrónico de inyección, donde el diésel es aspirado por una bomba y es enviado directamente a los inyectores, estos son activados con una señal electrónica enviada por la ECU (Unidad de Control Electrónica). La ECU envía una señal al inyector haciendo que este de paso a la inyección de combustible, esta es una señal con forma de onda cuadrada.

Las ondas cuadradas son un poco más complejas que las senoidales. Son pulsos o señales altos o bajos que se producen para monitorear o controlar. El voltaje no sube y baja lentamente; es alto o es bajo. La forma de onda se produce por cosas como el sensor de presión absoluta del múltiple (MAP) y el sensor de efecto Hall, que Ford llama sensor de capacitación del perfil de ignición (PIP). Estos sensores son monitoreados por el ECU para controlar la abertura y cierre de inyectores y la conmutación de activación/desactivación de la bobina de inyección. (Watson, 1994)

La onda cuadrada tiene cuatro características que es necesario medir:

- Amplitud
- Frecuencia
- Ciclo de trabajo
- Anchura de pulso

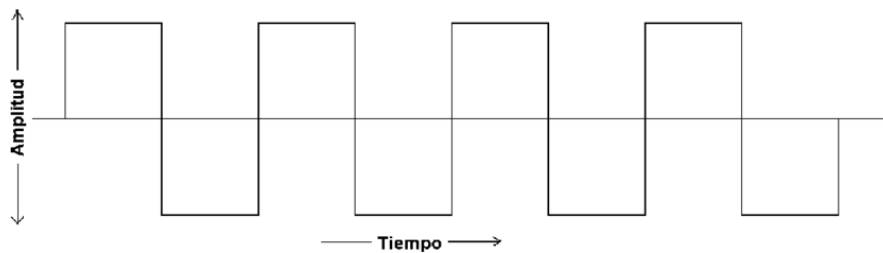


Ilustración 13 Gráfico de Onda Cuadrada

1.5.1 Resistor

Resistencia o resistor es un componente electrónico con dos pines que ejecuta una oposición al flujo de corriente eléctrica. Esta se mide en Ohmios (Ω) y depende del material con el que este fabricado el componente.

El valor del resistor debería ser constante, independientemente del tiempo, temperatura, corriente y tensión al que está siendo sometido y si bien los resistores actuales se aproximan mucho al ideal, estos sufren variaciones en su valor. (Perez I. P., 2012)

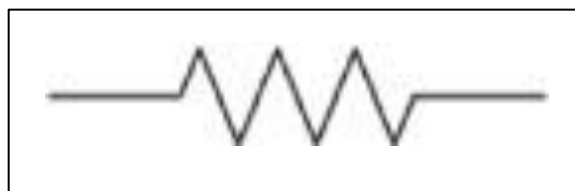


Ilustración 14 Simbología del Resistor

1.5.2 Circuito Integrado 555

El circuito Integrado 555, es un circuito muy conocido por cumplir funciones como oscilador y temporizador. Este es un circuito que cuenta con 8 pines:

1. Gnd
2. Trigger
3. Vo
4. Reset
5. Control
6. Threshold
7. Discharge
8. Vcc

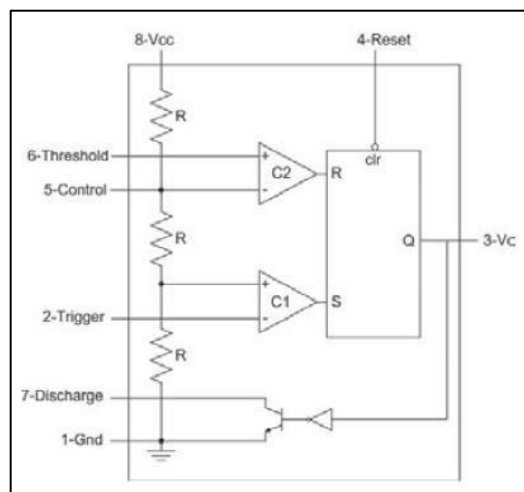


Ilustración 15 Estructura interna del CI 555 (Macos Garcia. L, 2014)

1.5.3 Funcionamiento como Oscilador

El funcionamiento de este circuito se basa en la carga del condensador (capacitor) C a través de las resistencias R1 y R2 y se descarga a través de la resistencia R₂.

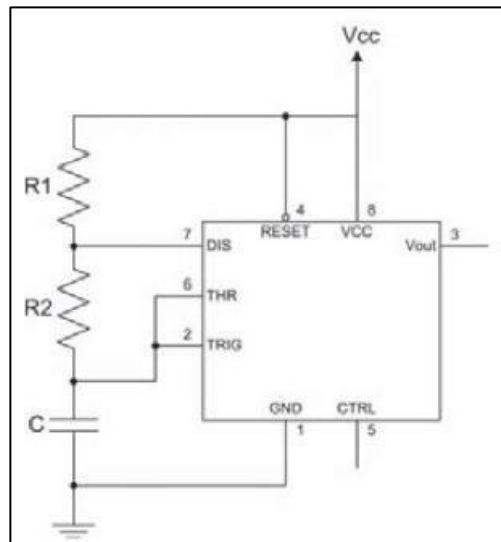


Ilustración 16 Oscilador de Onda Cuadrada (Macos Garcia. L, 2014)

Suponiendo la alimentación desconectada, el condensador C estará descargado. Al conectar la alimentación como el condensador C está descargado el voltaje en trigger es menor que $V_{cc}/3$ y por tanto la salida del integrado es alta y no entra corriente por el terminal discharge. El condensador comenzará a cargarse a través de las resistencias R1 y R2. Cuando el voltaje del condensador, que es el mismo que el de los terminales threshold y trigger, alcance un valor de $2V_{cc}/3$ la salida del integrado pasará a 0 voltios y el terminal discharge permitirá el paso de corriente, por lo que el condensador comenzará a descargarse a través de la resistencia R2. Cuando el condensador alcance un voltaje igual a $V_{cc}/3$, la salida del integrado pasará a valor alto, el terminal discharge ya no aceptará corriente y el condensador comenzará a cargarse de nuevo a través de R1 y R2 repitiéndose este proceso de carga y descarga de forma indefinida. (Macos Garcia. L, 2014)

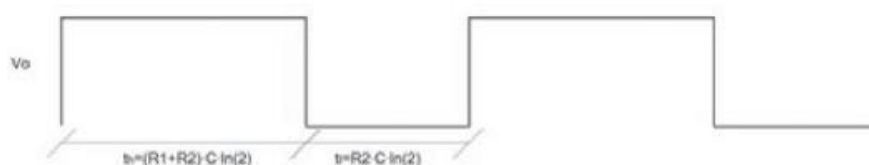


Ilustración 17 Onda cuadra del oscilador

Ahora el tiempo de salida en nivel alto viene dado por el tiempo que tarda en cargarse el condensador desde $V_{cc}/3$ hasta $2V_{cc}/3$.

$$f = \frac{1}{(R_1 + 2R_2) * C * \ln(2)}$$

1.5.4 Resistencias Variables

Las resistencias variables permiten cambiar o ajustar dentro de los límites, el valor de la resistencia en un momento determinado. Este cuenta con terminal que es móvil y que se desplaza a lo largo del potenciómetro (resistencia variable) y hará que cambie de valor de la resistividad.

“Las resistencias variables son aquellas cuyo valor en ohm (Ω) puede ser variado dentro de un rango, ya sea de forma manual o mediante algún estímulo externo tal como la luz, el calor, el sonido, el voltaje, etc”. (Mejia, 2018)

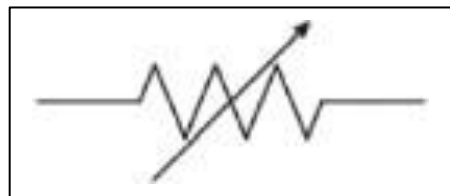


Ilustración 18 Resistencia Variable

1.5.5 Condensador

Condensador o capacitores son dispositivos que permiten almacenar energía eléctrica, este está formado por dos componentes conductores próximos separados por un componente dieléctrico, consta de dos terminales con su polaridad debida. Una vez polarizado, si se retira la tensión aplicada el condensador permanecerá cargado hasta que se cortocircuiten las placas y se produzca la corriente de descarga. (Macos Garcia. L,

2014)

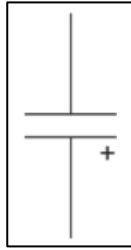


Ilustración 19 Condensador

1.6 Banco de pruebas de inyectores

Un banco de pruebas es un equipo de trabajo especialmente para uso industrial para la realización de pruebas de diversos componentes de sistemas con el fin de comprobar su correcto funcionamiento, encontrar posibles fallas o defectos en los componentes.

Un banco de pruebas para inyectores eléctricos y mecánicos en sistemas convencionales es una herramienta que permitirá determinar el “cómo” están funcionando estos inyectores que forman parte del sistema de inyección, además de darnos información importante como puede ser el ángulo de pulverización del combustible, si existiera algún goteo o fuga de las toberas, analizar la apertura del inyector, si es completa o es parcial dependiendo de la presión que ejerza el combustible. Estos datos permitirán determinar fallas o averías para poder conseguir un informe completo sobre el estado de los inyectores. Además, se suelen utilizar servicios de limpieza de inyectores, en los cuales se emplea un fluido especial para lograr una limpieza adecuada, especialmente en los orificios de salida y el canal por donde circula el combustible.

El banco de prueba para inyectores sirve para testear y medir los caudales de inyección en diferentes escenarios en los que la carga a la cual estén sometidos podrá variar. Puede simular diferentes parámetros de voltaje, rpm, microsegundos y lo que se necesite para dar un diagnóstico seguro del estado de los inyectores.

A la hora de testear los inyectores es importante que cada inyector probado sea testado con la tabla de especificaciones original de la marca a la que corresponden, esta será la única manera en la que se puede obtener resultados confiables y seguros, permitiendo un diagnóstico correcto de estos.

“Realizar diferentes pruebas a los inyectores, como ensayos de flujo de combustible, estanqueidad y ángulo de atomización, se puede dar diagnósticos apropiado y con este, tomar decisiones sobre el descarte de estos o la continuidad de su uso” (Pino, 2012).

Un diagnóstico correcto del estado de los inyectores realizado de forma correcta es importante ya que evitará el cambio de piezas, modificaciones innecesarias y en casos más extremos hasta la reparación del motor por desconocimiento, además de los altos costos que esto podría llevar, se logra un ahorro sustantivo a la hora de revisar los equipos.



Ilustración 20 Banco de pruebas de inyectores

1.7 Bombas de inyección en línea

Estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bombeo, (plunger-camisa) que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba. El émbolo de

bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo. (Perez M. A., 2007)

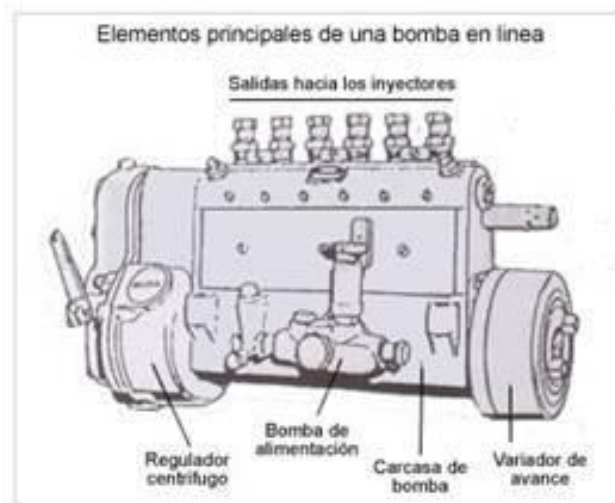


Ilustración 21 Bomba de inyección en línea

Las bombas de inyección en líneas son máquinas importantes en los motores Diésel, su función es la de proporcionar combustible a altas presiones en los inyectores de cada cilindro de forma sincronizada y precisa. Desde la bomba de inyección hasta los inyectores, la línea de admisión se convierte en un sistema de alta presión que variará entre los 350 y 2000 bar. Sin embargo, la bomba también cuenta con una parte de baja presión y una válvula de rebose para que el exceso de Diésel regrese al tanque.

Este tipo de bombas generan una potencia y rendimiento mayor, disminuye el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes. Se suelen encontrar en motores de 2 hasta 12 cilindros, como la bomba tipo "P", que se suele utilizar en vehículos de carga ligera y pesada, en embarcaciones, etc. Se diferencia de modelo Tipo "A" en su carcasa y componentes que son de materiales reforzados, lo cual permite generar presión de inyección de hasta 1300 bar.



Ilustración 22 Bomba de inyección en línea tipo "P"

La bomba de inyección en línea es común en motores Diésel de camiones, maquinaria pesada y motores estacionarios para generadores, que van desde 6 hasta 14 litros y que no trabajaran sobre los 3500 rpm. La bomba de inyección en línea se distingue por tener un elemento de bombeo para cada cilindro del motor y por contar con un regulador de revoluciones que variara según la aplicación del motor.

1.7.1 Funcionamiento de la bomba de inyección lineal.

1.7.1.1 Proceso de alimentación

El combustible del tanque de almacenamiento es aspirado por una bomba de transferencia, que lo enviará a través de las líneas de combustible hacia la bomba de inyección. Antes de llegar a la bomba de inyección, el combustible pasa por uno o varios filtros que eliminan las impurezas que podrían resultar nocivas para el funcionamiento de la bomba o los inyectores. Luego de que se filtre el combustible este llega a la bomba mediante el orificio de alimentación. Es esta parte del ciclo, el combustible se distribuye a los diferentes cilindros de la bomba de inyección, donde cada cilindro dispondrá de un émbolo que se encargará de comprimir y enviar el combustible a los inyectores.

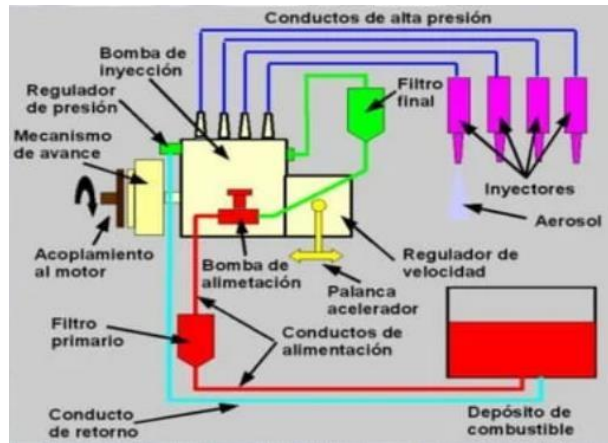


Ilustración 23 Funcionamiento de una bomba de inyección lineal

1.7.1.2 Ciclo de inyección

Las bombas de inyección en línea funcionan mediante un sistema mecánico que asegura que esta entregue la cantidad de combustible exacta en los cilindros del motor Diésel. Las bombas de inyección en línea consisten en una serie de pistones que se encuentran alineados en un solo cuerpo, cada uno de estos pistones corresponde a cada cilindro del motor. El movimiento barra de leva dentro de la bomba de inyección lineal esta sincronizada con el motor, lo cual permite controlar el movimiento de los pistones dentro de los cilindros, esta gira y empuja los pistones hacia arriba, lo cual comprime el combustible y lo inyecta a altas presiones a través de los inyectores hacia el cilindro del motor.

