



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN:  
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA  
BOMBAS DE INYECCIÓN A DIESEL PARA EL LABORATORIO DE  
MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE  
TECNOLOGÍAS ESPE**

**AUTOR: QUILLIGANA ZAMORA, BRYAN FERNANDO**

**DIRECTOR: ING. ARIAS PÉREZ, ÁNGEL XAVIER**

**LATACUNGA**

**2020**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGIA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS DE INYECCIÓN A DIESEL PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”** fue realizado por el señor **Quilligana Zamora, Bryan Fernando** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, febrero del 2020

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser 'Xavier Arias Pérez', sobre una línea de puntos.

ING. Arias Pérez Ángel Xavier

C. C.: 0503454811



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECANICA**

**CARRERA DE TECNOLOGIA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Quilligana Zamora, Bryan Fernando**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***Implementación de un banco de pruebas para bombas de inyección a diésel para el laboratorio de mecánica automotriz de la Unidad De Gestión De Tecnologías ESPE*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, febrero del 2020

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer 'Bryan Fernando Quilligana Zamora'.

.....  
**Bryan Fernando, Quilligana Zamora**

C. C.: 1725200966



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECANICA**

**CARRERA DE TECNOLOGIA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Quilligana Zamora, Bryan Fernando** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un banco de pruebas para bombas de inyección a diésel para el laboratorio de mecánica automotriz de la Unidad De Gestión De Tecnologías ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, febrero del 2020

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer 'Bryan Fernando Quilligana Zamora', escrita sobre una línea horizontal punteada.

**Bryan Fernando, Quilligana Zamora**

C. C.: 1725200966

## **DEDICATORIA**

Mediante el presente quiero dar gracias a Dios por dar la fuerza necesaria para seguir a adelante y nunca rendirme ante ningún obstáculo vivido, por la buena salud que me permitió continuar con mis estudios. Quiero dar gracias a mis padres América y Cesar por darme el apoyo incondicional cuando más lo necesite, a mi hermana por alentarme y estar siempre a mi lado mostrándome su cariño. Esta tesis es dedicada a mi Padre por ser el ejemplo en mi vida y el pilar de mi formación profesional.

**BRYAN FERNANDO, QUILLIGANA ZAMORA**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero dar gracias a mi Dios, por ser mi fortaleza interna en cada momento difícil que se experimentó, la cual día tras día me guiaba y me iluminaba para no recaer en adversas situaciones, a mis maravillosos padres y a todos los presentes que hicieron parte de mi vida que me estuvieron apoyándome, regalándome ese apoyo incondicional para lograr este trabajo de titulación, a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga y a su Unidad de Gestión de Tecnologías por haberme permitido cumplir mi objetivo planteado.

**BRYAN FERNANDO, QUILLIGANA ZAMORA**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| CERTIFICACIÓN .....             | i    |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD..... | ii   |
| AUTORIZACIÓN.....               | iii  |
| DEDICATORIA .....               | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....            | v    |
| ÍNDICE DE TABLAS.....           | x    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....         | xi   |
| RESUMEN .....                   | xiii |
| ABSTRACT .....                  | xiv  |

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1.1 Antecedentes.....             | 1 |
| 1.2 Justificación .....           | 2 |
| 1.3 Objetivos.....                | 3 |
| 1.3.1 Objeto general.....         | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos ..... | 3 |
| 1.4 Alcance.....                  | 3 |

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Historia del banco de pruebas de bombas de inyección e inyectores ..... | 5  |
| 2.2   | Bomba de inyección.....   | 6  |
| 2.3   | Tipos de bomba de inyección diésel .....                                | 8  |
| 2.3.1 | Bombas de inyección en línea .....                                      | 8  |
| a)    | Tipos de bomba de inyección en línea.....                               | 8  |
| 2.3.2 | Bombas de inyección rotativa .....                                      | 9  |
| b)    | Tipos de bomba de inyección rotativa.....                               | 10 |
| c)    | Partes de una bomba rotativa .....                                      | 13 |
| d)    | Como generan presión en las bombas de inyección rotativas .....         | 14 |
| 2.3.3 | Bombas de inyección individuales .....                                  | 18 |
| 2.3.4 | Bombas de inyección Commun Rail / CRD1 .....                            | 18 |
| 2.4   | Sistema de alimentación de combustible .....                            | 25 |
| 2.4.1 | Elementos generales del sistema .....                                   | 26 |
| 2.4.2 | Partes del circuito .....   | 26 |
| 2.5   | Cómo funciona un inyector .....   | 28 |
| 2.5.1 | Características y su correcto mantenimiento .....                       | 28 |

## **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 3.1 | Introducción ..... | 30 |
|-----|--------------------|----|

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.2   | Diagrama de guía para la construcción del banco de pruebas .....    | 30 |
| 3.3   | Diagramas eléctricos .....  | 31 |
| 3.3.1 | Diagrama de conexión variador de frecuencia – motor .....           | 31 |
| 3.3.2 | Conexión visual del variador de frecuencia – motor trifásico.....   | 32 |
| 3.4   | Descripción de componentes.....                                     | 33 |
| 3.5   | Construcción del sistema electrónico para el banco de pruebas ..... | 34 |
| 3.5.1 | Implementación eléctrica del sistema de control y arranque .....    | 34 |
| 3.5.2 | Elaboración y construcción del sistema de precalentamiento .....    | 36 |
| 3.6   | Construcción del medidor de inyección del combustible .....         | 37 |
| 3.6.1 | Construcción de la cámara de inyección.....                         | 37 |
| 3.6.2 | Mecanizado de seguros para inyectores.....                          | 37 |
| 3.7   | Elaboración del tanque de precalentamiento .....                    | 39 |
| 3.8   | Construcción de base para bomba de inyección.....                   | 40 |
| 3.9   | Elaboración de la base de poleas .....                              | 43 |
| 3.10  | Sistema de desfogue del combustible del comprobador de diésel ..... | 44 |

## **CAPÍTULO IV**

### **COMPROBACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.1   | Normas de manipulación del equipo ..... | 47 |
| 4.1.1 | Características.....                    | 49 |
| 4.2   | Mantenimiento .....                     | 50 |
| 4.3   | Codificación .....                      | 50 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.4   | Manual de actividad de usuario .....            | 58 |
| 4.4.1 | Configuración de parámetros y codificación..... | 58 |
| 4.5   | Inspección de usuario .....                     | 59 |
| 4.6   | Sangreado de bomba de inyección.....            | 60 |
| 4.7   | Acople de cañerías e inyectores .....           | 61 |

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 5.1 | Conclusiones .....    | 62 |
| 5.2 | Recomendaciones ..... | 62 |

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....</b> | <b>63</b> |
|---------------------------------------|-----------|

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| <b>ANEXOS.....</b> | <b>65</b> |
|--------------------|-----------|

**ANEXO A: IMAGEN COMPONENTE DE IDENTIFICADOR**

**ANEXO B: IMAGEN INSTALACIÓN DEL FILTRO**

**ANEXO C: IMAGEN DE LA CONEXIÓN ESTÁNDAR**

**ANEXO D: IMAGEN DE CÓDIGOS DE VARIADOR DE FRECUENCIA**

**ÍNDICE DE TABLAS**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Partes del reglaje de inyección.....</i>                                      | <b>12</b> |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Partes de una bomba rotativa .....</i>  | <b>13</b> |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Partes que generan presión en las bombas de inyección rotativa .....</i>      | <b>14</b> |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Tipo de pruebas en el banco.....</i>  | <b>24</b> |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Partes de un diagrama guía para la construcción del banco de pruebas...31</i> |           |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Descripción básica de elementos del banco.....</i>                            | <b>33</b> |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Codificación del variador de frecuencia.....</i>                              | <b>52</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Banco de pruebas de inyectores .....                     | 6  |
| <b>Figura 2.</b> Bomba Rotativa .....                                     | 10 |
| <b>Figura 3.</b> Partes externas de los reglajes de una bomba .....       | 12 |
| <b>Figura 4.</b> Partes de una bomba rotativa.....                        | 14 |
| <b>Figura 5.</b> Partes de una Bomba Rotativa .....                       | 15 |
| <b>Figura 6.</b> Desplazamiento del pistón de la bomba rotativa.....      | 17 |
| <b>Figura 7.</b> Movimiento de la corredera .....                         | 17 |
| <b>Figura 8.</b> Banco comprobador VP44.....                              | 20 |
| <b>Figura 9.</b> Banco de inyección common rail .....                     | 21 |
| <b>Figura 10.</b> Banco de pruebas .....                                  | 23 |
| <b>Figura 11.</b> Banco de pruebas para bombas diésel.....                | 25 |
| <b>Figura 12.</b> Sistema de alimentación de combustible .....            | 25 |
| <b>Figura 13.</b> Simulador de banco de pruebas .....                     | 30 |
| <b>Figura 14.</b> Diagrama de conexión.....                               | 32 |
| <b>Figura 15.</b> Diagrama de conexión.....                               | 33 |
| <b>Figura 16.</b> Control de corriente y botón de pare.....               | 35 |
| <b>Figura 17.</b> Contactor trifásico.....                                | 35 |
| <b>Figura 18.</b> Elementos de precalentamiento .....                     | 36 |
| <b>Figura 19.</b> Ubicación de tanque de almacenamiento de diésel .....   | 36 |
| <b>Figura 20.</b> Corte y taladrado de PLT.....                           | 37 |
| <b>Figura 21.</b> Mecanizado de seguros de inyectores.....                | 38 |
| <b>Figura 22.</b> Guías de salida para cada probeta .....                 | 38 |
| <b>Figura 23.</b> Acople de combustible y montaje de probetas.....        | 39 |
| <b>Figura 24.</b> Perforación del cilindro e incrustación de acople ..... | 39 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 25.</b> Corredizo para base .....                      | 40 |
| <b>Figura 26.</b> Corte del tubo cuadrado .....                  | 41 |
| <b>Figura 27.</b> Soldado del asentamiento de bomba.....         | 41 |
| <b>Figura 28.</b> Pulido de base.....                            | 42 |
| <b>Figura 29.</b> Base de bomba .....                            | 42 |
| <b>Figura 30.</b> Soporte de bombas de inyección rotativas ..... | 43 |
| <b>Figura 31.</b> Soporte y chumacera.....                       | 43 |
| <b>Figura 32.</b> Polea para motor trifásico.....                | 44 |
| <b>Figura 33.</b> Control de inyección .....                     | 45 |
| <b>Figura 34.</b> Acoplamiento de codos y uniones .....          | 45 |
| <b>Figura 35.</b> Acoples de salida de diésel .....              | 46 |
| <b>Figura 36.</b> Conexión de cañerías .....                     | 46 |
| <b>Figura 37.</b> Partes del variador .....                      | 48 |
| <b>Figura 38.</b> Diagrama de conexión.....                      | 51 |
| <b>Figura 39.</b> Método de programación.....                    | 59 |
| <b>Figura 40.</b> Tablero de control.....                        | 60 |
| <b>Figura 41.</b> Retorno de diésel .....                        | 60 |
| <b>Figura 42.</b> Ajuste de cañerías.....                        | 61 |

## RESUMEN

La presente investigación implemento un banco de pruebas para bombas de inyección a diésel lineal, individual, rotativa y common rail de 4, 6 y hasta 12 inyectores, que están diseñados para comprobar en qué estado se encuentra las partes afectadas. Consta de un diseño simple y fácil de construir, tomando en cuenta los cálculos y análisis necesarios para adquirir los equipos computarizados para facilitar su rendimiento y los materiales que se utilizan en el banco de pruebas de modo que sea capaz de efectuar todas las pruebas de verificación en las bombas para la cual ha sido elaborada. El banco construido esta implementado con dispositivos mecánicos y eléctricos; haciendo que sea posible contar con una herramienta de comprobación y calibración muy útil; mediante la utilización de un variador de corriente permite simular las revoluciones por minuto del motor de combustión, la fuerza con la que trabaja la bomba rotativa Lucas CAV de seis cilindros y los inyectores que son los encargados de pulverizar el combustible en la precámara que es entregado a cada cilindro en forma de nube fine. Se concluye que el banco de pruebas permite calibrar bombas de diferente tamaño y tipo que no estén operando para realizar su respectivo ajuste o mantenimiento, al igual que, permite simular velocidades del ralentí por medio de un motor trifásico.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **BOMBAS DE INYECCIÓN**
- **VARIADOR DE FRECUENCIAS**
- **BANCO DE PRUEBAS – ESTUDIO Y ENSEÑANZA**

## **ABSTRACT**

The present investigation implements a test bench for linear, individual, rotary and common rail diesel injection pumps of 4, 6 and up to 12 injectors, which are controlled to verify in which state the affected parts are. Consistent of a simple and easy to build design, taking into account the calculations and analysis necessary to obtain the computerized equipment to facilitate its performance and the materials used in the sea mode test bench that is capable of controlling all the tests of verification in the pumps for which it has been elaborated. The built bank is implemented with mechanical and electrical devices; making it possible to have a very useful test and calibration tool; By means of the use of a current variator, it is possible to simulate the revolutions per minute of the combustion engine, the force with which the six-cylinder Lucas CAV rotary pump works and the injectors that are responsible for spraying the fuel in the pre-chamber that is delivered to each cylinder in the form of a cloud well. It is concluded that the test bench allows to calibrate pumps of different size and type that are not operating to make their adjustment or maintenance respectful, as well as, allows simulated idle speeds by means of a three-phase motor.

### **KEYWORDS:**

- **INJECTION PUMPS**
- **FREQUENCY VARIATOR**
- **TEST BANK - STUDY AND TEACHING**

## CAPÍTULO I

### 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Implementar un banco de pruebas para bombas de inyección a diesel con un motor eléctrico y un variador de velocidades para el laboratorio de mecánica automotriz de la unidad de gestión de tecnologías ESPE

#### 1.1 Antecedentes

Debido a que el área de diagnóstico automotriz ha ido evolucionando a la par con las últimas tecnologías en control mecánico en tiempo real de los parámetros de funcionamiento de las bombas a inyección a diésel, las pruebas realizadas a estos, cada día son más reales, acordes a condiciones similares y superiores a las que se generan en el automóvil.

Según Cadena (2013) en su proyecto del diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI menciona que los problemas del funcionamiento que pueda tener un inyector, es por ejemplo que exista más retorno que entrega debido a una fuga, provocando que el vehículo no encienda, es por esto que a través del comprobador de inyectores se realiza una comparación entre el fluido de entrega y el fluido de retorno y así analizar si el inyector está en buenas condiciones.

Castillo Medina Antonio Gabriel y Silva Cortez Juan Pablo, 2014, en el “Rediseño e implementación de un banco de pruebas de bombas inyectoras diésel para el laboratorio de motores de la escuela de ingeniería automotriz”, referencia a los componentes necesarios para el acoplamiento a la nueva bomba, estableció los mayores parámetros de seguridad, validados estos mediante el diseño computarizado

para garantizar su fiabilidad y seguridad, otorgando una función adecuada bajo las mayores condiciones de trabajo. (Castillo & Silva, 2014)

Por lo tanto, hemos visto la necesidad de rediseñar un banco para bombas de inyección mediante un análisis del estado, reparación y mantenimiento del mismo. En este proyecto se analizará y describirá la secuencia de pasos que son necesarios para el diseño del banco, todo esto basado en criterios técnicos para su adecuada realización.

## **1.2 Justificación**

Este trabajo tiene como finalidad, demostrar prácticamente el funcionamiento de una bomba, por ende, se podrá analizar e investigar las fallas más frecuentes que se puedan presenciar en este sistema del motor, lo cual permitirá desarrollar una solución a estas posibles fallas, con la importancia de corregir en futuros momentos, permitiendo de esta manera alargar la vida útil del motor y de un rendimiento correcto del mismo.

En el ámbito social se ha evidenciado que un banco de pruebas de bombas inyectoras es esencial sobre todo en el campo automotriz lo cual beneficiará al medio ambiente mejorando la combustión de los motores diésel.

Todos estos estudios de los sistemas de inyección directa en los vehículos a diésel, lleva a la invención, diseño, estudio técnico para la elaboración de un sistema de banco de pruebas para el desarrollo de un equipo de comprobación adecuada de inyectores de sistemas diésel, con datos exactos, menor tiempo y menor costo.

Con este proyecto el tecnólogo tendrá una manera más eficiente de analizar, investigar, desarrollar y prevenir futuros sucesos que pueden darse en un motor

diésel, trabajando de una manera más práctica y obteniendo mejores resultados al momento del área laboral.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objeto general**

Implementar un banco de pruebas para bombas de inyección a diésel con un motor eléctrico y un variador de velocidades para el laboratorio de mecánica automotriz de la unidad de gestión de tecnologías ESPE.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar teóricamente el funcionamiento del sistema de alimentación de un motor a diésel.
- Seleccionar los componentes para el funcionamiento del banco de pruebas.
- Comprobar el funcionamiento del banco de pruebas.

### **1.4 Alcance**

El proyecto permanecerá en el laboratorio de mecánica automotriz para sus respectivas prácticas de estudio en la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE de la Universidad FF.AA., de dicha manera se logrará realizar comprobaciones teóricas en una forma más eficaz.

Con los debidos diagnósticos, el proyecto no solo podrá comprobar el funcionamiento de las bombas de inyección, sino también inyectores y verificar su correcto trabajo. Además, contará con variador de velocidad de pedal, en la cual se visualizará las diversas variaciones de inyección.

Con esto también se propone que este proyecto puede ser modificado para bomba rotativas, para verificar su respectivo funcionamiento, haciendo de una manera más

eficiente el trabajo para los estudiantes y docentes encargados en esa área, además contaría con un regulador de velocidades para observar el cambio que presenta al momento del funcionamiento de la bomba a mayores velocidades.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Historia del banco de pruebas de bombas de inyección e inyectores

Para realizar una limpieza de los inyectores de un vehículo primero se debe elaborar un banco de pruebas, mismo que permite verificar la calidad del trabajo del inyector y la vida útil que tiene para realizar su trabajo. El equipo cumple la misma función que el vehículo por ende su sistema será similar en el cual los inyectores reciben un líquido de demostración con una presión excesiva, este líquido no debe ser denso y tiene que ser lubricado para no oxidar la bomba, también se debe comprobar que no sea inflamable.