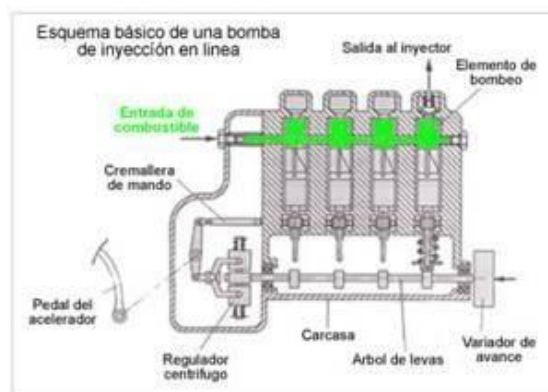


Ilustración 24 Esquema básico de una bomba de inyección en línea

Durante el ciclo de funcionamiento de la bomba de inyección lineal, cuando el pistón se mueve hacia la parte inferior del cilindro, permite que el combustible entre en el cilindro de la bomba mediante el orificio de alimentación. Al desplazarse hacia la parte superior, el pistón cierra las lumbreras de entrada y comprime el combustible en el cilindro de la bomba de inyección, esta compresión permitirá que se genere la presión necesaria para que el combustible en el cilindro sea inyectado a través de una válvula de salida hacia el inyector, que finalmente introduce el combustible en el cilindro del motor. Este proceso se repite cíclicamente una y otra vez de forma sincronizada para cada cilindro del motor.

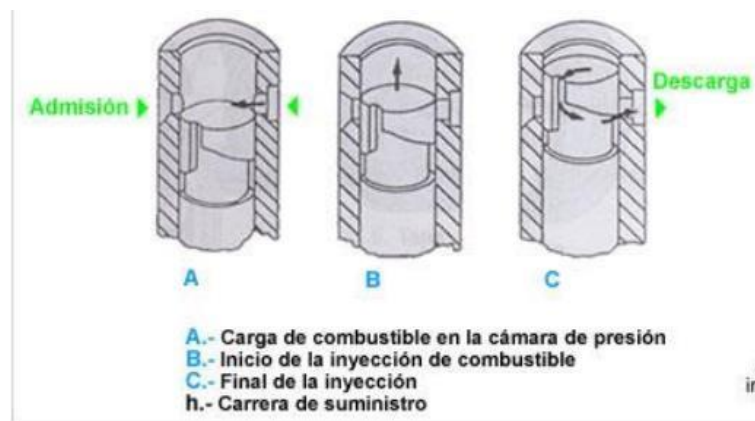


Ilustración 25 Fases de funcionamiento de sistema de bombeo

1.7.1.3 Regulación y control

Dentro de la bomba de inyección en línea, la cantidad de combustible que se inyecta hacia el motor se regula mediante un sistema de control que puede ser electrónico o mecánico. El sistema de control mecánico ajusta la posición del embolo que varía el volumen de combustible que se inyecta dependiendo de las necesidades del motor. En los sistemas actuales, la regulación esta encargada por sensores electrónicos y unidades de control electrónico que monitorean parámetros del motor como la carga, velocidad y

temperatura y en función de estos datos ajusta la inyección del combustible para optimizar el rendimiento y reducir las emisiones.

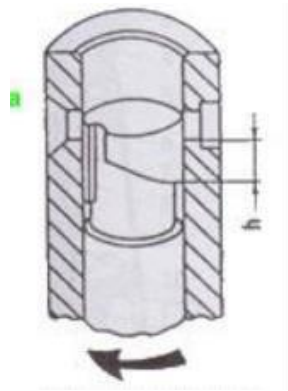


Ilustración 26 Sentido de giro para el aumento del caudal de inyección de combustible.

1.8 Manómetro de Presión

Los manómetros son instrumentos utilizados para medir la presión de gases o líquidos en sistemas industriales y otros usos como automotrices. Su funcionamiento está basado en la relación entre la presión aplicada y la respuesta física de un componente que es sensible a la presión, ya sea un tubo, una membrana o un líquido. Lo que dará por respuesta una indicación visual de la presión en el sistema.

Los manómetros miden la diferencia de presiones que hay entre la presión de un fluido en el interior (absoluta) de un sistema y la exterior o presión barométrica. La presión manométrica puede resultar positiva en caso de que la presión interior sea mayor que la exterior, es decir que la presión absoluta sea mayor que la presión barométrica. En caso contrario la presión manométrica resultará negativa. (Domínguez)

1.8.1 Manómetros Bourdon

Los manómetros Bourdon son medidores con aguja, disponen de un muelle tubular que se compone de un muelle bobinado que tiene forma de caracol, helicoidal o circular,

dependiendo del rango de presión en el que vayan a trabajar. Al aplicar una presión en el muelle, este se desdobra hasta cierto punto. Este cambio en la forma del muelle debido a la presión existente se transmitirá hacia la aguja mediante un mecanismo de engranajes y una varilla.



Ilustración 27 Manómetro Bourdon

Los manómetros Bourdon están conformado por varios elementos importantes que trabajan juntos y con precisión para medir la presión del sistema. El tubo Bourdon es el componente principal de los manómetros Bourdon, este se deforma cuando se aplica una presión, ya sea que se enderece o se expanda, pueden ser en forma de C, espiral o helicoidal. Generalmente están hechos de materiales elásticos, como acero inoxidable o latón, dependiendo del tipo de trabajo que este realizará.

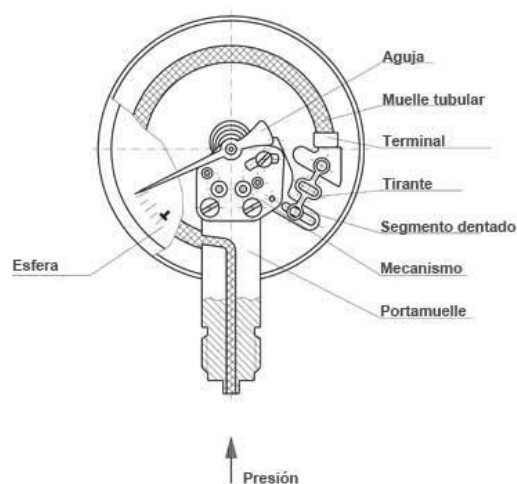


Ilustración 28 Estructura interna de un manómetro Bourdon

Sus aplicaciones más comunes son dentro de la industria, automoción o el sector naviero, debido a que están diseñados para soportar condiciones adversas como golpes, altas temperaturas y vibraciones. Suelen ser fabricados con materiales resistentes a la oxidación y corrosión, lo que garantizará una vida útil larga.

1.9 Inyectores a gasolina

Un inyector de gasolina es un dispositivo esencial en los motores de combustión interna modernos, diseñado para suministrar combustible directamente a la cámara de combustión. Funciona mediante la inyección de gasolina atomizada a alta presión, lo que permite una mezcla más eficiente con el aire. Este proceso de inyección es más preciso no solo aumenta el rendimiento del motor, sino que también reduce las emisiones contaminantes y optimiza el consumo de combustible. Los inyectores se controlan electrónicamente, lo que permite una dosificación exacta del combustible según las necesidades del motor en diferentes condiciones de funcionamiento.

La evolución de los inyectores de gasolina ha sido significativa, desde los primeros sistemas mecánicos hasta los sofisticados sistemas electrónicos actuales. Los avances en la tecnología de inyección han permitido a los fabricantes de automóviles desarrollar motores más potentes y eficientes. Además, la capacidad de ajustar la inyección de combustible en tiempo real ayuda a cumplir con las estrictas normativas medioambientales.



Ilustración 29 Inyector a gasolina

1.9.1 Solenoide.

Un solenoide es un dispositivo electromecánico que utiliza el magnetismo para mover un núcleo metálico, cambiando así un voltaje eléctrico en movimiento mecánico. Generalmente los solenoides son utilizados para controlar y variar el caudal, de acuerdo con el ancho del pulso (ms). Una larga duración en el tiempo de activación ocasiona un caudal aumentado, una corta duración en el tiempo de activación ocasiona un caudal disminuido. Los solenoides se usan para abrir los inyectores de combustible y muchos otros actuadores. (AN, 2022).

1.9.2 Resistencia de los inyectores

Los inyectores, al igual que cualquier carga inductiva, pueden ser de baja o alta impedancia. Los inyectores de baja impedancia tienen la desventaja de requerir interfaces de potencia grandes con resistencias limitadoras de corriente, además de generar mucho calor. Por otro lado, los inyectores de alta impedancia suelen ser más económicos, requieren interfaces más pequeñas y pueden manejarse directamente sin necesidad de resistencias limitadoras de corriente. (Montenegro & Pilatuña, 2012)

Existen dos tipos de inyectores, estos se diferencian en su resistencia interna:

Inyector de alta impedancia resistencia: aprox. 10 a 20 Ω
Inyector de baja impedancia resistencia: aprox. 1 a 3 Ω

Tabla 2. Resistencia de los inyectores a gasolina

1.9.3 Ventajas de la inyección de gasolina

- Un mayor control de la mezcla aire-combustible.
- Bajos niveles de emisión de gases tóxicos.
- Mejor rendimiento del motor.
- Menor consumo de combustible.
- Mayor regularidad del funcionamiento del motor.
- Se mejora el arranque.
- Se mejora la marcha en frío.

Según el número de inyectores:

Inyección Unipunto

La inyección unipunto consiste en un único inyector que introduce el combustible en el colector de admisión, ubicado después de la mariposa de gases. Esta configuración es comúnmente utilizada en vehículos de turismo con motores de baja cilindrada que necesitan cumplir con las normas de emisiones contaminantes.

Inyección Multipunto

La inyección multipunto utiliza un inyector para cada cilindro, y puede ser de dos tipos: directa o indirecta. Este sistema se emplea principalmente en vehículos con motores de mediana y alta cilindrada, independientemente de si cuentan o no con tecnologías para reducir la contaminación.

1.10 Bomba de Gasolina Eléctrica

Las bombas de gasolinas son el componente encargado de suministrar el combustible necesario a los inyectores para el funcionamiento óptimo del motor. Las bombas de gasolina eléctricas son instaladas comúnmente en el tanque de combustible de los vehículos, esto permite que se mantenga sumergida en el combustible, lo que va a permitir que la bomba de gasolina mantenga su temperatura evitando el riesgo de incendio.

“Las bombas eléctricas son más populares debido a su comprobada eficiencia. Son las indicadas para vehículos con sistema TBI o inyección electrónica” (ACDelco México, 2016).



Ilustración 30 Bomba de gasolina eléctrica

1.10.1 Funcionamiento de la bomba de gasolina eléctrica

La bomba eléctrica de gasolina está diseñada para generar la presión necesaria para enviar el combustible desde el tanque hacia el sistema, funciona mediante un motor eléctrico que es alimentado por una corriente eléctrica. En primer lugar, encontramos el rotor de la bomba el cual es un componente importante y está diseñado para crear un vacío parcial al girar, lo que permite que fluya el combustible a través del sistema. Este

movimiento crea la succión y la presión necesaria para que el combustible fluya a través del sistema de manera eficiente.

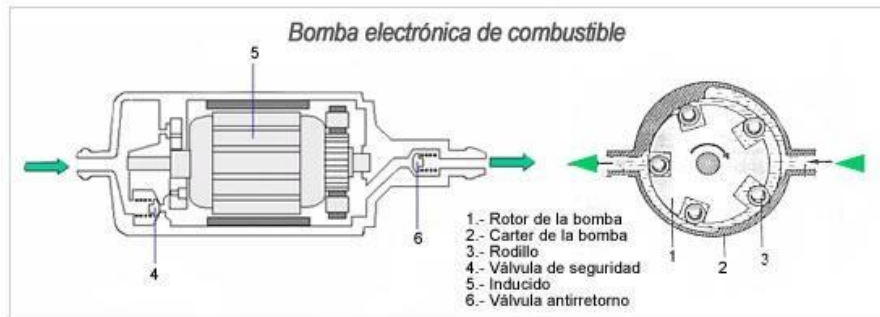


Ilustración 31 Estructura de la bomba de gasolina eléctrica.

El cárter de la bomba es la carcasa externa, que protege y contiene los componentes en el interior de la bomba, puede soportar grandes presiones que se generan al funcionar la bomba de combustible. También cumple la función de mantener el combustible presurizado dentro de la bomba, lo que evita fugas del sistema.

El rodillo gira con el rotor, crea un vacío parcial que succiona el combustible y lo empuja hacia adelante, dentro de sus funciones también esta mantener la presión constante en el sistema para asegurar que el combustible fluya de manera eficiente dentro del sistema, sin estos la bomba no podría generar la succión y presión necesaria para el funcionamiento del motor.

La válvula de seguridad tiene como función garantizar que la presión no exceda los límites establecidos, lo que protege la bomba y el sistema de daños por presiones por encima de lo establecido. Cuando existen altas presiones, la válvula de seguridad se abre para que se libere el exceso de presión, es fundamental para evitar daños por sobrepresiones.

El inducido es el componente del motor eléctrico que se mueve al aplicarse una corriente eléctrica, actúa en conjunto con el rotor con el fin de generar el movimiento

rotativo necesario para que funcione la bomba. La energía eléctrica se convierte en energía mecánica haciendo que el rotor gire y se genera la presión necesaria para lograr el óptimo funcionamiento del sistema.

La válvula antirretorno se asegura que el combustible circule en una sola dirección y que regrese hacia el tanque. Esto con el fin de asegurar que el suministro de combustible sea continuo y eficiente dentro del sistema, lo que asegura un rendimiento eficiente del motor.

1.11 Electroválvulas

Las electroválvulas son dispositivos electromecánicos cuya función es controlar el flujo de gases o líquidos que se acciona mediante señales eléctricas, está conformado por un solenoide, que es un tipo de electroimán, que al momento de recibir una corriente generara un campo magnético que permite que un embolo se desplace, abriendo o cerrando la válvula.



Ilustración 32 Diferentes tipos de electroválvulas.

Existen diferentes tipos de válvulas tales como las de acción directa que mediante el solenoide permite abrir o cerrar el paso del fluido o gas, y también podemos encontrar las de servo-asistencia que funcionan mediante la presión de un fluido lo cual la hace adecuada para sistemas de alta presión.

Un solenoide es una bobina cilíndrica o electroimán, de hilo conductor arrollado en forma de hélice, de manera que la corriente eléctrica genera a su paso por él un intenso campo magnético. Ese campo, convierte la energía eléctrica en mecánica al abrir o cerrar la válvula. (Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras rurales, 2021)

Se utilizan principalmente en automatización industrial, sobre todo en sistemas de riego, automotrices o hasta en electrodomésticos, ya que permiten un control preciso del flujo al poder ajustar la apertura de la válvula según la corriente inducida, lo que permite un funcionamiento eficiente de los sistemas en los que se integran.

1.11.1 Tipos de electroválvulas

1.11.1.1 Electroválvula 2/2 Vías Monoestable

Esta válvula se encuentra cerrada cuando está en estado de reposo. Es una válvula de asiento accionada unilateralmente, lo que significa que va a requerir una corriente eléctrica para su apertura y en el momento en que la corriente pare de fluir, esta retorna a su estado de reposo.

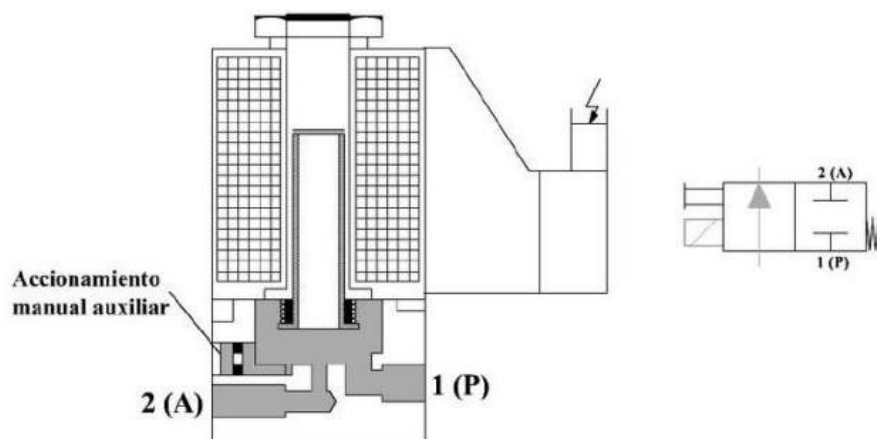


Ilustración 33 Electroválvula 2/2 Vías

1.11.1.2 Electroválvula 3/2 Vías Monoestable

Se denomina electroválvula de asiento debido a su construcción, esta es accionada unilateralmente y es devuelta a su estado de reposo por un muelle. Su característica principal es que permanece abierta en reposo y solo se cierra cuando se aplica una corriente eléctrica.

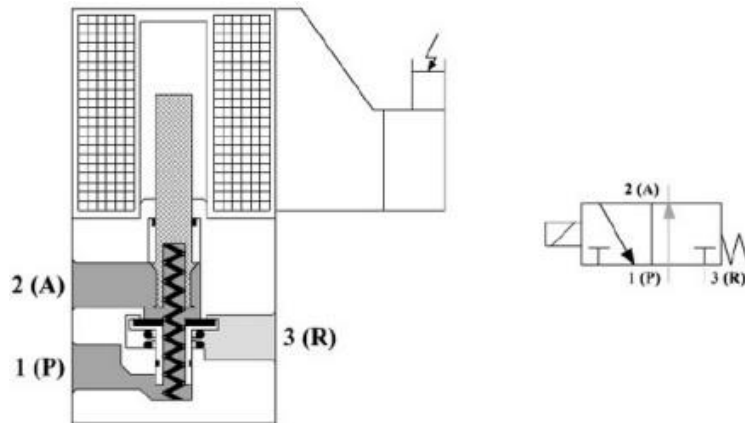


Ilustración 34 Electroválvula 3/2 Vías

1.11.1.3 Electroválvula 4/2 Vías Monoestable

Este tipo de válvula está conformado por 2 electroválvulas de 3/2 vías y pueden controlar un cilindro de doble efecto o de accionar otras válvulas. Sus aplicaciones se ven reflejadas sobre todo en la industria gracias a la versatilidad de su diseño.

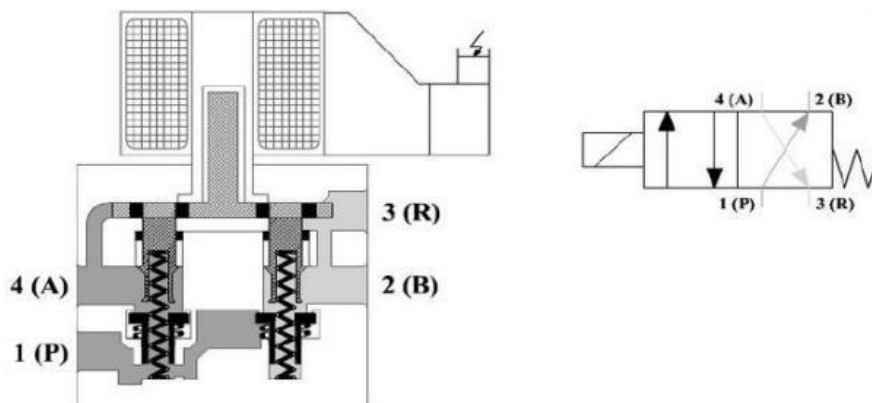


Ilustración 35 Electroválvula 4/2 Vías

1.11.1.4 Electroválvula 5/2 vías monoestables

Sus funciones son iguales a las de las electroválvulas 4/2 vías, pero su diferencia radica en su construcción. A diferencia de las válvulas de asiento, esta posee una corredera lo que permitirá un control del flujo más preciso.

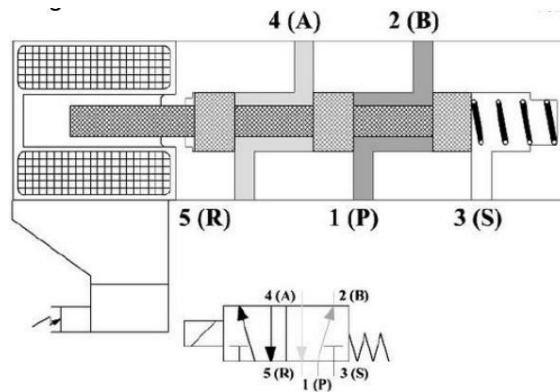


Ilustración 36 Electroválvula 5/2 vías

1.11.1.5 Electroválvula 5/2 vías biestable

Esta versión de la electroválvula 5/2 Vías no posee un muelle que permita el cierre y apertura de la válvula, en su lugar se encuentra un accionamiento eléctrico que permite que la válvula vuelva a su estado de reposo.

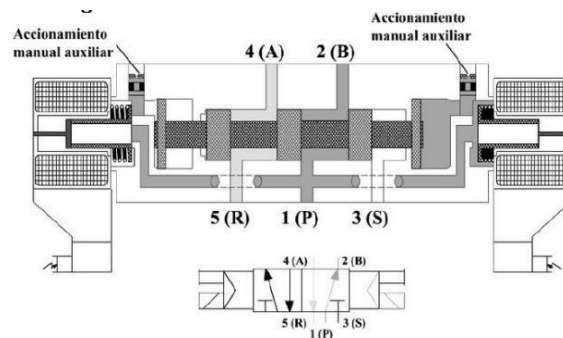


Ilustración 37 Electroválvula 5/2 vías biestable

1.12 Pruebas de inyectores

Cuando los inyectores se encuentran colocados en el motor es imposible observar de manera directa el funcionamiento de los inyectores, para esto es necesario usar un banco de prueba que nos permita visualizar y realizar una inspección detallada y precisa del funcionamiento de los inyectores, lo que nos permitirá identificar daños y otros errores que puedan presentarse para prevenir daños a largo plazo en el motor.

En la ilustración 1.38 podemos observar diferentes patrones de inyección de combustible, se aprecian diferentes tipos de problema que presentan los inyectores al momento de atomizar, problemas que solo se podrían visualizar en un banco de pruebas de inyectores. A pesar de que el motor podría funcionar de manera regular con los inyectores con problemas, se pueden presentar problemas significativos.



Ilustración 38 Patrones de inyección

1.12.1 Fallas en los inyectores

1.12.1.1 Pulverización Correcta

En este patrón de inyección se aprecia una pulverización en forma de abanico, amplio y uniforme. La correcta pulverización garantiza una mezcla homogénea del combustible y una combustión eficiente que es necesaria para el correcto funcionamiento del motor.

1.12.1.2 Abanico con goteo y mala atomización

Este patrón de inyección podría casuar problemas de combustión causado por la distribución no homogénea del combustible. El goteo y una atomización irregular podría afectar los pistones y válvulas debido a que se crean depósitos de carbón, lo que afectará el rendimiento del motor.

1.12.1.3 Inyector con obstrucción

En este patrón de pulverización se observa que se encuentra restringido debido a que existe una obstrucción en el inyector, el resultado de esto será un flujo de combustible reducido y una atomización incorrecta. Como consecuencia de este fallo, existirá una combustión incompleta lo que aumentará las emisiones contaminantes y causará sobrecalentamientos indeseados en el motor dañando sus componentes internos.

1.12.1.4 Inyector con mala pulverización por baja presión

Cuando existe una mala pulverización por la baja presión en el sistema se podrá observar una pulverización débil y dispersa, provocando una atomización deficiente que dará como resultado una mezcla de combustible y aire ineficiente. Esto ocasionará un aumento de combustible, pérdida de potencia y una alta emisión de contaminantes, además de causar problemas de arranque y una marcha irregular del motor.

1.12.2 Tipos de prueba para los inyectores

1.12.2.1 Prueba de estanqueidad

La prueba de fuga tiene como objetivo determinar si existen fugas en la punta del ensamblaje del inyector. Si existen fugas en los inyectores esto podría causar pérdidas de presión o una mezcla de combustible no homogénea

1.12.2.2 Prueba de atomizado

Esta prueba está enfocada en la evaluación de la atomización del combustible y del ángulo de inyección. Un atomizado eficiente es fundamental para una combustión eficiente y no exceder el ángulo de inyección que no exceda los valores preestablecidos del inyector.

1.12.2.3 Prueba de flujo de combustible

La siguiente prueba mide la cantidad de combustible que los inyectores suministran al motor. Esta prueba nos permitirá identificar si existe una deficiencia o exceso en la entrega de combustible por cada uno de los inyectores

1.13 Contactor Electromagnético

El contactor electromagnético es un aparato de maniobra que puede entrar en la categoría de interruptores, este funciona mediante la fuerza de atracción de un electroimán. Su función principal es la de conectar o desconectar, o cambiar de forma automática o manual entre la fuente de alimentación o la carga.

“Los contactos de fuerza son robustos y soportan altas intensidades de corriente, los contactos de maniobra son débiles y se los utiliza para mando” (Manzano, 2015).

Se usa en aplicaciones de pequeña, mediana y gran potencia gracias a su construcción robusta, que necesita poco mantenimiento y ocupa un espacio reducido. Por lo general su uso más común suele ser en el arranque de motores eléctricos gracias a su gran capacidad de soportar grandes picos de corriente.



Ilustración 39 Contactor Electromecánico Trifásico

1.13.1 Partes principales de un contactor

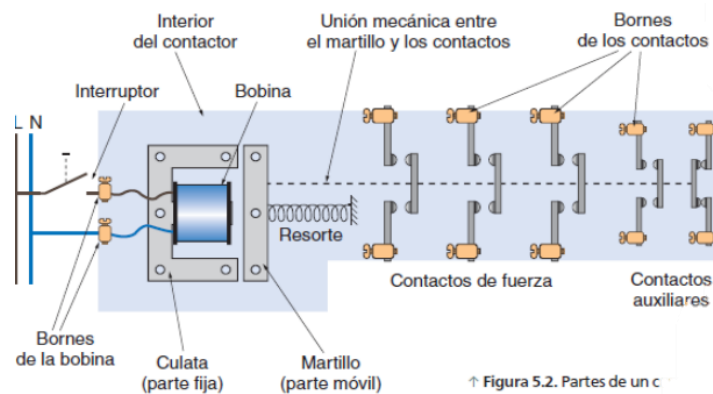


Ilustración 40 Partes de un contactor

1.13.1.1 Electroimán

El electroimán está conformado por una bobina y un circuito magnético. Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina, la culata, el cual es la parte fija del contactor, atrae al martillo, la parte móvil. Este movimiento permite que se cierre el circuito haciendo que los contactos que están unidos al martillo se cierren.

1.13.1.2 Contactos principales

Son la parte del contactor que permiten abrir y cortar la corriente eléctrica del circuito principal. Este proceso se lleva a cabo gracias a la unión o separación de sus contactos que están unidos al martillo. Los contactos son los componentes que soportan las

condiciones de trabajo más difíciles debido a que durante la desconexión se produce un arco eléctrico que se necesita controlar de manera precisa y eficaz.

1.13.1.3 Contactos Auxiliares

Los contactos auxiliares son los elementos del contacto que permiten abrir o cortar la corriente eléctrica en el circuito de mando. Pueden desempeñar funciones tales como enclavamientos, señalización o autorretención. Estos contactos auxiliares normalmente incluyen contactos NC y NO.

“Los contactos auxiliares se identifican con los números “1-2” en los bornes, indicando para el caso de contacto normal cerrado (NC). Para el caso de contacto normal abierto (NA o NO) “3-4”” (Escuela Universitaria de Oficios, 2020).

1.14 Disyuntor

El disyuntor es una aparte de corte y maniobra que tiene el propósito de interrumpir la corriente de falla o de carga, tan rápido como sea necesario o posible. Puede o no, además cumplir la función de aislante (desenlace) de un circuito. (Castro, 1980)



Ilustración 41 Disyuntor Trifásico

1.14.1 Funcionamiento de un disyuntor

Los disyuntores están equipados con sensores, estos miden la intensidad de la corriente que circula por el circuito y la que sale de él. Cuando los sensores detectan una corriente excesiva, se activará un mecanismo que va a separar los contactos del disyuntor. Generalmente, este mecanismo este compuesto por un resorte que se libera cuando se detecta la falla.

Al liberar el resorte, la corriente que circula por el sistema es interrumpida lo que protege a los componentes eléctricos de posibles fallos como incendios o daños. Luego de que el disyuntor haya cumplido con su función es posible reiniciarlo de forma manual o automática, dependiendo de su diseño.

En una situación en la que fluye demasiada corriente eléctrica por una parte del sistema, el interruptor se activa. Al interrumpir el flujo de corriente, evita que se produzcan incendios u otros accidentes que podrían dañar los equipos y lesionar a las personas que se encuentren en los alrededores. (Promelsa, 2024)

1.14.2 Dimensionamiento

1.14.2.1 Amperaje del dispositivo

Para calcular la carga de un disyuntor, el primer paso es conocer el amperaje del dispositivo. Normalmente este dato se suele encontrar en la máquina o aparato en sus datos técnicos.

1.14.2.2 Factor de seguridad

Al conocer el amperaje del dispositivo, este debe multiplicarse por un factor de seguridad de 0,8. La razón de esto es debido a que los disyuntores no deben operar a

más del 80% de su capacidad. El resultado de este cálculo nos dará la capacidad de carga segura del disyuntor.

1.14.2.3 Consumo de amperaje de los dispositivos

Por último, se calcula el consumo de amperaje de todos los dispositivos que se conecten al circuito. La suma de del consumo de cada uno de estos dispositivos permite no exceder la capacidad de carga del disyuntor.

1.15 Controlador Lógico Programable (PLC)

“Un PLC, o controlador lógico programable, es un dispositivo electrónico creado para gestionar en tiempo real los procesos secuenciales en un entorno industrial. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, cuentas; y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc” (Molinari, 2004).

La función principal de un PLC es controlar procesos secuenciales en industrias en tiempo real. Estos tienen la capacidad de realizar tareas como temporizaciones, conteos o funciones lógicas en serie o paralelo.



Ilustración 42 PLC LOGO

1.15.1 Partes de un PLC

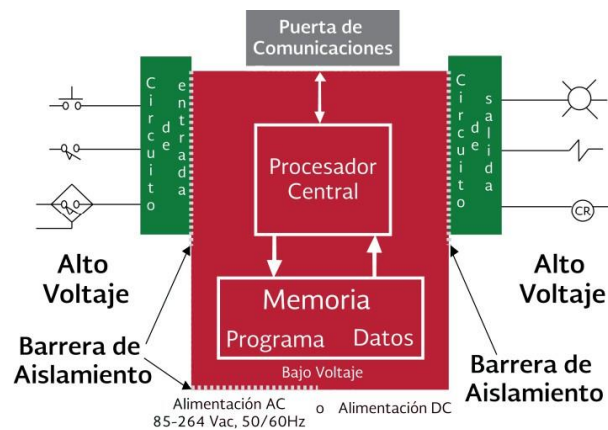


Ilustración 43 Arquitectura del PLC

1.15.1.1 Unidad de Procesos Centrales (CPU)

La función del CPU es la de coordinar todas las operaciones del sistema. La CPU es la encargada de interpretar las instrucciones dadas por el usuario en su programación y activar las salidas correspondientes dependiendo de la información recibida por las entradas. Funciona mediante lógica binaria, trabajan con base de 16 bits y hasta 32 bits en sistemas más actuales.

1.15.1.2 Memorias

Los PLC disponen de varias memorias, como la memoria RAM, la cual es la encargada de permitir la lectura y escritura de datos temporales, ya que la información se pierde al apagarse el dispositivo. La memoria ROM, su función es parecida a la memoria RAM ya que también se encarga de la lectura y escritura de datos, pero su contenido es dado por el fabricante y es permanente. Por último, disponen de memorias EEPROM y EPROM, que se usan para el almacenamiento y copia de programas de forma permanente aun cuando el dispositivo este apagado.

1.15.1.3 Entradas y salidas

En gran cantidad de PLC, la parte que corresponde al sistema de entradas y salida es la parte más grande del sistema, ya que corresponde a la interfaz de comunicaciones entre los dispositivos tanto de entrada como de salida con el CPU.

“Dentro de la estructura del controlador programable, las interfaces o módulos de entradas y salidas cumplen la función de conectar el equipo con “la vida exterior “o mundo exterior de la CPU” (Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2017).

“Dentro de la estructura del controlador programable, las interfaces o módulos de entradas y salidas cumplen la función de conectar el equipo con “la vida exterior “o mundo exterior de la CPU” (Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2017).