Los inyectores son agitados por un generador de pulsos que trabaja con una frecuencia similar a la del motor y el líquido que ha sido separado se acumula en probetas previamente calibradas con el objetivo de verificar la cantidad de líquido inyectado, el cual puede existir una variación hasta del 10% en la diferencia del volumen de las probetas, luego se lleva a cabo la limpieza de inyectores si es necesario, a partir de los resultados del banco de pruebas.

Regularmente cuando aún no realiza el inyector de gasolina su actividad este se encuentra cerrado, pero este se abre cuando se aplica el pulso de inyección y permite que circule el combustible, estos elementos que son de mayor relevancia están maniobrados por una energía de 12 voltios que va desde el relevador de control eléctrico del motor o a partir del relevador de la bomba de combustible.

Cuando se procede a identificar el inyector no es factible transmitir corriente positiva directo a la batería (B+) ya que puede ocasionar un daño interno en segundos mismo que prohibiría la ejecutar su función. (Cantillo, 2016)



**Figura 1.** Banco de pruebas de inyectores  
Fuente: (Alibaba, 1999)

## 2.2 Bomba de inyección

### ¿Qué es una bomba de inyección diésel?

La finalidad de la bomba de inyección es abastecer de combustible a los cilindros para que en el motor se origine la combustión ya que es la fuente de alimentación del vehículo, este elemento es esencial ya que viene a ser la matriz o el corazón para los motores que funcionan a diesel, también se puede acoplar en los motores a gasolina.

Para que se efectúe correctamente la combustión primero se debe inyectar combustible en la cámara de manera exacta para que la ignición sea correcta y el motor pueda trabajar sin ningún problema.

Los componentes encargados de proveer de diésel la cantidad y forma indicada son:

- La bomba de inyección

Encargada de suministrar de combustible a cada inyector en el momento indicado y la cantidad necesaria, la bomba da cierta cantidad y exactitud de carburante que continuamente varía de acuerdo al motor ajustándose a sus condiciones, entre ellas puede ser el tipo de marcha, revoluciones, conducción, etc.

- Los inyectores

Los inyectores son los encargados de pulverizar el combustible que es entregado a cada cilindro por la bomba de inyección en forma de nube fina.

### **¿Cuál es la función de la bomba de inyección?**

La bomba de inyección presenta dos tipos de funciones que son:

- La primera función es distribuir el combustible en cantidades correctas basándose en la velocidad del motor, en que condición se encuentra la carga y el régimen de vueltas, acorde a la necesidad que presenta cada motor.
- La segunda función se basa en entregar dicha cantidad de combustible en el momento indicado a los inyectores para que realicen la respectiva pulverización del combustible en la precámara. (Conservatucoche, 2016)

El motor no trabaja correctamente cuando existe algún desajuste en la bomba ya sea por la mínima variación de combustible o por no entregarlo en el momento exacto lo cual implica que su la combustión no se ejecute normalmente y por ende el motor

trabajaría de manera incorrecta o no desarrollaría su actividad por lo general esto sucede en los motores a diésel.

## **2.3 Tipos de bomba de inyección diésel**

Las bombas se dividen en 3 grupos:

### **2.3.1 Bombas de inyección en línea**

Se conoce como bomba de inyección en línea porque sus elementos se encuentran ubicados en fila, este tipo de bomba está formada por un elemento de embolo y bombeo para cada cilindro, por lo cual su bomba contara de varios elementos de bombeo que se verá representada de acuerdo a cuantos cilindros posea el motor.

Para que se inyecte una presión exacta el combustible es comprimido por medio del embolo y el bombeo. Los émbolos ejercen actividad a través de la acción que se desplaza el árbol de levas que se mueve por medio del motor el cual permite que suba y baje el émbolo. La variación del combustible a abastecer depende del movimiento que proyecta el embolo y la inclinación de las ranuras que provocan el desplazamiento del embolo de acuerdo a cada situación y necesidad del motor.

Las bombas de inyección en línea transportan el combustible a cada inyector a través de una válvula de descarga que tienen como función cortar la inyección apresuradamente y a veces es necesario que se corte bruscamente.  
(Conservatucoche, 2016)

#### **a) Tipos de bomba de inyección en línea**

Existen básicamente dos tipos de bombas de inyección en línea:

- **Bomba de inyección en línea estándar PE**

Es la primera bomba inyectora que se inventó y a partir de la cual se fabricó el primer motor a diésel. El cilindro está determinado por un pequeño taladro de aspiración que reside en la parte inferior el cual señala el comienzo de la inyección y el diésel que ha sido suministrado en la cámara se cierra cuando este empieza a subir. La ranura y el ángulo del embolo señalan cuando se termina la carrera y por ende el caudal de inyección, la varilla de regulación es aquella que realiza los giros del émbolo. (Conservatucoche, 2016)

- **Bomba de inyección en línea con válvula de corredera**

Se diferencia de la línea estándar PE, ya que la bomba de inyección con válvula de corredera se puede manipular fácilmente la carrera del embolo ya que dispone de una “corredera” que permite moverse por la parte superior del embolo que permite la variación y modificación del comienzo del inyector.

De acuerdo a la posición de la válvula corredera se puede mejorar la combustión a partir de la función del motor, misma que se acopla mejor que la estándar a las necesidades del motor. (Conservatucoche, 2016)

### **2.3.2 Bombas de inyección rotativa**

Tanto la bomba de inyección rotativa como la bomba en línea cuentan con un sistema que codifica el caudal de la inyección, esta sistematización de la inyección se puede realizar con elementos mecánicos, electrónicos o se puede aplicar los dos. La bomba rotativa se caracteriza por contar con un elemento de bombeo, pero con una alta presión que envía el combustible a todos los inyectores. (Conservatucoche, 2016)

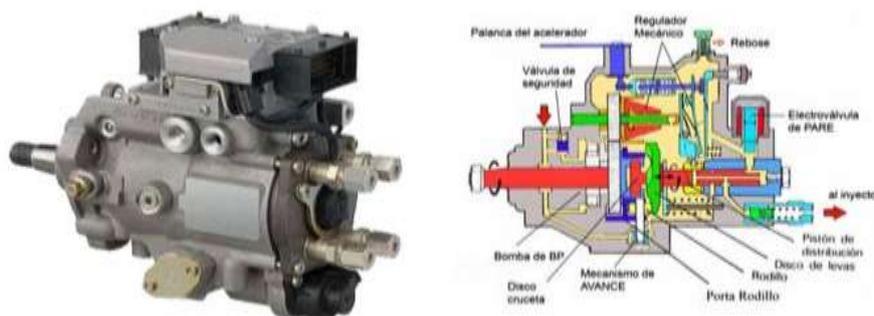
## b) Tipos de bomba de inyección rotativa

- **Bomba de inyección rotativa de embolo axial**

Esta bomba posee una bomba de alimentación que sustrae el carburante almacenado y lo dirige a la bomba de inyección, en el cual solo existe un embolo distribuidor central que realiza movimientos a través del disco de levas que se enfoca en la distribución del combustible y la presión que será emitida a cada cilindro. Las carreras del embolo axial depende de cuantos cilindros tiene el motor ya que este determina el número de carreras a realizar, también se puede determinar por medio del regulador electrónico o mecánico que aparte de establecer qué carrera presentara el embolo este establece la cantidad de caudal de la inyección. Para regular todos los parámetros de una electroválvula de una bomba rotativa axial se debe utilizar el ECU (Unidades de control electrónicas). (Conservatucoche, 2016)

- **Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales**

Esta bomba cuenta con varios émbolos radicales que pueden estar comprendidos entre 2 o 4 émbolos que tienen una electroválvula de alta presión que a partir de la regulación de la misma y el giro del anillo facilita el control de los parámetros de la inyección. Por medio del ECU del coche se puede realizar todos los caracteres de control de la electroválvula. (Conservatucoche, 2016)



**Figura 2.** Bomba Rotativa

Fuente: (Conservatucoche, 2016)

- **Bomba mecánica**

Se puede observar en la parte superior de la bomba el corrector de sobrealimentación para turbo que tienen la enumeración 1, 2 3, 4, 5, 6,7. Mientras que los números 8, 9 y 10 son parte del regulador mecánico de velocidad que ejerce trabajo en la bomba por la acción de la potencia centrífuga en combinación de las palancas de mano (11 y 12), se controla el caudal a inyectar en los cilindros mediante la corredera de regulación (18), en dirección a la carga del motor y la velocidad de giro. Para este tipo de bombas sus componentes suelen ser los comunes. (Meganeboy, 2014)

- **Bomba electrónica**

Bomba de inyección rotativa para motores diésel con gestión electrónica consta de:

El dispositivo de parada que se utiliza tanto para bombas electrónicas y mecánicas, se encuentra ubicado en la bomba de inyección. “Se trata de una electroválvula (de STOP) (12) que abre o cierra el circuito de entrada de combustible (11) al pistón distribuidor (9), con lo que permite o imposibilita la inyección de combustible por parte de la bomba” (Meganeboy, 2014, pág. 1). El combustible se distribuye por medio del paso de la llave de contacto cuando se gira por la acción de la electroválvula y cuando se cierra bloquea el paso del combustible.