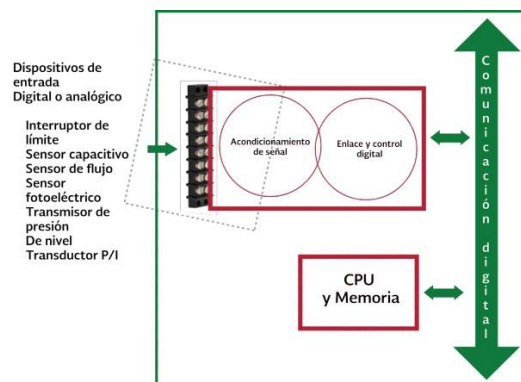


Ilustración 44 Interfaz de entrada

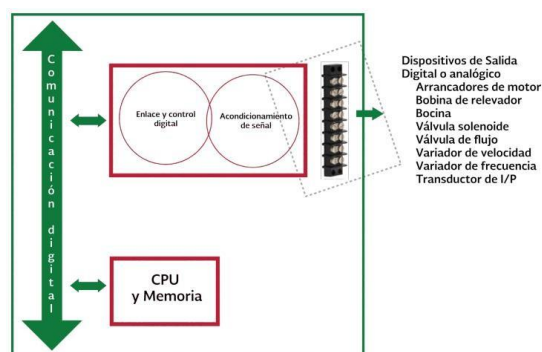


Ilustración 45 Interfaz de salida

En aplicaciones industriales los dispositivos que más se suelen utilizar en las entradas suelen ser sensores, interruptores, termostatos, finales de carrera, pulsados, etc.

En cuanto a los dispositivos que más se utilizan en las salidas podemos encontrar a reguladores de velocidad, contactos, lámparas indicadoras, etc.

1.15.2 Funcionamiento de un PLC

1.15.2.1 Lectura de entradas

El primer paso es tomado por el CPU, el cerebro del PLC, este se encarga de interpretar las señales que envían los dispositivos conectados a las entradas, ya sea sensores u otro dispositivo. La información que recibe el CPU es el estado en tiempo real del dispositivo, luego de esto el CPU se encarga de almacenar la información en su memoria para poder ejecutar el siguiente paso. (SIEMENS, 2001-2003)

1.15.2.2 Ejecución del programa

Con la información recopilada mediante los dispositivos de entrada, el CPU corre la programación del usuario, el cual es el que va a definir qué acciones deberá ejecutar el PLC en función de los datos recopilados y almacenados. El CPU realizara los cálculos necesarios para tomar decisiones lógicas que definirán el siguiente paso. (Zúñiga, 2022) menciona que “El sistema Ladder es un lenguaje de programación inspirado en el concepto tradicional de la lógica cableada, Se basa en barras de alimentación, elementos de enlace, contactos, bobinas y bloques funcionales”.

1.15.2.3 Actualización de salidas

Por último, luego del procesamiento de datos y la toma de decisiones por parte del CPU en base a la programación del usuario, este último actualiza las salidas del PLC. Se

envían las señales a los dispositivos correspondientes como contactores o válvulas que en base a la información recibida se realizara las acciones correspondientes para que el sistema funcione adecuadamente. (SIEMENS, 2001-2003)

1.16 Motores Eléctricos de corriente alterna

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas estacionarias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Funcionan mediante el uso de campos magnéticos y corrientes eléctricas para generar fuerza y movimiento. Básicamente, los componentes principales de un motor eléctrico incluyen un estator (la parte estacionaria) y un rotor (la parte móvil). Cuando la electricidad fluye a través de los conductores en el motor, se crea un campo magnético que interactúa con el rotor, haciéndolo girar y proporcionando la energía mecánica necesaria para realizar trabajo, como mover un ventilador, hacer funcionar una máquina, o propulsar un vehículo eléctrico.

En las actividades industriales y comerciales es necesario mover distintos procesos productivos, maquinaria y equipos diversos, como ventiladores, bandas transportadoras, bombas de agua, escaleras eléctricas, compresores, taladros, es decir, un sinnúmero de aplicaciones mecánicas que requieren movimiento. La forma más fácil de llevar a cabo ese movimiento es mediante un motor eléctrico. (Fundación Red de Energía, 2009)



Ilustración 46 Motor Eléctrico Trifásico

1.16.1 Estructura de un motor eléctrico

1.16.1.1 Estator (Elemento Fijo)

Es la parte externa del motor y se encuentra fija y posee la capacidad magnética del motor. Está conformado por polos magnéticos y un embobinado compuesto por alambre de cobre. El motor eléctrico hace uso de los polos magnéticos, que actúan como imanes, para generar el movimiento del rotor. Su funcionamiento está basado en la ley de atracción de los imanes, las cargas iguales se repelen y las opuestas se atraen.

Gracias a la corriente eléctrica que circula a través del bobinado de cobre se genera un campo magnético, lo cual asegura que los polos magnéticos del rotor se encuentren en constante repulsión, debido a la similitud de cargas. De esta forma las fuerzas de repulsión y atracción generan el movimiento circular del rotor, también llamado torque.



Ilustración 47 Estator de motor eléctrico

1.16.1.2 Rotor (Elemento móvil)

Es la parte del motor eléctrico que gira a altas velocidades, debido a la acción de los campos magnéticos generados por el estator. La velocidad a la que rota se expresa en rpm (revoluciones por minuto), la cual es el resultado del número de polos magnéticos

que posea el estator. Esta parte se apoya en unos cojinetes de rozamiento o también llamados baleros.

CAPÍTULO II: Cálculo y diseño

2.1 Circuitos eléctricos

2.1.1 Consideraciones primordiales para el diseño de los circuitos eléctricos.

Para poder diseñar un circuito de potencia y control es necesario saber el empleo que va a realizar el equipo, para poder diseñar bien el circuito de control se deben conocer las variables que se desarrollarán para cumplir con el proceso, para el circuito de potencia sus elementos serán seleccionados según el cálculo.

2.1.2 Control del sistema

El control total del sistema será controlado por el relé programable (LOGO), este permitirá activar el tipo de prueba seleccionada por el usuario, este control constará con dos tipos de prueba, una para el control de inyección electrónica y el segundo para el sistema de inyección mecánica.

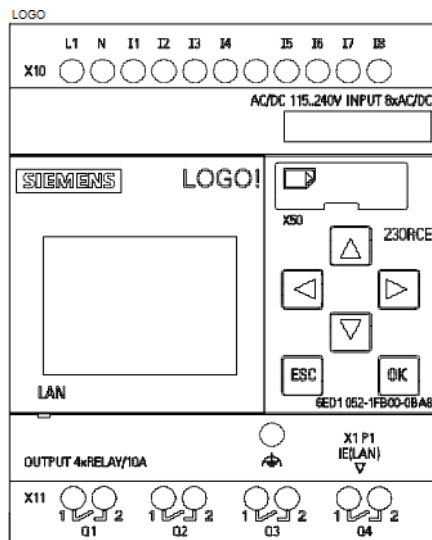


Ilustración 48 Relé Programable LOGO

2.1.3 Diseño del circuito de control de la inyección mecánica

El motor eléctrico hará girar la bomba de inyección mecánica, cabe indicar que existen bombas de inyección con sentidos de giro horarios y antihorarios, para ello el circuito de control tendrá para controlar el sentido de giro que se necesite.

El relé programable a través de sus entradas supervisará cuando exista una sobre carga en el sistema de inyección mecánica, esta señal será enviada por el relé térmico del circuito de potencia a través de sus contactos auxiliares NC/NO, dejará enviar una señal eléctrica a través del contacto auxiliar NC del relé térmico al LOGO y este detendrá el proceso indicándolo en la pantalla de interfaz y el contacto NO del relé térmico encenderá una luz piloto de color rojo H3. Indicará que sentido de giro esta seleccionado, el sentido de giro se hará mediante pulsadores de marcha S.H y S. AH, indicándose en la pantalla cuando uno de los giros está activado y mediante una luz piloto de color verde H1 y H2. A través de la salida Q3 del relé programable, este accionará el circuito de control de un motor eléctrico de 3 HP.

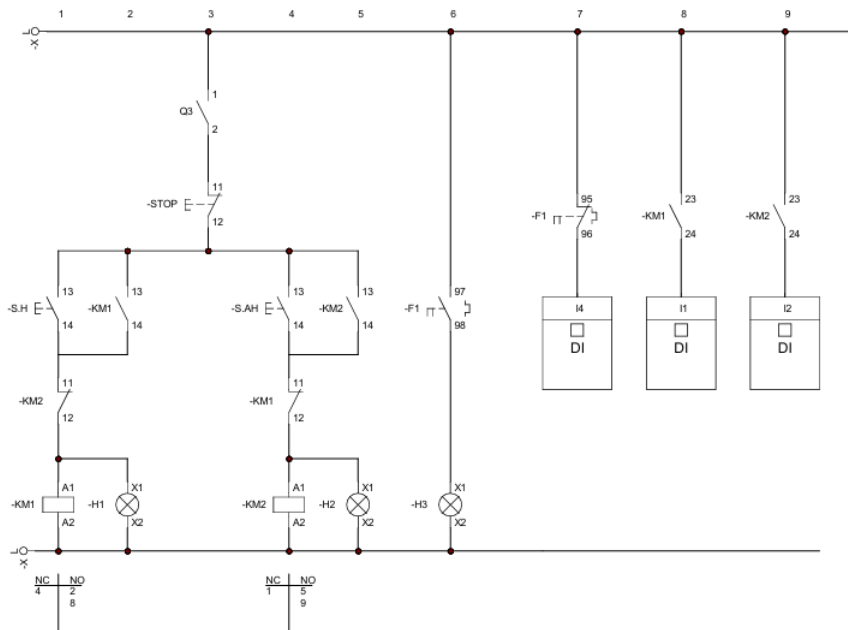


Ilustración 49 Circuito de control de inyección mecánica.

2.1.4 Diseño del circuito de potencia de la inyección mecánica

Datos técnicos del motor eléctrico

Motor eléctrico Leeson

Potencia (HP)	3
Hz	60
V	208-230
Cos φ	0.85

Tabla 3 Datos técnicos Motor eléctrico

2.1.4.1 Cálculo para el dimensionamiento del circuito de potencia

2.1.4.1.1 Cálculo para selección del Breaker

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi \quad (W)$$

Ecuación 1 Potencia eléctrica

$$I = \frac{P(HP) * 745}{U * \sqrt{3} * \cos \varphi}$$

Ecuación 2 Cálculo de corriente

$$I = \frac{3 * 745}{220 * \sqrt{3} * 0.85}$$

$$I = 6.91 A$$

Para la selección del breaker se considera un factor de seguridad de 1,2.

$$I_B > I * 1.2$$

$$I_B > 8.29 A$$

Ecuación 3 Factor de seguridad del breaker

Curvas B, C, D calibres de 6 A a 63 A.

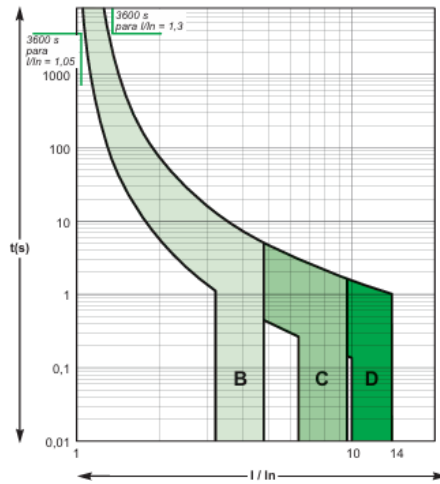


Ilustración 50 Curvas de disparo, según la normativa UNE-EN 60947-2

Se seleccionará un breaker con una curva de disparo tipo C de 10 Amp.

Para la selección del contactor se considera un factor de seguridad de 1,25.

$$I_c > I * 1.25$$

$$I_c > 8.64 A$$

Ecuación 4 Factor de seguridad del contactor

Se usará un contactor de 12 A.

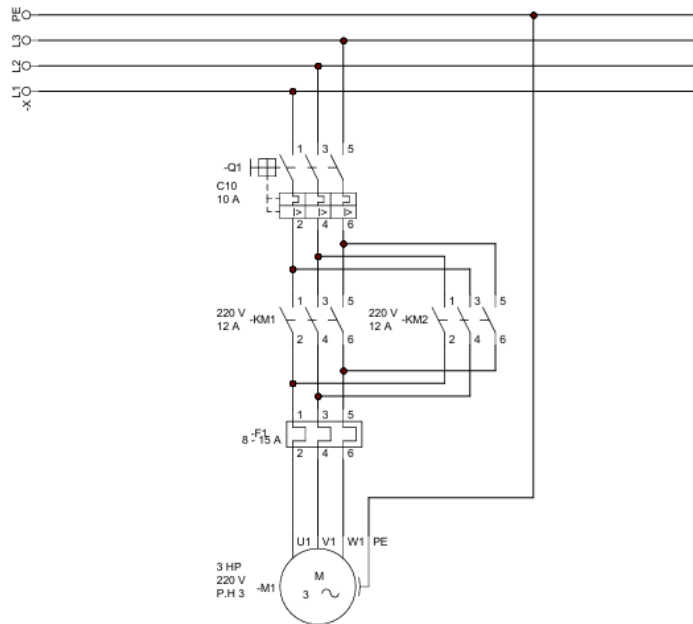


Ilustración 51 Circuito de potencia de máquina de pruebas para inyectores

2.1.5 Diseño del circuito de la inyección electrónica

La inyección electrónica estará controlada por una tarjeta de control que permitirá seleccionar los parámetros como el número de inyecciones, apertura de las electroválvulas, encendido de la bomba de combustible. La tarjeta estará activa, controlada por el LOGO, para su activación se hará en la pantalla de interfaz, donde el usuario seleccionará, el tipo de prueba que será la inyección electrónica.

2.1.5.1 Diseño de la tarjeta electrónica

La tarjeta electrónica controlará la frecuencia de apertura de los inyectores a través de un circuito integrado NE555, con una configuración adecuada para poder ejecutar los anchos de pulso de la señal que se enviará a los inyectores.

2.1.5.1.1 Cálculo para la tarjeta electrónica.

Para calcular los elementos electrónicos de la tarjeta debemos determinar el time high y el time low, que es tiempo de apertura y cierre de la inyección de combustible del inyector.

Esta señal se consigue con el oscilador NE555.

Resistor R1 y R2	3.3 K Ω
Capacitor electrolítico C	10 uF
Potenciómetro	100 K Ω

Tabla 4 Datos técnicos del oscilador NE555

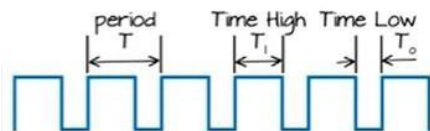


Ilustración 52 Señal de onda cuadra de periodo, tempo alto y tiempo bajo

Tiempo alto (Time High)

$$t_{High} = T1 = \ln(2) * (R1 + R2) * C$$

$$t_{High} = T1 = \ln(2) * (3.3K\Omega + 3.3K\Omega) * 10\mu F$$

$$t_{High} = T1 = 45.74 \text{ milisegundos}$$

Ecuación 5 Cálculo de tiempo alto

Tiempo bajo (Time Low)

$$t_{Low} = T0 = \ln(2) * R2 * C$$

$$t_{Low} = T0 = \ln(2) * 3.3\Omega * 10 \mu F$$

$$t_{low} = T0 = 22.87 \text{ milisegundos}$$

Ecuación 6 Cálculo de tiempo bajo

Frecuencia de oscilación

$$f = \frac{1}{\ln(2) * C * (R_1 + (2 * R_2))}$$

$$f = \frac{1}{\ln(2) * 10\mu F * (3.3\Omega + (2 * 3.3\Omega))}$$

$$f = 14.57 \text{ Hz}$$

Th(ms)	45.74
Tl(ms)	22.87
F(Hz)	14.57

Elaboración de la tarjeta en software

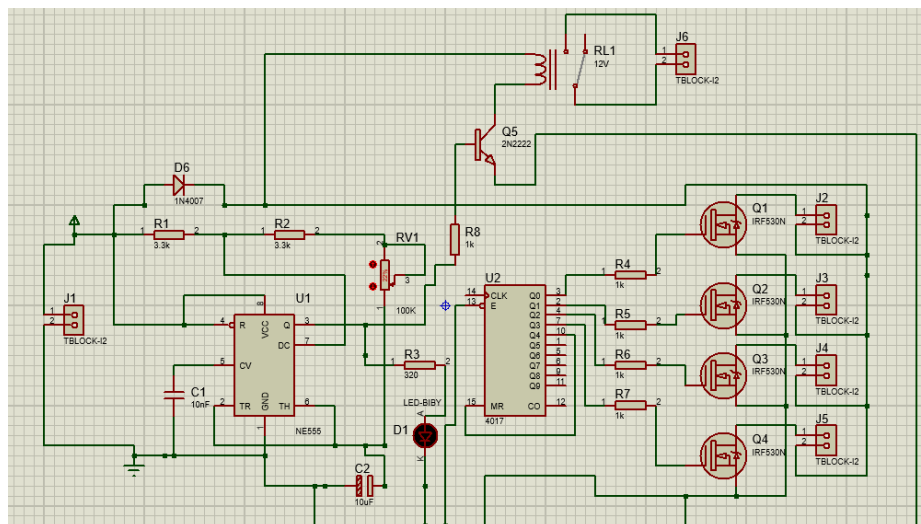


Ilustración 53 Diagrama de tarjeta generadora de pulsos

Diseño de la PCB en Proteus.

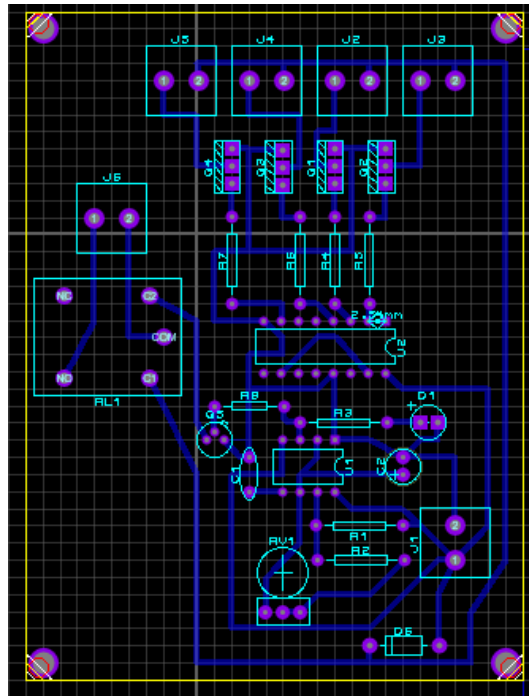


Ilustración 54 Diseño de la placa generadora de pulsos en proteus

2.1.6 Diseño del circuito de control de la tarjeta electrónica

La activación de la tarjeta estará controlada por el LOGO, a través de su salida Q1, que cerrará la alimentación de 12V que viene de la fuente de poder. Los parámetros se introducirán en la tarjeta electrónica, que permitirá la activación de los inyectores.

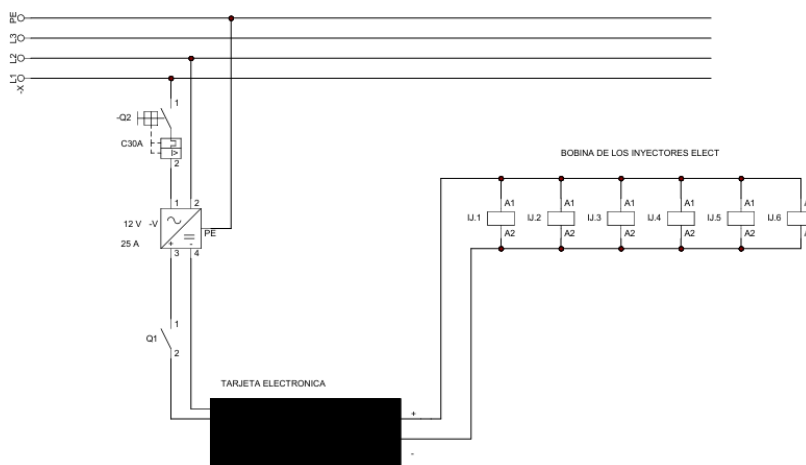


Ilustración 55 Circuito de control de la placa generadora de pulsos

2.2 Diseño del tablero de control

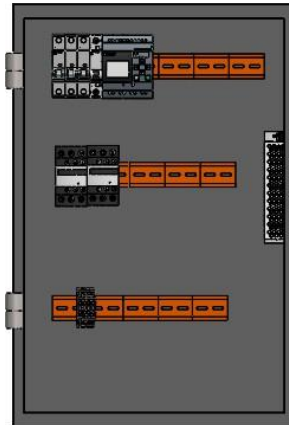


Ilustración 56 Disposición de las protecciones eléctricas en el tablero de control

2.3 Diseño de la mesa

Para el diseño de la mesa se toma en cuenta las necesidades de la máquina, tanto el espacio requerido para el tablero de control, para la bomba de inyección, el motor eléctrico y la base de las probetas graduadas. Se usará planchas de acero naval de 6 mm de grosor, el tipo de acero es ASTM A131 bajo la norma NTE INEN 115. Son aceros de media y alta resistencia.



Ilustración 57 Mesa base para la máquina de pruebas

2.4 Diseño del sistema de drenado

El sistema de drenado para el combustible se activará por la placa electrónica, esta accionará las electroválvulas, las cuales funcionan con 12V en DC. El objetivo de este sistema es drenar el combustible y regresarlo al reservorio una vez terminada la prueba de inyección.

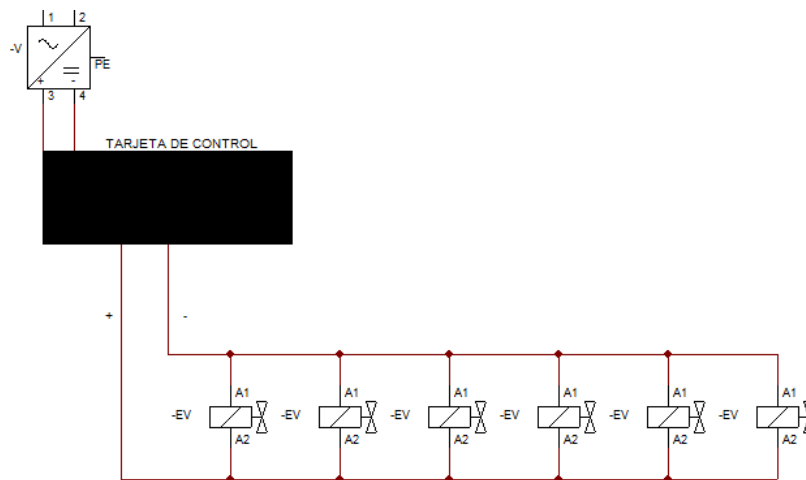


Ilustración 58 Diagrama del sistema de drenado

2.5 Selección de la bomba de combustible.

Para la selección de la bomba de combustible debe conocerse la presión que necesitan los inyectores para su funcionamiento, los inyectores electrónicos de gasolina necesitan entre 50 y 80 psi, considerando que la bomba estará en la parte inferior de la mesa necesitará tener una mayor capacidad debido al diferencia de altura, si se selecciona una bomba de combustible de 80 psi debido a la diferencia de altura la presión necesaria en el riel de inyección no será la necesaria. Para ello se usará una bomba de mayor capacidad para evitar la caída de presión.

2.5.1 Diseño del circuito para la bomba de combustible

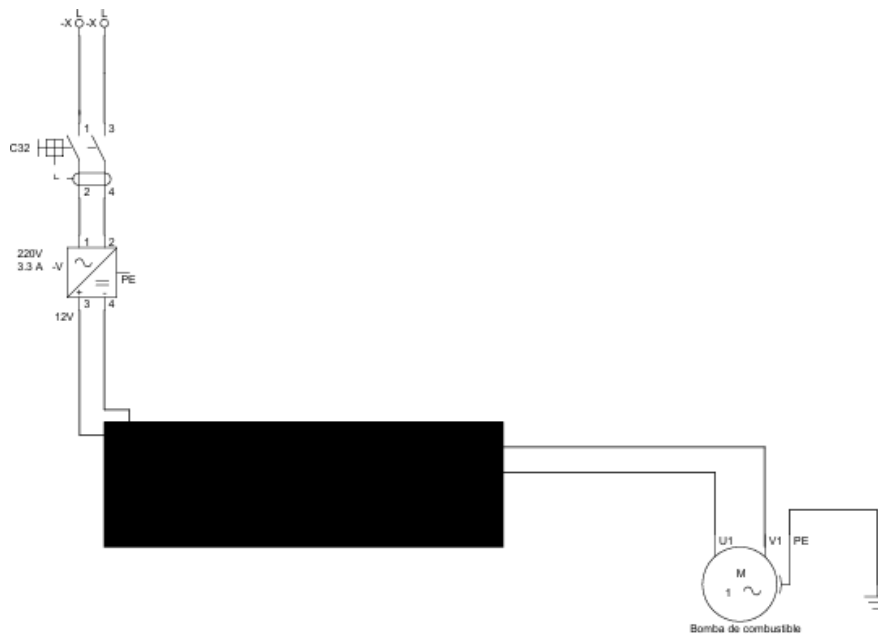


Ilustración 59 Circuito de control de la bomba de combustible

2.6 Cálculo y diseño del riel de combustible.

Para el diseño de riel de combustible es necesario conocer los rangos de presiones en los que trabajara el sistema, los rangos de presión de los inyectores son de 50 psi hasta 80 psi. Teniendo estos datos, se realiza el riel para una presión de hasta 100 psi.

Para determinar el espesor mínimo utilizaremos la ecuación de Barlow, que dice lo siguiente:

$$e = \frac{P \times D}{\sigma_t}$$

Ecuación 6 Ecuación de Barlow

Donde:

- e es el espesor

- P es la presión del sistema (interna)

- D es el diámetro externo (mm)
- σ_t esfuerzo del material

Donde σ_t esta definida con la siguiente ecuación:

$$\sigma_t = FS * \sigma_f$$

Ecuación 7 Esfuerzo del material

Donde:

- FS es una constante de reducción y es de 0,6
- σ_f es el límite de resistencia del material a utilizar

Para riel de combustible del sistema de inyección a gasolina (electrónico) utilizaremos Aluminio 6061. Su resistencia a la tracción es de 35000 psi, una vez conocidos los datos y transformando las medidas, se efectúa el cálculo.

$$\sigma_t = 0,6 * 2460,74 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\sigma_t = 1476,44 \frac{Kg}{cm^2}$$

Se procede a calcular el espesor necesario.

$$e = \frac{7,031 \frac{Kg}{cm^2} \times 23mm}{2 \times 1476,44 \frac{Kg}{cm^2}}$$

$$e = 0,55 \text{ mm}$$

Ecuación 8 Espesor mínimo

Como se puede observar el espesor que se requiere es muy pequeño en el mercado no se

encuentra este tipo de espesores en tuberías, para ello se usará una barra de metal y se

realizará los orificios, el riel de combustible se hará para que se pueden realizar pruebas de 6 inyectores a la vez.

CAPÍTULO III: Construcción

3.1 Elaboración de la mesa de trabajo

La mesa de trabajo se la hizo de un metal con un espesor considerable para las condiciones de trabajo, se soldaron los componentes con equipo de soldadura de arco con varilla de soldar de E-6011.

Plancha de acero ASTM A131	125cm*80cm*0,6cm
Tubos de acero ASTM A131	4cm*600cm*0,3cm

Tabla 5 Materiales de construcción para la mesa de trabajo



Ilustración 60 Soldadura de la estructura de la mesa



Ilustración 61 Mesa de trabajo antes de su acabado

3.2 Elaboración de la tarjeta electrónica

Una vez hecho el diseño en el software, se envió a elaborar la PCB en un router CNC, para tener un mejor acabado en las pistas. Se usaron los materiales mencionados en la tabla 6. Esta tarjeta ayudará a controlar los parámetros para la inyección electrónica como número de inyecciones, revoluciones por minuto y tiempo de apertura de la inyección.

Categoría	Cantidad	Referencias	Valor
Condensadores	1	C1	10nF
Condensadores	1	C2	10uF
Resistencias	2	R1-R2	3.3k
Resistencias	1	R3	320
Resistencias	4	R4-R7	1k
Resistencias	1	R8	1k
Integrados	1	U1	NE555
Integrados	1	U2	4017
Transistores	4	Q1-Q4	IRF530N
Transistores	1	Q5	2N2222
Diodos	1	D1	LED-BIBY
Diodos	1	D6	1N4007
Miscelánea	6	J1-J6	TBLOCK-I2
Miscelánea	1	RL1	12V
Miscelánea	1	RV1	100K

Tabla 6 Materiales electrónicos de la placa generadora de pulsos

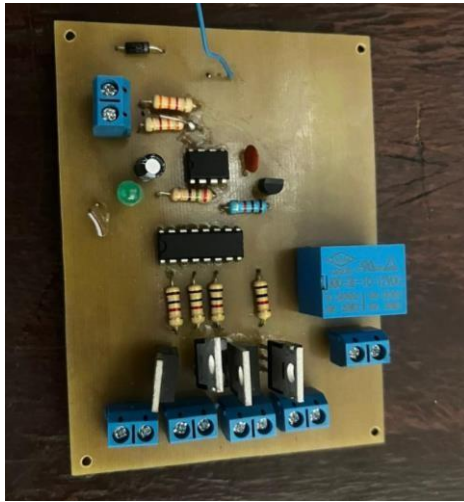


Ilustración 62 Versión de prueba de la placa generador de pulsos

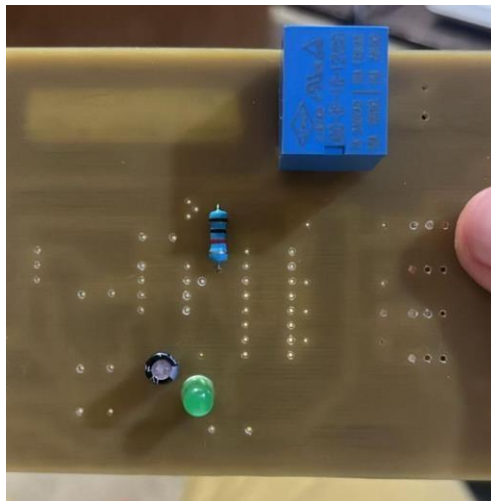


Ilustración 63 Versión de prueba de la placa generadora de pulsos parte posterior



Ilustración 64 Versión final de la placa generadora de pulsos}

3.3 Elaboración del cableado del circuito de control.

En la elaboración del tablero de control, se comienza ubicando los elementos de protección, fuentes de poder, contactores y relé térmicos. Una vez colocados los elementos se procedió a realizar el cableado de potencia y de control del circuito. El circuito será controlado en el tablero de mando, donde se encontrarán los pulsadores de marcha y paro, las luces pilotos, el hongo de emergencia, los botones de la tarjeta electrónica para la selección de parámetros y el logo. Se detallan:

- 1 gabinete
- 1 pulsador de paro
- 2 pulsadores de marcha
- 1 hongo de emergencia
- 1 breaker de 32A de tres polos
- 2 breaker de 2 A de un polo
- 1 breaker de 16 A de tres polos
- 1 logo 230 RCE
- 1 Fuente de poder de 12v 25 A
- Borneras



Ilustración 65 Tablero de control



Ilustración 66 Montaje del tablero de control

3.4 Ensamblaje de las probetas en la mesa

Se ensamblaron 6 probetas de 120 ml para revisar y tener una medida exacta del volumen de inyección de combustible de los inyectores. Se detallan los materiales:

- 6 probetas de 120 ml
- 8 espárragos de 3/16
- Base para las probetas
- Tapas para las probetas



Ilustración 67 Montaje del estante de probetas en la mesa de trabajo



Ilustración 68 Estante de probetas

3.5 Sistema de drenaje de combustible

Se ensamblaron las electroválvulas en la parte inferior de la mesa, para que estas sean activadas cuando finalicen la prueba y así puedan drenar el combustible de las probetas. Para drenar el combustible se verificará que tipo de pruebas se realiza si es para inyectores a gasolina o Diésel, para así poder abrir y cerrar la llave de paso rápido que se necesite. Ejemplo si esta está haciendo pruebas para inyectores gasolina tiene que abrir la llave del tanque de pruebas de inyectores electrónicos para drenar y viceversa si realiza prueba de los inyectores mecánicos Diésel.