El sensor de temperatura (19) de tipo NTC, son empleadas en bombas electrónicas en la parte inferior de la bomba de inyección que emite información a la ECU, este sensor mide la energía que contiene el combustible. “La ECU puede entonces calcular exactamente el caudal correcto a inyectar en los cilindros incluso teniendo en cuenta la temperatura del combustible. (Meganeboy, 2014, pág. 1)

- **Reglajes de las bombas de inyección**

Cada vez que se realiza una reparación a una bomba mecánica o con el paso del tiempo se debe ejecutar una serie de reglajes de los mandos.

### Partes de accionamientos externos del reglaje de inyección:

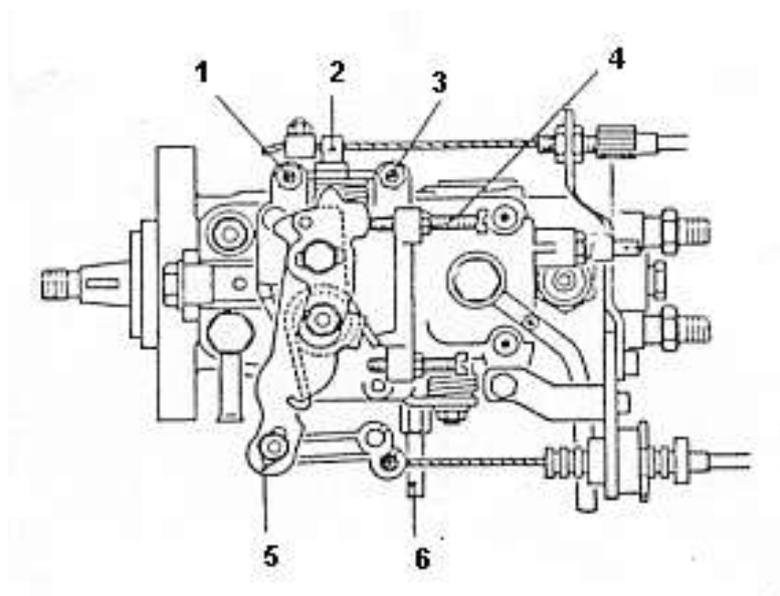
En la tabla 1 se puede observar las partes externas que conforman el reglaje de inyección con su respectiva enumeración.

**Tabla 1.**

*Partes del reglaje de inyección*

|                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Tope de ralentí acelerado | 1. Tope de reglaje de caudal residual |
| 2. Palanca de ralentí        | 2. Palanca de aceleración             |
| 3. Tope de ralentí           | 3. Mando manual de STOP               |

Fuente: (Meganeboy, 2014)



**Figura 3.** Partes externas de los reglajes de una bomba

Fuente: (Meganeboy, 2014)

Los reglajes que se efectúan en las bombas mecánicas son el ralentí, caudal residual, ralentí acelerado y el mando del acelerador, mientras que, para analizar el funcionamiento de una bomba dinámica se realiza de la siguiente manera:

- ❖ No cuenta con mandos mecánicos por lo cual no hay necesidad de realizar reglajes, tampoco el calado de la bomba ya que está fijado encima del motor. Al único reglaje apto para una bomba electrónica es aquel que viene montado a los cilindros el caudal de inyección que es analizado a partir del banco de pruebas.
- ❖ Se debe modificar la posición del caudal (servomotor) siempre y cuando el valor de este sea inferior a lo establecido por el fabricante, para aumentar el caudal se debe dar un golpe ligero con un mazo plástico en la salida de alta presión. (Meganeboy, 2014)

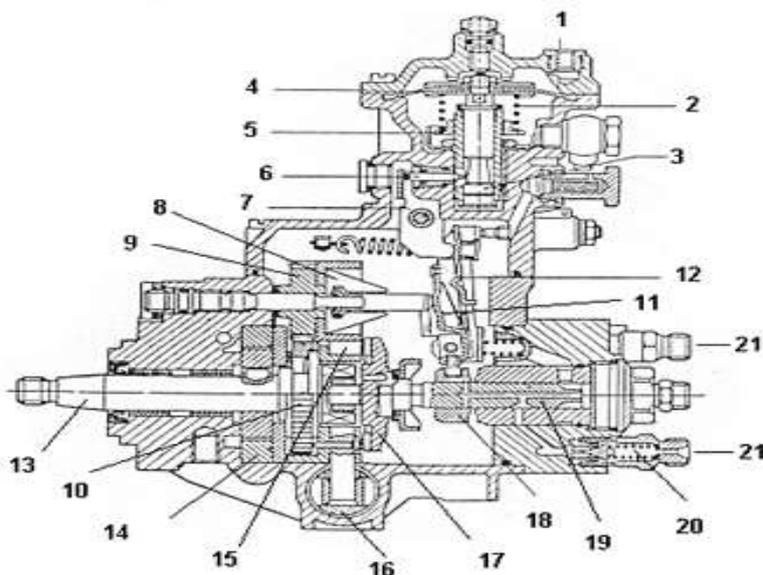
### c) Partes de una bomba rotativa

La bomba rotativa está conformada por 21 piezas señaladas en la tabla 1 mediante la cual se puede identificar en el grafico 11.

**Tabla 2.**  
*Partes de una bomba rotativa*

|                          |  |
|--------------------------|--|
| 1. Presión turbo         | 12. Palanca de tensión                 |
| 2. Muelle de compresión  | 13. Eje de arrastre                    |
| 3. Eje de reglaje        | 14. Bomba de alimentación              |
| 4. Membrana              | 15. Plato porta-rodillos               |
| 5. Tuerca de reglaje     | 16. Regulador de avance a la inyección |
| 6. Dedo palpador         | 17. Plato de levas                     |
| 7. Palanca de tope móvil | 18. Corredera de regulación            |
| 8. Contrapesos           | 19. Pistón distribuidor                |
| 9. Rueda dentada         | 20. Válvula de reaspiración            |
| 10. Rueda dentada        | 21. Salida hacia los inyectores        |
| 11. Palanca de arranque  |  |

Fuente: (Meganeboy, 2014)



**Figura 4.** Partes de una bomba rotativa

Fuente: (Meganeboy, 2014)

#### d) Como generan presión en las bombas de inyección rotativas

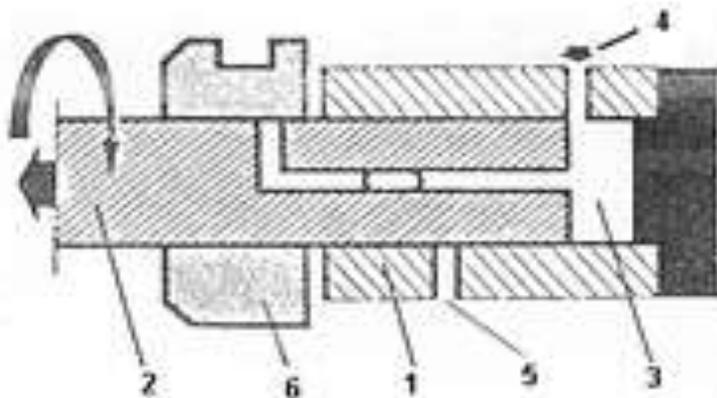
El dispositivo de bombeo es un medio para producir una alta presión que además de ahorrar se encarga de enviar combustible a los cilindros. La tabla 3 consta de las partes que influyen presión en la bomba rotativa según como se observa en la figura 8.

**Tabla 3.**

*Partes que generan presión en las bombas de inyección rotativa*

|                        |  |
|------------------------|--|
| 1. Cilindro            | 4. Entrada de combustible                              |
| 2. Pistón              | 5. Salida de gas-oil a alta presión hacia el inyector. |
| 3. Cámara de expulsión | 6. Corredera de regulación                             |

Fuente: (Conservatucoche, 2016)



**Figura 5.** Partes de una Bomba Rotativa

Fuente: (Conservatucoche, 2016)

- Cilindro o cabezal hidráulico (1): Por su interior se desplaza el pistón. Tiene una serie de orificios uno es de entrada de combustible (4) y los otros (5) para la salida a presión del combustible hacia los inyectores. Habrá tantos orificios de salida como cilindros tenga el motor.
- Un pistón móvil (2): Tiene dos movimientos uno rotativo y otro axial alternativo. El movimiento rotativo se lo proporciona el árbol de la bomba que es arrastrado a su vez por la correa de distribución del motor. Este movimiento sirve al pistón para la distribución del combustible a los cilindros a través de los inyectores.
- El movimiento axial alternativo es debido a una serie de levas que se aplican sobre el pistón. Tantas levas como cilindros tenga el motor. Una vez que pasa la leva el pistón retrocede debido a la fuerza de los muelles.
- El pistón tiene unas canalizaciones interiores que le sirven para distribuir el combustible y junto con la corredera de regulación también para dosificarlo.
- La corredera de regulación (6): Sirve para dosificar la cantidad de combustible a inyectar en los cilindros. Su movimiento es controlado