- 6 electroválvulas de 12v

- 2 llaves de paso rápido de ½”
- 2 codos de 90° de ½”
- 2 metros de Tubería de ½”
- 1 Tee de ½”
- 1 tapón de ½”



Ilustración 69 Sistema de drenado por electroválvulas

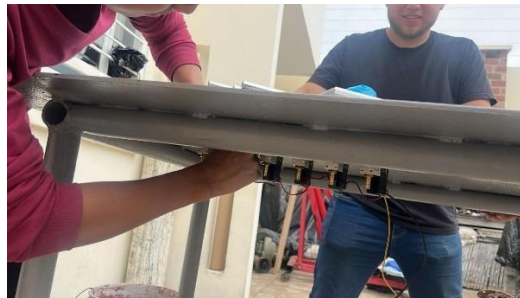


Ilustración 70 Sistema de drenado por electroválvulas

3.6 Ensamblaje de la bomba de inyección

La bomba de inyección que se usará para realizar las pruebas de los inyectores mecánicos Diésel, conectada al motor eléctrico mediante un sistema de transmisión de potencia mecánica.

- 1 polea
- 1 eje de 20 cm
- 1 chumaceras de 25 mm para piso

- 1 banda
- 1 base para chumaceras en C
- 18 tuercas de 3/8
- 18 arandelas planas



Ilustración 71 Bomba de inyección en la mesa de trabajo



Ilustración 72 Montaje de la polea en la bomba de inyección

3.7 Ensamblaje de motor eléctrico

El motor eléctrico se ubicará detrás del tablero de control, estará conectado al circuito de potencia protegido por su breaker y el relé térmico, conectado a la bomba de

inyección mediante sistema de transmisión mecánica, estará empernado en la mesa con pernos de 5/16 con sus respectivas tuercas y arandelas.



Ilustración 73 Montaje del motor eléctrico en la mesa de trabajo

3.8 Sistema de combustible

Para el sistema de combustible se usará mangueras de 5/16 de 20 bares para llevar el combustible impulsado por la bomba de combustible hacia el riel de inyección, usando un manómetro para saber la presión del sistema de combustibles.

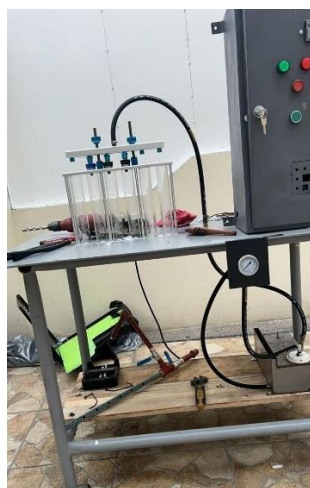


Ilustración 74 Sistema de combustible de inyectores electrónicos

CAPITULO IV: Análisis y Resultados

4.1 Pruebas en inyectores electrónicos a gasolina

Para verificar el funcionamiento de la máquina de pruebas de inyectores mecánicos y electrónicos en sistemas convencionales se realizará pruebas en diferentes inyectores, demostrando que la máquina es funcional. En el siguiente análisis se visualizará imágenes del funcionamiento de la máquina de pruebas y de las pruebas que se realizaron a 3 inyectores electrónicos Datsun.



Ilustración 75 Prueba #1 de inyectores electrónicos

Prueba Numero 1	
Presión de comprobación	75 psi
RPM	1000
Tiempo de apertura	3 ms
Numero de pulsaciones	700
Prueba de Caudal	Inyector 1: 58 ml Inyector 2: 48 ml

	Inyector 3: 94 ml
Prueba de estanqueidad	Inyector 1: Gotea Inyector 2: Gotea Inyector 3: ok
Prueba pulverización	Inyector 1: Ángulo de atomización incorrecto Inyector 2: Atomización con goteo y mala pulverización Inyector 3: ok

Tabla 7 Parámetros prueba #1 de inyectores electrónicos

Prueba de inyección #1	
Inyector	Volumen (ml)
Inyector 1	58
Inyector 2	48
Inyector 3	94

Tabla 8 Datos de la prueba de caudal

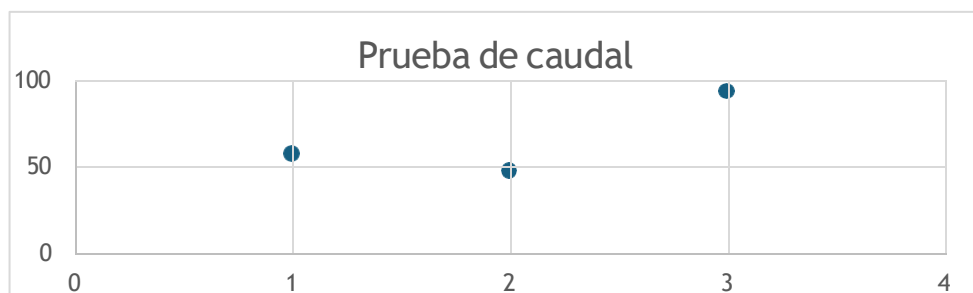


Ilustración 76 Comparación de resultados obtenidos en la prueba de caudal

4.1.2 Análisis de los resultados obtenidos prueba #1

Los datos de la prueba bajo condiciones de presión de 75 psi y 700 pulsaciones, dan como resultado en la prueba de caudal indican que los inyectores no están inyectando en cantidades iguales, los datos muestran que los resultados varían entre 58 y 94 ml trabajando bajo las mismas condiciones, en la prueba de estanqueidad que los inyectores 1 y 2 se encuentran con una falla, mientras el inyector 3 se encuentra totalmente estanco, en la prueba de pulverización el inyector 1 presentó un ángulo de inyección anormal, el inyector 2 presentó goteo al momento de la inyección y el inyector número se encuentra atomizando con normalidad.



Ilustración 77 Prueba #2 de inyectores electrónicos

Prueba Número 2	
Presión de comprobación	75 psi
RPM	1000
Tiempo de apertura	3 ms
Numero de pulsaciones	800
Prueba de Caudal	Inyector 1: 46 ml Inyector 2: 48 ml Inyector 3: 106 ml
Prueba de estanqueidad	Inyector 1: Gotea

	<p>Inyector 2: Gotea</p> <p>Inyector 3: ok</p>
Prueba pulverización	<p>Inyector 1: Ángulo de atomización incorrecto</p> <p>Inyector 2: Atomización con goteo y mala pulverización</p> <p>Inyector 3: ok</p>

Tabla 9 Parámetros prueba #2 de inyectores electrónicos

Prueba de inyección #1	
Inyector	Volumen (ml)
Inyector 1	46
Inyector 2	48
Inyector 3	106

Tabla 10 Datos de la prueba de caudal

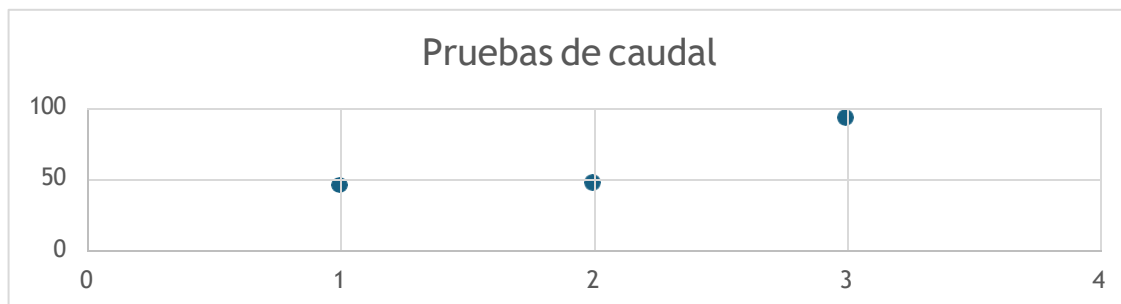


Ilustración 78 Comparación de resultados obtenidos en la prueba de caudal

4.1.3 Análisis de los resultados obtenido prueba #2

Los datos de la prueba bajo una presión de 75 psi y a 700 pulsaciones dan como resultado en la prueba de caudal indican que los inyectores no están inyectando en cantidades iguales, los datos muestran que los resultados varían entre 46 y 106 ml trabajando bajo las mismas condiciones, en la prueba de estanqueidad que los inyectores 1 y 2 se encuentran con una falla, mientras el inyector 3 se encuentra totalmente

estanco, en la prueba de pulverización el inyector 1 presentó un ángulo de inyección anormal, el inyector 2 presentó goteo al momento de la inyección y el inyector 3 se encuentra atomizando con normalidad.

4.1.4 Análisis y recomendación generales

Durante las pruebas realizadas se analizó 2 resultados similares en las que los inyectores trabajaron bajo condiciones diferentes, los datos obtenidos demostraron que los inyectores 1 y 2 se encuentran con fallas por lo que se recomienda que sean reemplazados, el inyector 3 funciona con relativa normalidad, pero se mostró variaciones en su prueba de caudal por lo que se recomienda que se realice una limpieza del inyector.

4.2 Pruebas en inyectores mecánicos Diésel

En el siguiente análisis se visualizará imágenes del funcionamiento de la máquina de pruebas en su aparatado de inyectores mecánicos Diésel, se utilizó una bomba de inyección Isuzu 6GB1 trabajando a un 1000 rpm para iniciar.



Ilustración 79 Prueba de inyectores mecánicos

Prueba de inyección mecánica Diésel	
RPM	1000
Tiempo de la prueba	20 segundos
Prueba de Caudal	Inyector 1: 100 ml Inyector 2: 90 ml Inyector 3: 94 ml Inyector 4: 94 ml Inyector 5: 80 ml Inyector 6: 78 ml
Prueba de estanqueidad	Inyector 1: Ok Inyector 2: ok Inyector 3: ok Inyector 4: ok Inyector 5: gotea Inyector 6: gotea
Prueba pulverización	Inyector 1: ok Inyector 2: atomización irregular Inyector 3: ok Inyector 4: ok Inyector 5: atomización irregular Inyector 6: atomización irregular

Tabla 11 Parámetros prueba de inyectores mecánicos

Pruebas de inyectores mecánicos Diésel	
Inyectores 1	100 ml
Inyectores 2	90 ml
Inyectores 3	94 ml
Inyectores 4	94 ml
Inyectores 5	80 ml
Inyectores 6	78 ml

Tabla 12 Datos de la prueba de caudal en inyectores mecánicos

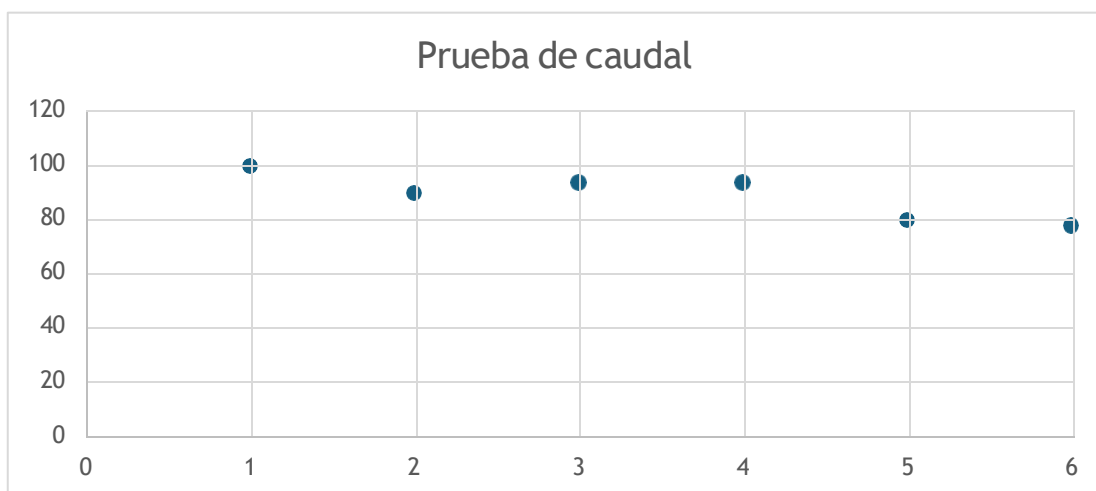


Ilustración 80 Comparación de resultados obtenidos en la prueba de caudal en inyectores mecánicos

4.1.1 Análisis de los resultados obtenidos

Los datos de la prueba trabajando bajo condiciones iniciales de 1000 rpm durante 20 segundos, dieron como resultado en la prueba de caudal datos que oscilan entre 78 y 100 ml, en las pruebas de estanqueidad los inyectores desde el número 1 al número 4 son completamente estanco y los inyectores 5 y 6 no pasaron la prueba ya que presentaron goteo, en la última prueba, correspondiente a la prueba de atomización los inyectores del número 1 al 3 trabajaron con normalidad, mientras que el inyector 4 presentó una atomización ligeramente anormal, los inyectores 5 y 6 presentaron una atomización incorrecta y con goteo.

4.1.2 Análisis y recomendaciones generales

Durante las pruebas realizadas se analizó los resultado en las que los 6 inyectores trabajaron bajo condiciones iniciales de 1000 rpm durante 20 segundos, los datos obtenidos demostraron que los inyectores 1, 2 y 3 se encuentran trabajando con normalidad, el inyector 4 funciona con relativa normalidad pero se recomienda una revisión más a fondo para determinar si es necesario su reemplazo, y por último los inyectores 5 y 6 demostraron que se encuentra con fallas ya que no lograron pasar

ninguna de las pruebas a la que fue sometido y presentaron atomización irregular y goteo por lo que en base a los resultados obtenido se recomienda su reemplazo.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

En conclusión, la máquina de pruebas para inyectores mecánicos y electrónicos en sistemas convencionales ha permitido evaluar de forma eficiente el rendimiento de los inyectores, midiendo de forma precisa la cantidad de combustible inyectado y su capacidad de realizar pruebas bajo distintas condiciones de trabajo ha demostrado que la máquina de prueba es una forma segura de identificar fallos y entender el funcionamiento de los inyectores. Esta máquina de pruebas no solo aportará a la comunidad estudiantil en su conocimiento teórico, sino que permitirá desarrollar más investigaciones en el área de sistemas de inyección. Es un recurso importante para estudiantes y docentes que permite aumentar su conocimientos teóricos y técnicos que aporten a su formación profesional.

Como se ha podido comprobar el diseño de la una tarjeta electrónica generadora de pulsos es de suma importancia en la realización de este proyecto ya que ha permitido simular de manera precisa las condiciones de trabajo de los inyectores con el fin de evaluar el rendimiento de los inyectores bajo diversos parámetros de trabajo. Además, se garantizará que las pruebas sean precisas y consistentes durante su ejecución, además de que permitirá que se realicen mejores en un futuro en el sistema de pruebas de inyectores electrónicos.

De este modo la construcción de la máquina de pruebas logro ser un modelo asequible y eficiente, que se encuentran constituida por componentes al alcance de todo público, lo cual es importante para su implantación en el entorno de la carrera de Ingeniería Marítima. El diseño económico no comprometió en ningún momento la calidad de los resultados obtenidos en las pruebas, lo que permitió un análisis preciso y confiable a la

hora de simular condiciones reales de operación. La asequibilidad del banco fue de suma importancia a la hora de construir un modelo que permita realizar pruebas ya que los bancos de pruebas en el mercado se venden por altos precios.