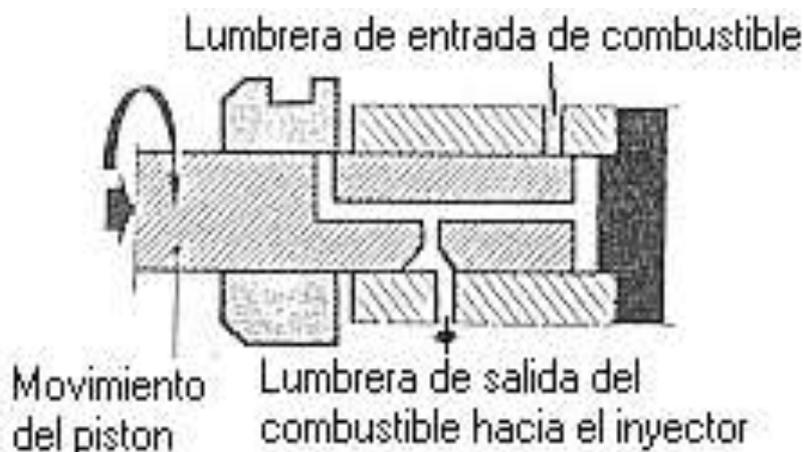
principalmente por el pedal del acelerador. Dependiendo de la posición que ocupa la corredera de regulación, se libera antes o después la canalización interna del pistón.

- **Funcionamiento del dispositivo:** Cuando el pistón se desplaza hacia el PMI, se llena la cámara de expulsión de gas-oil, procedente del interior de la bomba de inyección. Cuando el pistón inicia el movimiento axial hacia el PMS, lo primero que hace es cerrar la lumbrera de alimentación, y empieza a comprimir el combustible que está en la cámara de expulsión, aumentando la presión hasta que el pistón en su movimiento rotativo encuentre una lumbrera de salida. (Meganeboy, 2014)

El combustible a alta presión es enviado directo a los inyectores, pero para llegar al inyector debe pasar por la fuerza del muelle que empuja la válvula de reaspiración para permitir el paso de la presión, mientras el pistón sigue distribuyendo combustible al inyector este tiende a incrementar su presión hasta dominar el muelle del inyector. Una vez producida la inyección en el cilindro esta prevalecerá hasta que el pistón en su carrera hacia el PMS observe una abertura de fin por parte de la corredera de regulación para ser expulsado.

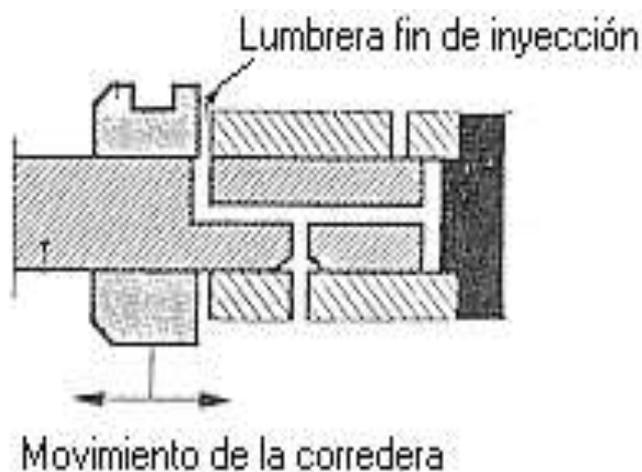
Cuando la inyección llega a su fin esta tiene una caída violenta de presión en la cámara de expulsión, lo que produce el cierre de la válvula de reaspiración la cual ocasiona un determinado volumen entre la canalización que nutre al inyector, la cual da lugar a una rápida expansión del combustible que provoca un cierre violento del inyector con el fin de evitar que gotee. El pistón tiende a desplazarse con dirección al PMS para reducir el gas-oil de la cámara de expulsión y lo exporta a uno de los inyectores.

En la figura se origina el final de la inyección, ya que, la corredora de regulación expulsa la canalización interna del pistón por medio de la lumbrera de fin de inyección.  
(Meganeboy, 2014)



**Figura 6.** Desplazamiento del pistón de la bomba rotativa  
Fuente: (Meganeboy, 2014)

De preferencia la corredora de regulación debe estar ubicada lo más posible a la derecha para que el caudal de inyección sea mayor. (Meganeboy, 2014)



**Figura 7.** Movimiento de la corredora  
Fuente: (Meganeboy, 2014)

La corredora de regulación cuanto más a la derecha este posicionada, mayor será el caudal de inyección. (Meganeboy, 2014)

### **2.3.3 Bombas de inyección individuales**

Las bombas de inyección individuales se pueden observar en motores pequeños, maquinaria de construcción, motores navales, locomotoras a diésel, etc. Se asemejan a la bomba de inyección en línea estándar por la presión que consigue el inyector, no posee un árbol de levas propio es decir que las válvulas son reguladas por el árbol de levas del motor por lo cual no es posible realizar una variación a partir de un giro de árbol de levas y si se apetece modificar el avance de la inyección se debe recurrir a otras técnicas externas como por ejemplo el más empleado en esta situación es el regulador mecánico o electrónico y para obtener la presión de inyección se emplea la misma técnica de la bomba de inyección de línea estándar PE. (Conservatucoche, 2016)

### **2.3.4 Bombas de inyección Commun Rail / CRD1**

- **Probador VP44 inyector de carril común/banco de pruebas de inyección/diésel inyector de riel común**

La nueva tendencia de vehículos ligeros y aplicaciones que cuentan con un motor a diésel con una mayor fuerza proveen inyectores o bombas de unidades electrónicas, 618D un medio para solucionar el inyector, bomba, EUI y la prueba EUP. El operador elige la pieza correcta que esté acorde a la bomba del inyector basándose en la base de datos para poder probar. 618 se asegura de examinar automáticamente y facilita el trabajo a través de un método más sencillo.

618A esta creado para evaluar los tipos de inyectores y bombas EURO III y IV de manera automática, cuenta con datos justos de prueba y con un sistema de datos de tipo CR para inyectores y bombas. Tanto el software como la base de datos cuentan

con una actualización periódica que abarca nuevos modelos o marcas de inyectores de riel común.

618A cumple con las condiciones de reparación, configuración de calidad y las piezas de mayor relevancia de Bosch son importadas de Alemania al igual que otras marcas conocidas a nivel mundial. Su base de datos contiene la información de inyectores y bombas de aceite cuyos datos son acorde al estándar original.

### **Características**

- Diseñado para verificar cualquier tipo de bomba CR, añade la prueba de inyectores Denso HP0 y Bosch HP3pump.
- Fácil de manejar DIY
- Ajuste de datos de acuerdo al tipo de bombas de aceite e inyector
- Pruebas completas y automáticas con un informe de resultados.
- Calidad de las piezas (marcas originales)
- Última versión del Software
- Actualización gratuita
- Alta estabilidad
- Reparación de inyectores y bombas de riel común



**Figura 8.** Banco comprobador VP44  
Fuente: (Alibaba, 1999)

- **CRS708 bomba de inyección de riel común de alta presión banco de prueba de diesel**

### **Funciones**

- Resiste varias marcas de inyectores como: BOSCH, DENSO, DELPHI, SIMENS, etc.
- Comprueba el sellado CRI
- Prueba la cantidad de aceite CRI (periodo de preinyección, plena carga, ralentí, funcionamiento, cantidad de aceite devuelto)
- Uniformidad del CRI
- Análisis de bombas CRI
- Base de datos actualizada y modificada
- Informe detallado del acabado de prueba

## Características

- Sistema WINDOWS, control Industrial del ordenador, pantalla LCD de 19”.
- Control y visualización Industrial en tiempo real, sistema operativo WINDOWS.
- Sensor de cantidad de aceite prueba la cantidad de aceite, pantalla LCD de 19”
- Bomba de riel para proporcionar una presión de 0 ~ 1600 bar.
- La presión del carril se puede probar en tiempo real, control de bucle cerrado, presión estable, protección contra sobretensión
- Ancho de pulso ajustable y frecuencia de la señal de conducción del inyector
- Los tiempos de inyección pueden liberarse
- Preestablecer unos 500 tipos de datos del inyector, fácil de buscar y comparar
- Protección contra cortocircuitos
- Gran espacio de operación, cubierta de plexiglás protectoras para asegurar el funcionamiento correcto. (Alibaba, 1999)



**Figura 9.** Banco de inyección common rail  
Fuente: (Alibaba, 1999)

- **Banco de pruebas para bombas NT300**

Dentro de la serie NT2000 se puede encontrar los siguientes modelos en NT2001, NT3000, NTS815, con color 17"LCD que es una nueva elaboración para la seguridad del medio ambiente y su alta potencia. Cuenta con un control RPM digital, interfaz de maquina humana que permite controlar los procesos de fabricación, temperatura, etc. Este banco de prueba es un producto avanzado ya que es más rápido y fácil de manejar, posee las siguientes características:

- Alta fiabilidad
- Autoprotección
- Ruido ultrabajo, etc.

### **Funciones principales**

- Medición de la entrega de cada cilindro a cualquier velocidad.
- Punto de prueba y ángulo de intervalo del suministro de aceite de la bomba de inyección.
- Comprobar y ajustar el regulador mecánico.
- Comprobar y ajustar la bomba del distribuidor.
- Experimenta y ajusta el comportamiento de sobrecargar y Compensatoria del dispositivo.
- Medición del retorno del aceite de la bomba de distribución.
- Prueba de la válvula electromagnética de la bomba del distribuidor (12V/24 V).
- Medición de la presión interna de la bomba de distribuidor.
- Comprobación del ángulo de avance del dispositivo avanzado.
- Comprobación del sellado del cuerpo de la bomba de inyección

- Instalar el tubo del suministro de aceite de succión automática puede comprobar Aceite de la bomba de suministro.
- Comprobar el viaje de la carrera (bajo petición).
- 17' LCD ordenador monitor dos sistemas operativos.
- Pantalla táctil (según la petición)



**Figura 10.** Banco de pruebas  
Fuente: (Alibaba, 1999)

- **Inyector Diesel y de prueba de la bomba de Banco DTS619 / NTS / 619 / NT300 12 cilindros**

El banco de prueba DTS619 se usa para analizar el inyector y la bomba de riel común, se puede aplicar en el banco de prueba convencional que adoptaría la forma de una bomba de riel común de Bosch para generar 0~200 bar de tensión del riel. Se puede probar el inyector de Bosch, Siemens, Delphi, Denso y la bomba de riel común. Si posee un banco de prueba tradicional 12PSB debe utilizar el sistema de prueba CRS300 para utilizar el inyector y la bomba de riel común.

**Tabla 4.***Tipo de pruebas en el banco*

| <b>Common Rail de Inyector</b>   | <b>Common Rail de la bomba</b>  |
|--|---|
| 1. Prueba de marcas: BOSCH, SIEMENS, DELPHI, DENSO   | 1. Prueba de marcas: BOSCH, SIEMENS, DELPHI, DENSO                              |
| 2. Prueba seis piezas de inyectores a la vez. (opcional)   | 2. Prueba la bomba HP0 de doble émbolo de DENSON.                               |
| 3. Prueba la preinyección del inyector de carril común de alta presión.  | 3. Prueba el sellado de la bomba de carril común.                               |
| 4. Prueba la cantidad máxima de aceite del inyector de carril común de alta presión.                                     | 4. Prueba la presión interna de la bomba de carril común.                       |
| 5. Prueba la cantidad de aceite de arranque del inyector de carril común de alta presión.                                | 5. Prueba la válvula electromagnética proporcional de la bomba de carril común. |
| 6. Prueba la cantidad de aceite de reflujo del inyector de carril común de alta presión.                                 | 6. Prueba la presión de entrada de la bomba de carril común.                    |
| 7. Prueba la cantidad media de aceite del inyector de carril común de alta presión.                                      | 7. Prueba el flujo de la bomba de carril común.                                 |
| 8. Establece el estado de inyección del inyector de carril común de alta presión y la medición de la cantidad de aceite. | 8. Mide la presión del carril en tiempo real.                                   |

Fuente: (Alibaba, 1999)

**Características**

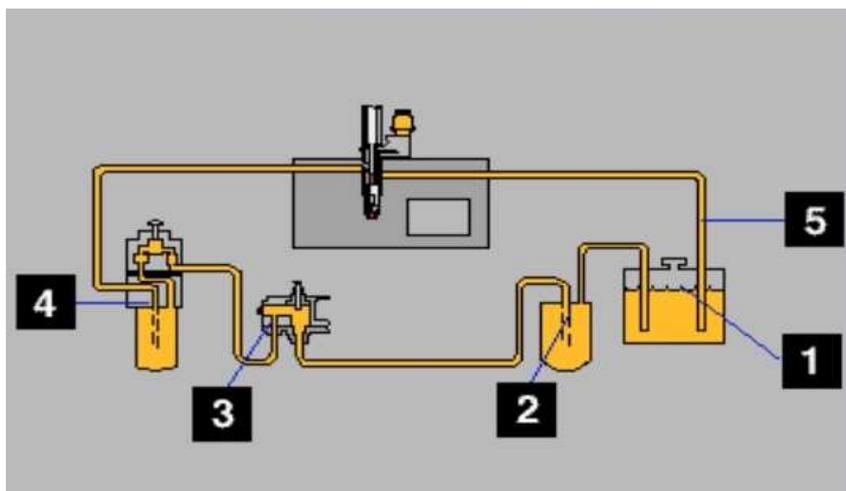
Las características principales para un banco de prueba para una bomba a diésel son las siguientes:

- La señal de transmisión se puede controlar.
- Protección de cortocircuitos.
- La presión de 3 rieles se puede probar en tiempo real, contiene función de protección de alta presión.
- Se pueden ajustar 4 pulsos y frecuencia de la señal de transmisión del inyector.
- Tiempo de inyección puede ser arreglado
- Ordenador de pantalla.



**Figura 11.** Banco de pruebas para bombas diésel  
Fuente: (Alibaba, 1999)

## 2.4 Sistema de alimentación de combustible



**Figura 12.** Sistema de alimentación de combustible  
Fuente: (Expósito, 2013)

La función del sistema de combustible a diésel tiene como objetivo dar una cierta cantidad de combustible nítido en el tiempo adecuado a la cámara de combustión del motor. (Enrique, 2019)

### 2.4.1 Elementos generales del sistema

Tiene similitud en todos los fabricantes de motores a diésel, no obstante, puede suceder en algún caso que no se encuentren todos en dicho motor o que posea otro tipo de componente: (Ecured, 2011)

#### Características

- Circuito de alta presión: su función es impulsar el combustible a la cámara de combustión a través de una presión dada.
- Circuito de baja presión: cumple la tarea de entregar el combustible a la bomba de inyección desde el lugar que se encuentra almacenado.

### 2.4.2 Partes del circuito

- **Depósito de combustible**

Lugar en el cual se encuentra almacenado el combustible para que el motor realice su movimiento, por lo general está proyectado para trabajar 10 horas de acuerdo al consumo normal del motor.

- **Líneas de combustible**

Denominadas cañerías o tuberías que son el medio por el cual se transporta el combustible a todo el circuito.

- **Filtro primario**

El filtro primario habitualmente se usa como decantador de agua.

- **Bomba de transferencia**

Es movida por el motor ya que mantiene constante la presión del sistema hasta la bomba de inyección y esta puede estar colocada en cualquier lugar todo depende del fabricante del motor.

- **Bomba de cebado**

Tiene como finalidad limpiar el sistema cuando se cambia el filtro esta puede ser manual o eléctrica dependiendo del motor si es moderno o antiguo.

- **Filtro secundario**

Es el filtro de combustible de mayor importancia ya que posee un paso más fino por lo cual este se debe cambiar más seguido.

- **Válvula de purga**

Está ubicada en el segundo filtro y esta se emplea para limpiar el sistema de inyección, por ende, libera el aire cuando actúa sobre la bomba de cebado.

- **Bomba de inyección**

Existe varios modelos y marcas de bombas de inyección, pero todas tienen el mismo objetivo que es estimular el combustible con una correcta presión para la pulverización en el cilindro. (Ecured, 2011)

- **Colector de bombas de inyección**

Cuando existe un sobrante de la bomba de inyección este es devuelto a través de la tubería.

- **Inyectores**

Los inyectores son los encargados de pulverizar el combustible en la cámara de combustión, también conocido como precámara. (Enrique, 2019)

## **2.5 Cómo funciona un inyector**

El inyector es alimentado por el combustible que proviene de la bomba de inyección que se trasladan por conductos perforados que abren paso hasta llegar a la aguja que se encuentra en la parte inferior que bloquea el paso del orificio de salida a través de la fuerza que recibe la varilla por un resorte y por ende se cierra el acceso del combustible a la cámara de combustión.

Cuando en la entrada del conducto la presión del combustible ha aumentado por el trabajo que realiza la bomba de inyección, por medio del vástago mueve el resorte de la aguja del inyector y la tuerca que se encuentra unida al vástago se ajusta por la fuerza de la pulverización del combustible. El carburante se mueve desde la entrada que ha sido marcada hasta el conducto agujereado de la por tobera. (Ferrer, 2015)

### **2.5.1 Características y su correcto mantenimiento**

En la cámara de combustión se almacena carburante a alta presión por medio del sistema de inyección cuando el motor está en periodo de compresión. Los motores a diésel producen la combustión cuando está expuesta al aire a temperaturas elevadas, mientras que el motor a gasolina lo realiza mediante la bujía.

La bomba distribuye diversas cantidades de combustible y presión de acuerdo a la carga del motor. “La bomba es capaz de inyectar distintas cantidades de combustible y a distintas presiones, dependiendo de la carga del motor, gracias a los émbolos internos de la bomba que van unidos a cada inyector del motor” (Ferrer, 2015,

pág. 1), que se asemeja al pulso eléctrico que ha sido accionado con el fin de evitar fugas en el carburante.