En definitiva, la capacidad de medir de forma precisa la cantidad de combustible que es inyectado en la máquina de prueba es uno de los factores más importantes de la máquina de prueba ya que permitió realizar análisis detallados lo que facilita la identificación de fallos y comportamientos anormales en los inyectores. Su capacidad de medir de forma precisa nos permite comprender el funcionamiento de los procesos de inyección y las formas de poder mejorarlos, por último, ha sido vital para garantizar resultados fiables en las pruebas realizadas.

Luego del análisis, queda en evidencia que los datos obtenidos fueron realizados de manera precisa y eficaz, lo que permitió obtener resultados fiables de funcionamiento y garantizar que la máquina de prueba opera dentro de los parámetros necesarios para simular diversos entornos de trabajo. El análisis documental de los resultados obtenido fue satisfactorio ya que se logró verificar los datos obtenidos en campo, y determinar los inyectores que se encontraban con fallas y cuáles seguían operando de manera normal.

Para finalizar la creación de un manual de uso y mantenimiento, el cual incluye instrucciones precisas y claras para el uso correcto y cuidado de la máquina de pruebas, es de suma importancia para mantener operativa la máquina. El manual fue diseñado con el fin de que los operadores de la máquina puedan operar la máquina de forma segura y eficiente, para minimizar el riesgo de errores y fallos operativos. Además, el manual, nos indica los mantenimientos preventivos y correctos de la máquina de pruebas para garantizar que la máquina se mantenga en condiciones óptimas de operatividad durante su vida útil.

Recomendaciones

Se recomienda continuar mejorando la tarjeta electrónica con la implementación de nuevas tecnologías y componentes que aporte a la precisión y fiabilidad de la máquina de pruebas. También la implantación de nuevos softwares de simulación que permita simular entornos de trabajo más realistas y acoplados a la condición de trabajo más exigentes

Aunque el banco de pruebas es asequible y eficiente, siempre se está abierto a la inclusión de nuevos componentes que mejoren la capacidad de realizar pruebas adicionales como inyectores de nueva tecnología y el uso de combustibles alternos. Además, implementar nuevos componentes para mantener la máquina de pruebas actualizada a las necesidades del momento.

Es importante, para mantener las medidas precisas, realizar calibraciones de manera regular además de sus mantenimientos preventivos recomendados para mantener la máquina de prueba operando de forma correcta y eficiente.

Se sugiere que se proporcione la capacitación y formación necesaria al cuerpo docente y estudiantil para la operación y mantenimiento de la máquina de pruebas con el fin de que esto aporte a sus conocimientos prácticos y teóricos y aporten a su formación profesional

Por último, se recomienda mantener la documentación sobre todo del manual de operación y mantenimiento actualizada, cualquier cambio o mejora que se adicione a la máquina de pruebas debe verse reflejada en los manuales antes mencionados para asegurar que los futuros operadores tengan a mano la información más importante y precisa.

Bibliografía

- ACDelco México. (Enero de 2016). Módulos de Bombas de Gasolina | Catálogo | ACDelco Mx. DF, Mexico: 3-Heights PDF Optimization Shell. Obtenido de https://www.acdelco.mx/pdf/2016_catalogos/Mod_Bombas_de_Gasolina.pdf
- AN, J. (17 de Septiembre de 2022). *Scribd*. Obtenido de Inyectores a gasolina: <https://es.scribd.com/presentation/595058818/CLASE-1-Inyectores-a-Gasolina>
- Castro, F. S. (1980). *Pruebas de recepcion y mantenimiento de disyuntores e interruptores de aislamiento, en SF6 y al vacio, para 69 kV-138 kV*. Quito: Escuela Politecnica nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6633/1/T862.pdf>
- Cuba, O. N. (2021). *Manual de Inyectores Diesel*. Lima: Centro de Educacion Tecnico Productiva "Jesus Obrero". Obtenido de <https://es.scribd.com/document/390069376/Manual-Inyectores-Diesel>
- Domínguez, R. (s.f.). *La presion y los manometros*. Ciudad de Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/5739/mod_resource/content/2/Presi%C3%B3n%20y%20Man%C3%B3metros.pdf
- Escuela Universitaria de Oficios. (2020). *Automatismos Eléctricos*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/29/33729/08e425f5255f47f7fd9e7dbc92ee7dfe.pdf>
- Fundación Red de Energía. (2009). *Motores Electricos*. San Jose, Costa Rica: Biomass Users Network (BUN-CA). Obtenido de <https://www.bun-ca.org/wp-content/uploads/2019/02/Motores.pdf>

- Import Aceros. (s.f.). *Plancha Naval*. Obtenido de Import Aceros: Importadora y distribuidores de material de acer y metalmecanica:
<https://www.importaceros.com/ecuador-quito/plancha-naval/>
- Macos Garcia. L, P. H. (2014). *Electronica*. Madrid: RA-MA, S.A.
- Manzano, J. V. (2015). *Diseño, instalacion y control automatico de equipo para el procesamiento de semillas forrajeras de alfalfa y trebol en la planta piloto de la comunidad de Pungal Grande-Guano Chimborazo*. Chimborazo: Escuela Superior Politecnica de Chimboraz. Obtenido de
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4569/1/25T00265.pdf>
- Mejia, J. B. (2018). *Resistencias Variables*. Pereira: Universidad Tecnologia de Pereira. Obtenido de https://media.utp.edu.co/ingenieria-fisica/archivos/Practica_2Gen.pdf
- Molinari, N. (2004). *Controladores lógicos programables (PLC): Partes 1, 2 y 3*. Buenos aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET). Obtenido de <http://bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL007459.pdf>
- Montenegro, P. A., & Pilatuña, E. D. (2012). *Diseño y construccion de un banco de pruebas para inyectoras a gasolina programad y activado via WI-FI*. Latacunga: Escuela Politecnica del Ejercito. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6395/1/T-ESPEL-CDT-0991.pdf>
- Palomeque, J. J., & Pacheco, D. A. (2011). *Diseño y construccion de un banco de pruebas de inyectoras diesel tipo mecanico y electronico*. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6070>

- Perez, I. P. (2012). *Circuitos Electronicos II*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de <https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/electronicos2/download/Herramientas/Resistores.pdf>
- Perez, M. A. (2007). *Etapas del desarrollo del transporte automotor y los sistemas de alimentación de combustible Diesel: novedades*. Santa Clara, Cuba: Editorial Feijóo. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/ulearn/titulos/71739>
- Pino, P. D. (2012). *Diseño y construccion de un banco electronico de pruebas y limpieza de inyectores a gasolina*. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2300/1/65T00053.pdf>
- Promelsa. (12 de Junio de 2024). *Promelsa*. Obtenido de ¿Cómo determinar la capacidad de carga de tu disyuntor?: <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/cuantos-amperes-disyuntor-capacidad.html>
- SIEMENS. (2001-2003). *LOGO!* Obtenido de SIEMENS: www.siemens.com/logo/
- Subdireccion General de Regadios, Caminos Naturales e Infraestructuras rurales. (Mayo de 2021). Telecontrol - Electrovalvula. *Valvulas, ventosas y otros elementos de los sistemas de riego*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, pesca y alimentacion. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/images/es/ponencia_8_tcm30-561846.pdf
- Universidad Nacional Autonoma de Mexico. (2017). *Controladores logicos programables*. Ciudad de Mexico: Secretaria de Educacion Publica de Mexico.

Watson, B. (1994). *Manual de Fuel Injection Ford*. Naucalpan de Juarez: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.

Zúñiga, A. E. (2022). *Programación de PLC's*. Popayan: Universidad del Cauca.

Obtenido de

<https://fiet.unicauca.edu.co/deic/sites/default/files/deic/programa/PLC.pdf>

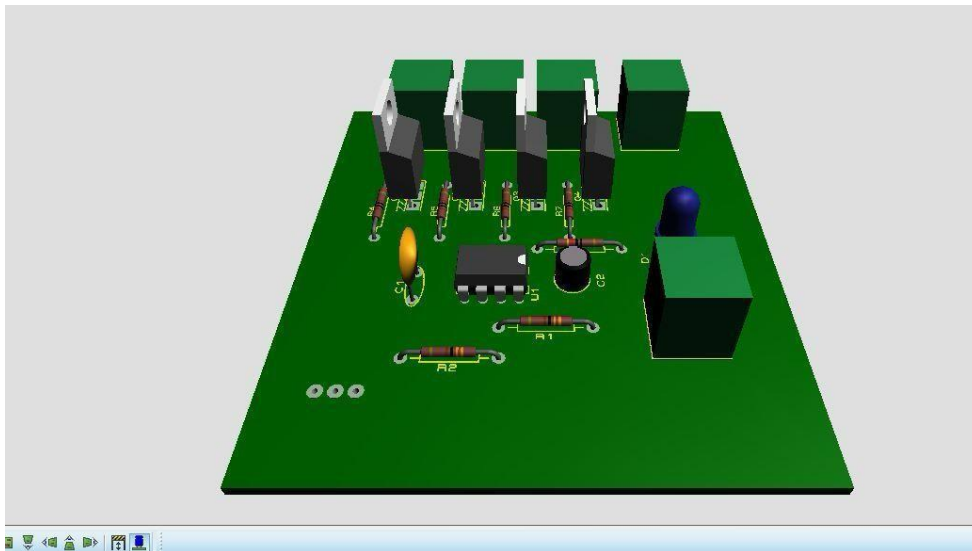
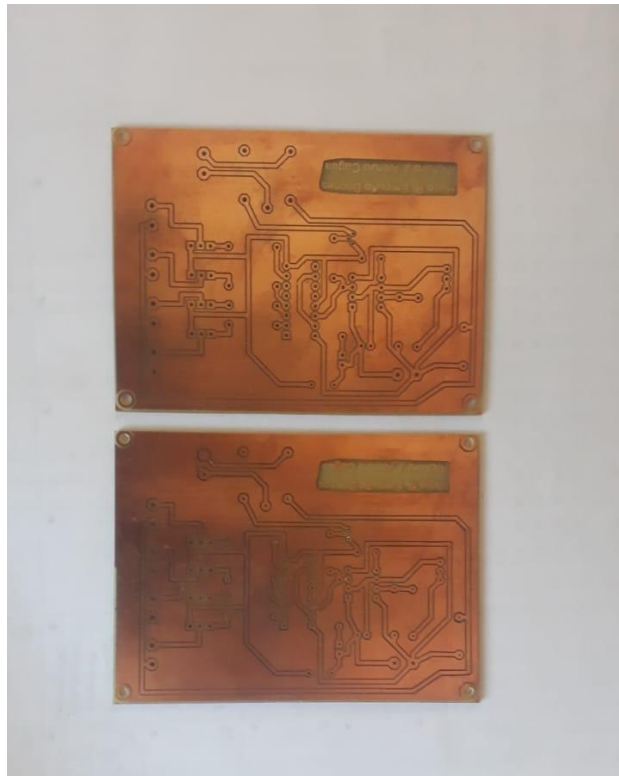
ANEXOS

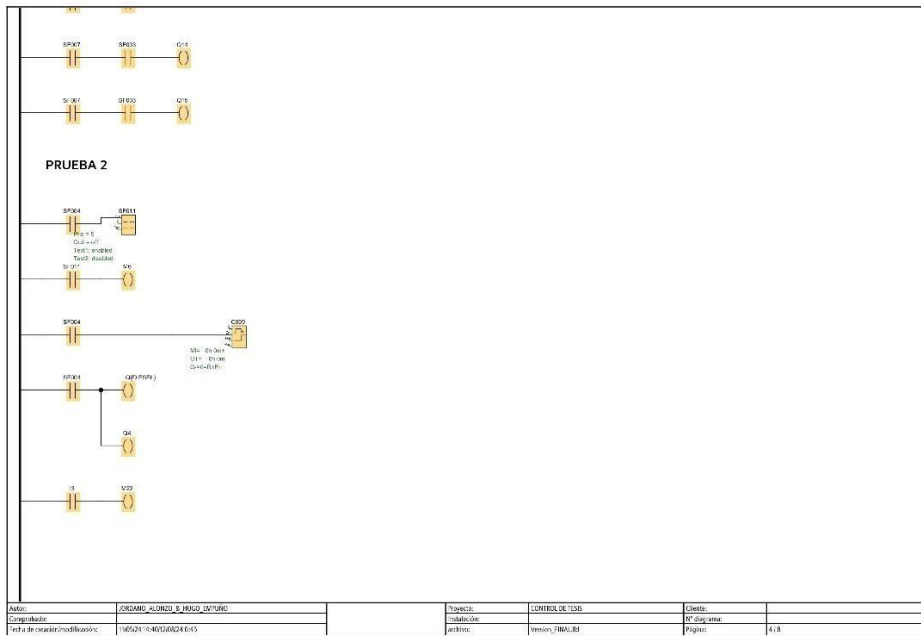
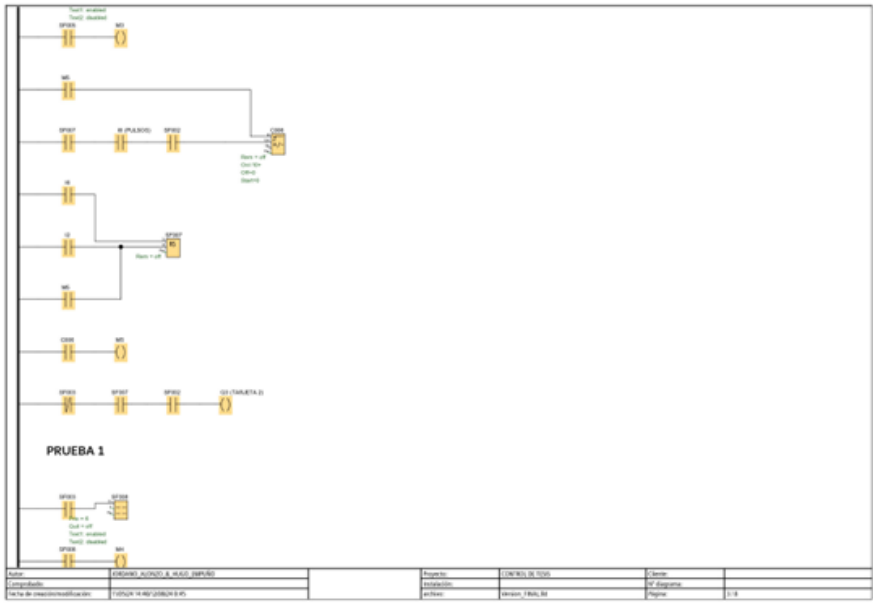
Anexo A: Componentes y herramientas