Además, están encargados de abastecer de combustible la cámara de combustión de acuerdo al sistema de inyección ya sea directa o indirecta de forma correcta para percatar que se escape el combustible y se distribuya según el trabajo del motor. El inyector está constituido por:

- Portatobera
- Tobera
- Tuerca de tobera
- Tuerca de tapa
- Vástago
- Conexión de retorno de combustible
- Tuerca de ajuste del resorte

## CAPÍTULO III

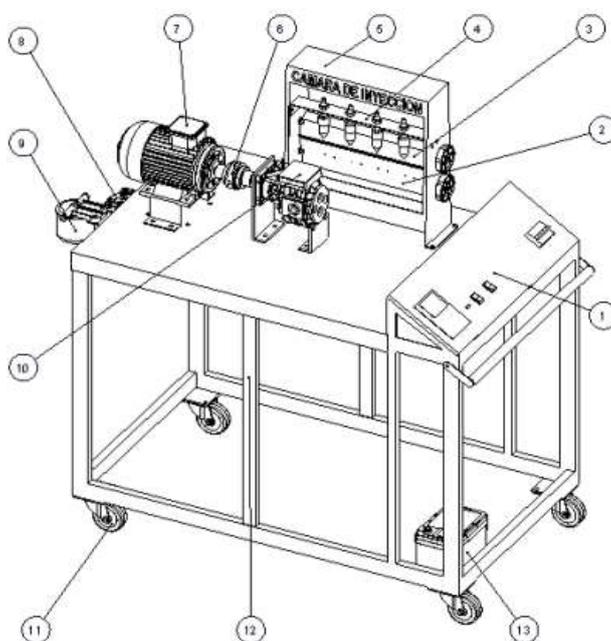
### 3 CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

#### 3.1 Introducción

Por la gran demanda de bancos de pruebas para bombas de inyección, para la fabricación y construcción del proyecto propuesto se consideró los requisitos de operación y usabilidad. También, se redujo el costo del equipo a través de la aplicación de componentes de fácil adquisición y costos menores a los utilizados en bancos en serie. Visualizar la acción que realiza la bomba de inyección y observar la acción de cada inyector en relación de la presión ejercida por la bomba es otra característica de este equipo de banco.

#### 3.2 Diagrama de guía para la construcción del banco de pruebas

La figura 13 representa un esquema guía del simulador del banco de pruebas y sus partes se encuentran en la tabla



**Figura 13.** Simulador de banco de pruebas  
Fuente: (Lascano & Montachana, 2011)

**Tabla 5.**  
*Partes de un diagrama guía para la construcción del banco de pruebas*

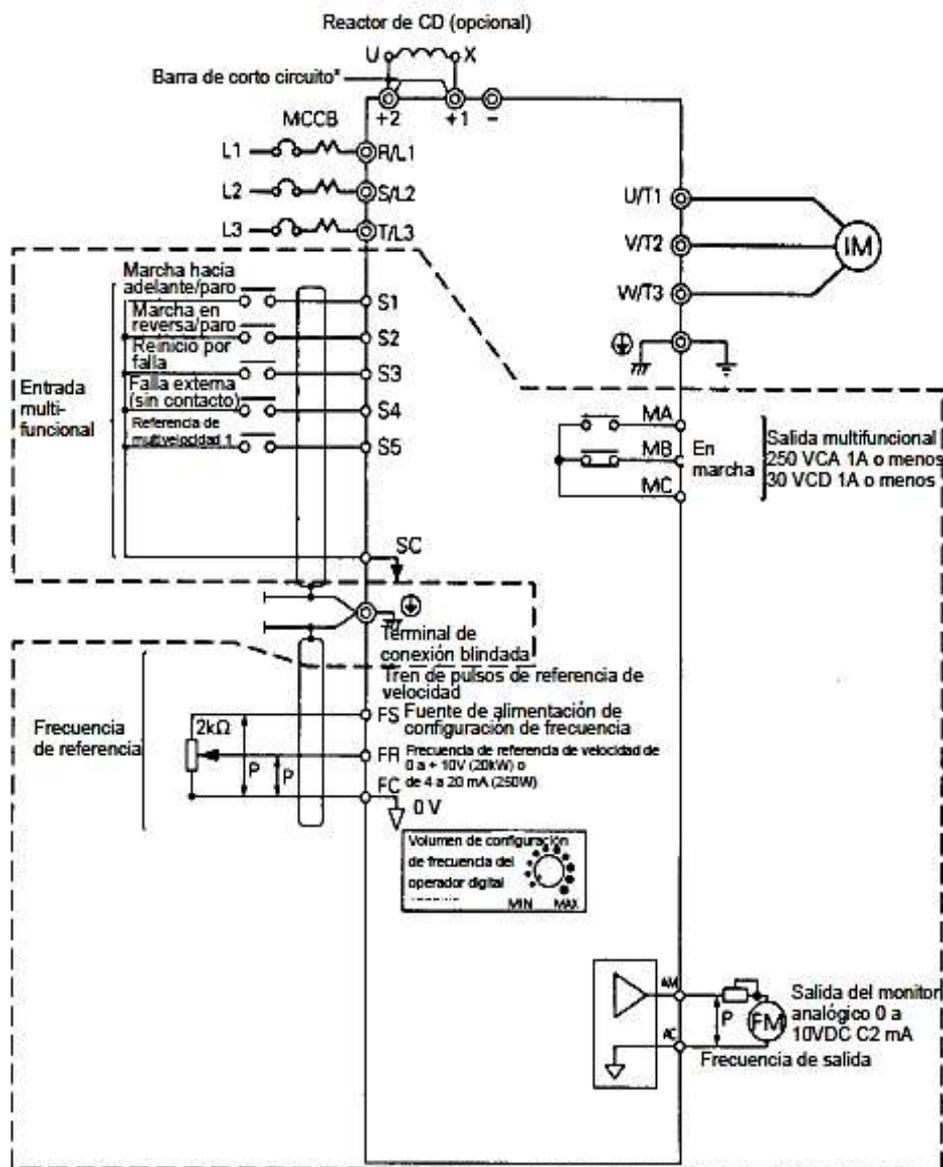
|                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| 1. Tablero de control              | 7. Motor de corriente    |
| 2. Base para soportar las probetas | 8. Filtro                |
| 3. Bloqueo para inyectores         | 9. Bomba diésel          |
| 4. Soporte para inyectores         | 10. Ruedas               |
| 5. Cámara de inyección             | 11. Estructura del banco |
| 6. Acople bomba – motor            | 12. Batería/energía      |

Fuente: (Lascano & Montachana, 2011)

### 3.3 Diagramas eléctricos

#### 3.3.1 Diagrama de conexión variador de frecuencia – motor

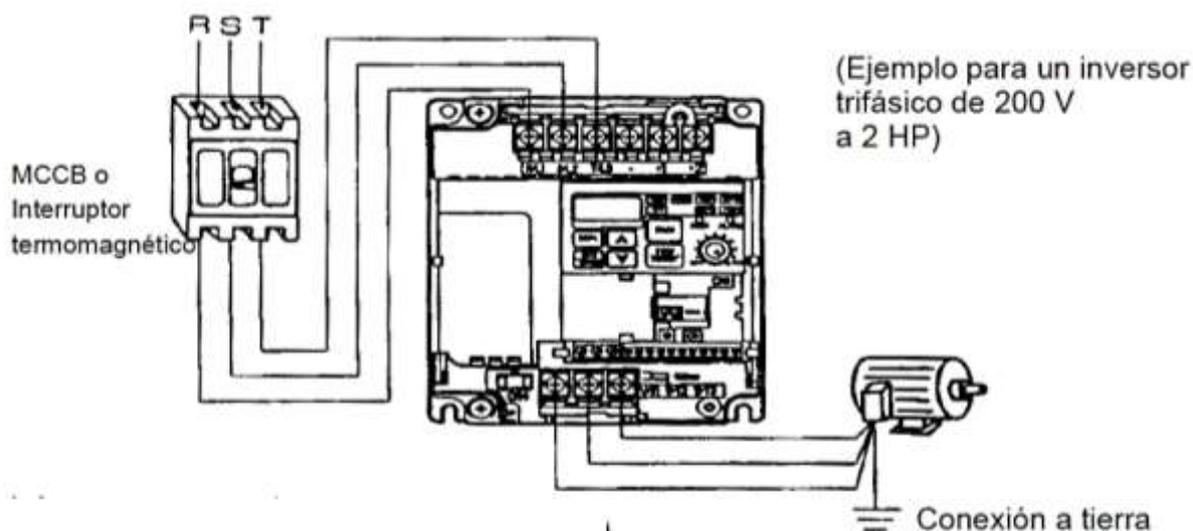
La figura 14 hace referencia a la conexión interna del variador de frecuencia teniendo en cuenta el tipo de conexión que se realiza desde la fuente de energía y que es transmitida desde la salida del variador hacia el motor trifásico el cual se tomó como estudio y se optó por un variador Yaskawa J7 que es un modelo moderno que permite al usuario regular la frecuencia para su actividad.