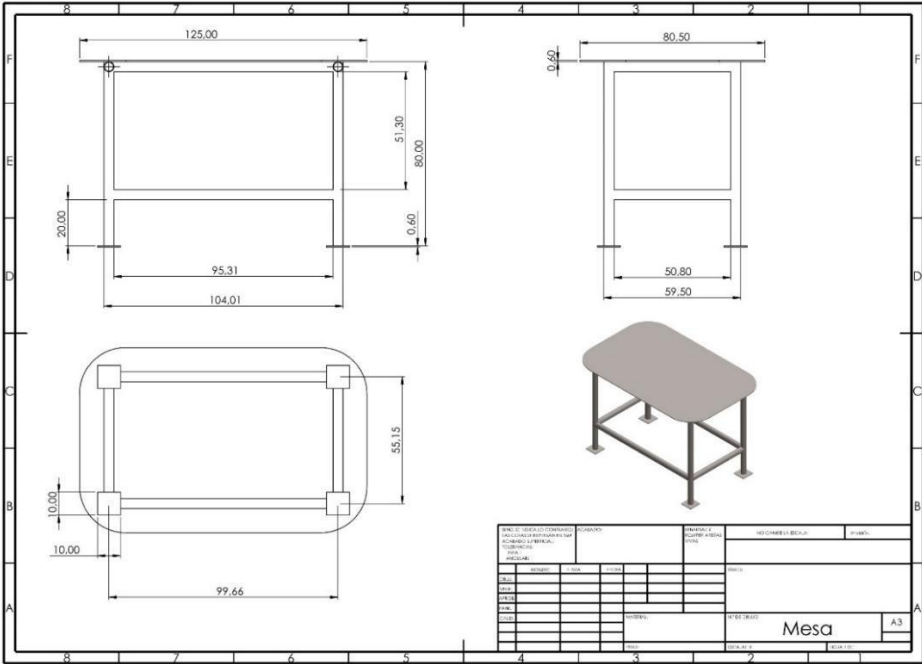
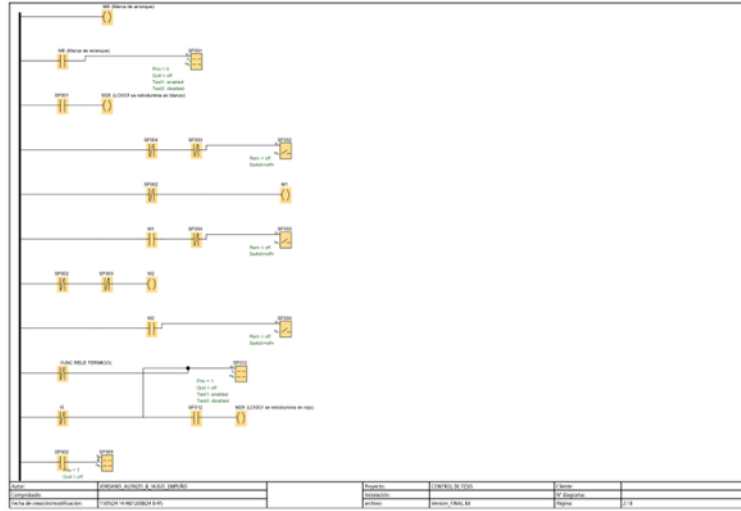


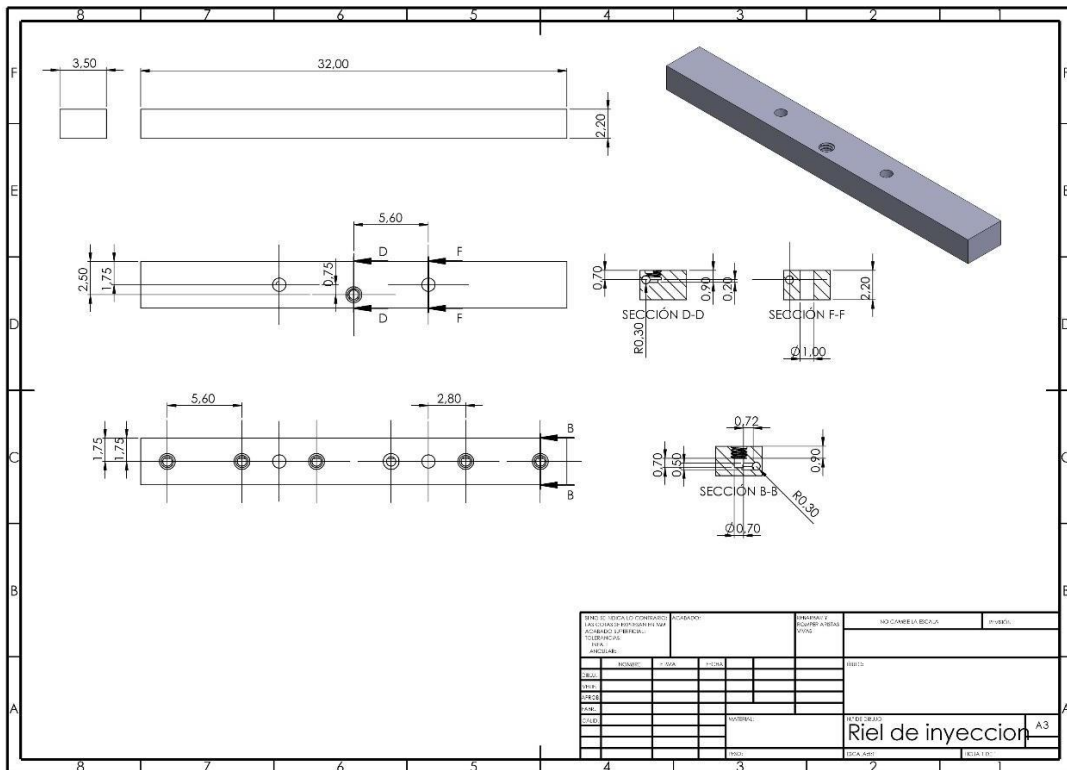


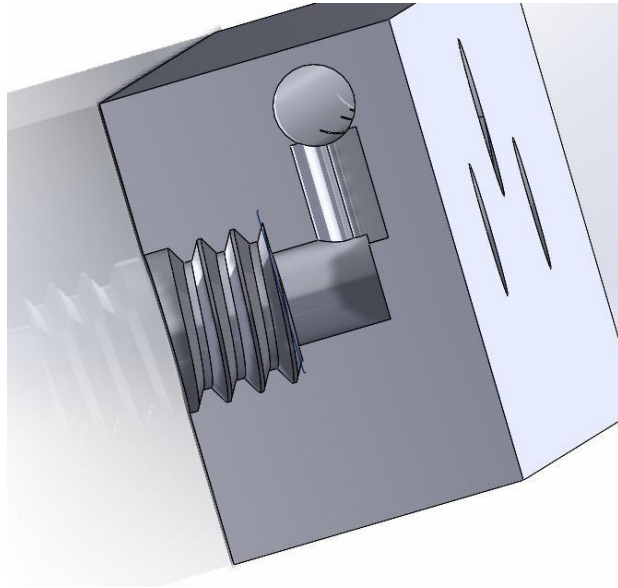
Anexo B: Diseño





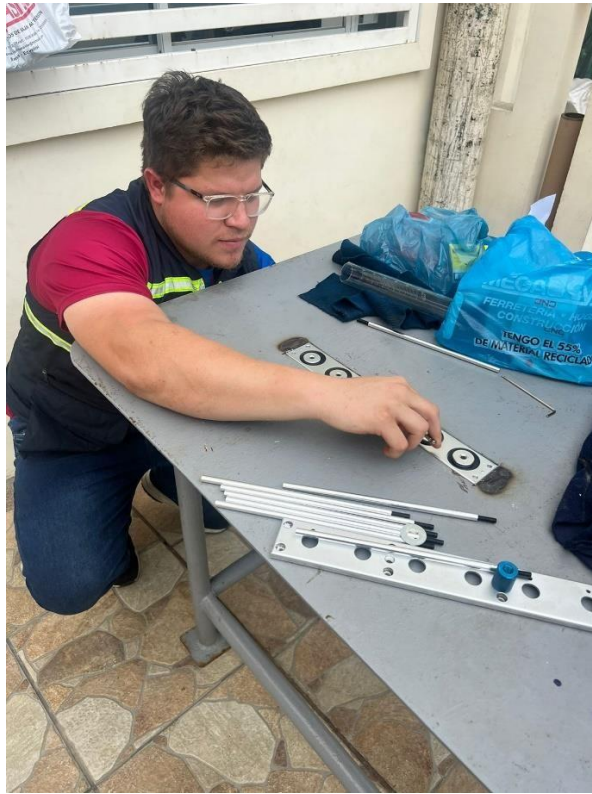






Anexo C: Construcción







Anexo D: Manual de uso y mantenimiento

El siguiente manual de uso y mantenimiento de la máquina de pruebas para inyectores mecánicos y electrónicos en sistemas convencionales está diseñado para guiar al operador a través del proceso de uso de la máquina, desde su colocación en un lugar idóneo hasta las medidas de seguridad necesarias para poder operar la máquina con seguridad, se explorarán aspectos como las formas de uso de la máquina, su operación y mantenimiento con el fin de un uso correcto de la máquina de pruebas.

Instalación

Requisitos del lugar

1. La superficie sobre la cual se colocará la máquina debe estar nivelada completamente para evitar errores de medición en las probetas graduadas
2. La superficie debe ser adecuada de soportar el peso de la máquina.
3. Alrededor de la máquina debe existir al menos 1 metro de espacio con el fin de facilitar su operación y mantenimiento.
4. El lugar debe estar correctamente iluminado para visualizar de forma correcta los resultados de las pruebas.
5. La instalación de la máquina de pruebas requiere una conexión trifásica de polos hembra.
6. Verificar la tensión y frecuencia de la fuente coincidan con las especificaciones del equipo (230V – 60 Hz).
7. El área donde se coloque la máquina debe estar ventilada para evitar acumulación de vapores y gases.
8. Debe existir extintores de incendio cerca del área de trabajo.

Proceso de instalación

1. Limpiar el área de instalación del banco de pruebas.
2. Verificar que la superficie este nivelada y sea estable.
3. Retirar cualquier objeto de alrededor que pueda obstruir el acceso a los sistemas del equipo.
4. Verificar el voltaje y la tensión de la conexión trifásica mediante un multímetro.
5. Verificar que la conexión de máquina de pruebas sea segura y los cables se encuentren en buen estado.

Seguridad

1. Uso de guantes resistentes a químicos para proteger al operador al manipular combustible y otros líquidos.
2. Uso de gafas de seguridad para evitar salpicaduras.
3. Utilizar protección auditiva cuando el equipo se encuentre funcionando para proteger los oídos del ruido generado.
4. No realizar ajustes o reparar la máquina de pruebas cuando se encuentre en funcionamiento.
5. Mantener el área de trabajo limpia y libre de obstáculos.
6. Hay que asegurar que las conexiones eléctricas se encuentren aisladas y conectadas a tierra para evitar descargas eléctricas.

Operación

Antes de su uso

1. Verificar el estado de vida de la banda
2. Verificar el estado de las chumaceras rodamientos.

3. Comprobar que los disyuntores en el tablero de control se encuentren apagados.
4. Verificar que el botón de emergencia no se encuentre activado.
5. Inspeccionar el cable de alimentación de la máquina de prueba en caso de algún defecto o falla, si se encuentra en buen estado se procede a energizar el sistema.
6. Encender el disyuntor general del sistema, seguido del disyuntor de la fuente, de la placa y por último el disyuntor del motor eléctrico trifásico.

Procedimiento de Prueba para Inyectores Mecánicos

1. Colocar el inyector mecánico en el soporte de pruebas.
2. Abrir la válvula del sistema de retorno para el sistema de inyección Diésel y verificar que la válvula del sistema de inyección electrónico se encuentre cerrado.
3. Verificar que la tobera del inyector entre en el espacio de entrada de las probetas y sea completamente visible.
4. Colocar las cañerías conforme las salidas de la bomba de inyección.
5. Apretar las tuercas correspondientes para evitar fugas de Diésel.
6. Seleccionar el parámetro de prueba mecánico en el LOGO PLC 8.
7. Verificar el sentido horario o antihorario de la bomba de inyección.
8. Dar inicio mediante el botón verde de giro horario o antihorario.
9. Realizar la prueba y tomar los datos necesarios.
10. El rpm de la bomba se puede controlar mediante la palanca de control de caudal lo que permitirá mayor inyección de combustible.
11. El sistema se detiene al presionar el botón rojo en el tablero de control.
12. En caso de emergencia presionar el botón de emergencia a un costado del tablero de control.

Procedimiento de prueba para inyectores electrónicos a gasolina

1. Verificar el estado de los orings y sus medidas para evitar fugas y falsos resultados.
2. Abrir la válvula del sistema de inyectores electrónicos del sistema de retorno y verificar que la válvula del sistema Diésel se encuentre cerrada.
3. Colocar los inyectores electrónicos de gasolina en el riel de inyección o common riel.
4. Seleccionar el parámetro de Prueba Electrónicos en el LOGO PLC 8.
5. Revisar la marca de los inyectores y sus especificaciones para determinar la presión a la que debe trabajar.
6. Comprobar que las salidas sin usar del common riel se encuentren con sus respectivos tapones.
7. Abastecer el tanque de líquido de pruebas para inyectores electrónicos.
8. Conectar el cable con salida VGA a la toma VGA en el lado posterior del tablero de control.
9. Conectar los inyectores a probar con el cable de señal que viene desde el tablero de control.
10. Encender la bomba de combustible y regular la presión de trabajo.
11. Verificar que el sistema se encuentre trabajando a la presión establecida y de forma constante.
12. Introducir los parámetros de prueba en la tarjeta electrónica, se cambia los parámetros con el botón 4, con los botones 3 y 6 puede aumentar o disminuir los valores.
 - Revoluciones por minuto.
 - Tiempo de apertura del inyector.
 - Número de pulsaciones (máximo 900).

13. Iniciar la inyección y generación de pulsos presionando el botón 5 o inicio.
14. Una vez culminada la prueba y anotado los datos de las pruebas, se drena el combustible mediante el botón 8 o drenado.
15. Cerrar las electroválvulas de drenado mediante el botón 8 o drenado.
16. En caso de emergencia presionar el botón de emergencia a un costado del tablero de control.

Mantenimiento

Polea y banda

1. Verificar la tensión y el estado de la banda semanalmente, asegurarse de que en existe un desgaste excesivo o daños.
2. Ajustar la tensión de la banda según las especificaciones dadas por el fabricante.
3. Si la banda tiene signos de desgaste o daños, debe reemplazarse inmediatamente.
4. Verificar el estado de la polea, que no existan grietas o daños en su integridad.
5. Si la polea presenta algún tipo de año debe ser reemplazada antes de volver a usarse.

Motor eléctrico

1. Limpiar regularmente el motor para evitar que se acumule polvo o algún otro tipo de residuos.
2. Inspeccionar las conexiones mensualmente para asegurar que se encuentren buen estado y que no exista señales de sulfatación.
3. Realizar pruebas periódicas de funcionamiento para asegurar que no existan vibraciones o ruidos fuera de lo normal.
4. Si se encuentran conexiones flojas o con daños, se deben reparar o reemplazar los cables necesarios y sus aislamientos.

5. Realizar una limpieza profunda del motor eléctrico, verificando el bobinado, su eje y rotor.

Chumaceras

1. Aplicar el lubricante recomendado según el calendario de mantenimiento recomendado por el fabricante.
2. Revisión de las chumaceras mensualmente para detectar cualquier signo de desgaste o daño.
3. Si se encuentra un desgaste excesivo o fallo, reemplazar las chumaceras y en ningún caso tratar de repararla.

Tablero de control

1. Mantener limpio y libre de polvo u otras sustancias el tablero de control con el fin de mantener los componentes y protecciones eléctricas en buen estado.
2. Realizar pruebas periódicas de todos los botones y luces de control para verificar su correcto funcionamiento.
3. Inspeccionar las protecciones eléctricas mediante pruebas varias para verificar que se encuentren funcionando correctamente.
4. Si las luces de control presentan fallas o los botones no están funcionando correctamente deben ser reemplazados antes de su siguiente uso.
5. En caso de que las protecciones eléctricas estén funcionando de forma anormal a sus especificaciones, estas deben ser reemplazadas de forma inmediata.

Bomba de inyección y cañerías

1. Realizar un mantenimiento preventivo cada 500 horas de trabajo.

2. Verificar visualmente si existen fugas de combustible en la bomba de inyección y las cañerías.
3. Mantener limpia la superficie de la bomba con un paño limpio y no abrasivo para evitar acumulación de suciedad y contaminantes.
4. Revisar las cañerías en busca de grietas o daños, deben ser sustituidas ya que si son reparadas podrían existir fugas aun después del proceso.
5. En caso de que la presión de inyección estuviera a niveles bajos, debe verificarse los ajustes de las cañerías, los émbolos y válvulas.
6. En caso de que la bomba de inyección no este inyectando el combustible, revisar si existe aire en el sistema. En caso de que fuera así debe purgarse la bomba de inyección para eliminar el aire del sistema.
7. En caso de que la bomba de inyección no este inyectando el combustible, revisar el funcionamiento de los bombines, en caso de que alguno de ellos se encuentre pegado debe enviarse la bomba a reparación.