**Figura 14.** Diagrama de conexión  
Fuente: manual de variador Yaskawa J7

### 3.3.2 Conexión visual del variador de frecuencia – motor trifásico

En la figura 15 muestra la conexión de un variador a un motor trifásico en el cual la conexión parte de la fuente de energía hacia el variador tomando en cuenta los bornes de entrada y salida que son controladas por un switch y fusiberos de protección hacia los equipos.



**Figura 15.** Diagrama de conexión  
Fuente: manual de variador Yaskawa J7

### 3.4 Descripción de componentes

Se describe que función cumple cada componente del banco de pruebas como se muestra en la tabla 6 que son esenciales ya que su funcionamiento depende de cada uno de ellos, por ende no se puede omitir alguno.

**Tabla 6.**

*Descripción básica de elementos del banco*

| Componentes                    | Descripción  |
|--------------------------------|--|
| Bomba rotativa de 6 salidas    | Es un elemento mecánico que tiene la función de bombear diésel por cada inyector ubicado en los cilindros. |
| Inyectores mecánicos           | Son los encargados de pulverizar el diésel a un máximo de PSI.   |
| Probetas plásticas             | Elemento plástico para la medición del volumen de un líquido.  |
| Variador de velocidad          | Elemento electrónico encargado de variar los rpm de un motor trifásico según lo requiera el usuario        |
| Conmutador eléctrico trifásico | Es un dispositivo eléctrico que tiene la función de cortar la energía asegurando el corte de corriente.    |
| Fusibles                       | Elementos eléctricos de protección para exceso de amperaje.  |

**CONTINÚA** 

|  |  |
|--|--|
| Switch trifásico                       | Elemento eléctrico para mando de paso y cierre de corriente eléctrica.               |
| Cañerías hidráulicas                   | Elemento mecánico con la capacidad de trasladar el líquido a determinados PSI.       |
| Codos de 1/2" en plastigama            | Elementos de acople para transferir el fluido líquido.                               |
| Uniones de mando de 1/2" en plastigama | Elemento de acople   |
| "T" de mando de 1/2" en plastigama     | Elemento de acople de salida.  |
| Tanque de acero de 10 lts              | Elemento metálico para reserva de líquido.   |
| Filtro de diésel                       | Elemento mecánico con la función de proteger a los elementos mecánicos de impurezas. |

### 3.5 Construcción del sistema electrónico para el banco de pruebas

Para el diseño del sistema eléctrico del banco se utilizó un variador de corriente que permita obtener una gama de velocidades del motor trifásico, esto permite simular las diferentes RPM del motor de combustión interna, además, se ocupó interruptores.

#### 3.5.1 Implementación eléctrica del sistema de control y arranque

Para la instalación del sistema de control se hará uso de un variador de velocidad de marca Yaskawa J7 tal como se observa en la figura 16. Permitiendo de esta manera controlar la velocidad de rotación de la bomba. Mediante el uso de dos dispositivos eléctricos se realizó la instalación para el control de mando de accionamiento del variador tal como se observa en la figura 16. El primero con un interruptor de dos posiciones para abrir y cerrar. El segundo es un botón de pare, el cual llevara la función de realizar el corte de corriente eléctrica en casos de emergencia.



**Figura 16.**Control de corriente y botón de pare

Para proteger todo el sistema eléctrico del panel de control, según se observa en la figura 17, se utilizó 3 portafusileros con fusibles de 2A y un breaker trifásico, con la condición de evitar daños permanentes a los equipos y así conservar su durabilidad mediante su manipulación en el de área de trabajo. Mediante la instalación del sistema de protección del banco de pruebas se utilizó un contactor trifásico, la cual tenía la finalidad de controlar el paso de corriente eléctrica y evitar daños al sistema eléctricos en caso de sobrecarga eléctrica a los equipos.



**Figura 17.** Contactor trifásico

### 3.5.2 Elaboración y construcción del sistema de precalentamiento

Para la construcción del sistema de precalentamiento se montó los componentes eléctricos tal como se observa en la figura 18. Se realizó un orificio en el panel de control para la ubicación de las botoneras, se instaló una botonera doble de 110V y un switch simple para encender y apagar y por último se conectó un calentador electrónico portátil para aumentar la temperatura del diésel a 40° C.



**Figura 18.** Elementos de precalentamiento

Una vez conectado todos los elementos electrónicos se procedió a introducir y asegurar el calentador portátil en el interior de del tanque. Permitiendo de esta manera realizar el trabajo de aumento de temperatura para el diésel. Para mantener un sellado se utilizó pegamento que soporte la temperatura de funcionamiento para sellar el orificio por el cual va a ingresar el hervidor electrónico evitando fugas de calor, de esta forma se mantiene cerrado y pueda funcionar con mayor eficiencia como se ve en la figura19.



**Figura 19.** Ubicación de tanque de almacenamiento de diésel

### 3.6 Construcción del medidor de inyección del combustible

#### 3.6.1 Construcción de la cámara de inyección

Se utilizó dos platinas metálicas de 50 mm x 3 mm con norma NTE INEN 2 215 de 65 cm de largo, se procedió a realizar dos cortes de 50 mm de PLT 50x3 tal como se observa en la figura 20, como parte de la base de inyectores y por ende para las bases de las probetas. Realizando también unos orificios con la broca 3/8 para cada probeta con la finalidad de insertar la aguja del inyector dentro de las cámaras de medición de combustible y para la apertura de la salida del mismo por la base de cada probeta y también se hizo dos doblajes de 70mm a cada uno de los PLT de 65 cm de largo como base de fijación en la bancada.



**Figura 20.** Corte y taladrado de PLT

#### 3.6.2 Mecanizado de seguros para inyectores

Se construyó un eje de acero AISI 1020 para realizar los seguros. El mismo que fue mecanizado en un torno con la finalidad de obtener los seguros de inyectores de 3 cm de largo por 2,5 cm de ancho (agujero interno). Una vez mecanizado los seguros

se procedió a taladrar con una broca de 1/8" y machuelado con un machuelo 5/11" para asegurar al inyector, tal como se observa en la figura 21.



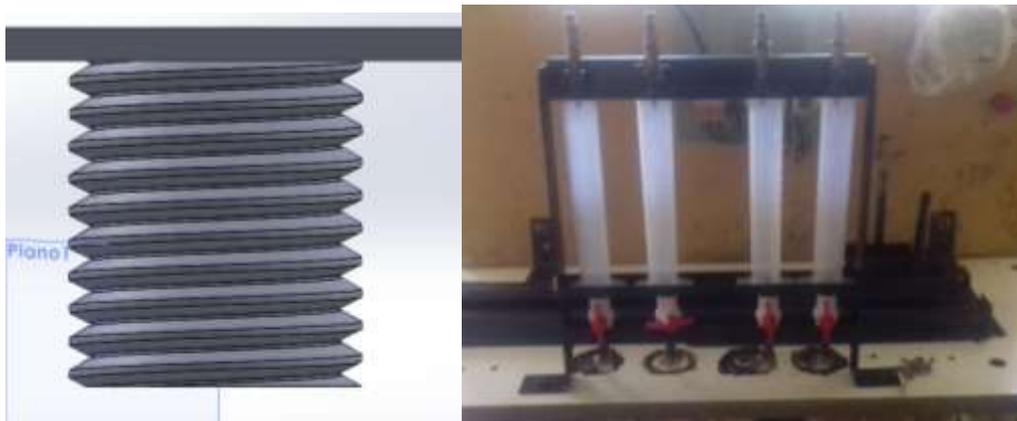
**Figura 21.** Mecanizado de seguros de inyectores

Al tener realizado la cámara de combustión con las bases para las probetas se insertó 4 guías de aleación metálica de 2mm x 3mm como se divisa en la figura 22 para permitir la salida de combustible.



**Figura 22.** Guías de salida para cada probeta

En la figura 23 se puede observar el dibujo realizado en SolidWorks del acople para control de retorno de combustible, para lo cual se utilizó 4 tubos de acero enroscado de media para la colocación de llaves de paso para cada probeta, de esta manera se logró controlar la salida del combustible y por ende realizar la medición de la pulverización de cada inyector.



**Figura 23.** Acople de combustible y montaje de probetas

Al tener construido la cámara de combustión se procede a colocar las probetas de 250 ml sobre cada una de las guías de salida para el combustible.

### 3.7 Elaboración del tanque de precalentamiento

Para la construcción del tanque de combustible se utilizó un extintor vacío de 10 litros realizando dos perforaciones de  $\frac{1}{2}$ " pulgada para incrustar dos tubos metálicos enroscados para la salida y entrada de diésel que se puede apreciar en la imagen 24.



**Figura 24.** Perforación del cilindro e incrustación de acople

Se selló bien el tanque para evitar pérdidas de combustible por las roscas del tubo, luego se procedió a pintar e instalar en el banco de pruebas. Para la base de las bombas se utilizó dos rieles metálicos de 3mm x 5mm en forma de V de 100 cm como

corredizo para la base de la bomba asegurando con pernos de 3/8" sobre el banco de trabajo como lo indica la figura 25. De esta manera se permite el fácil uso y cambio de las bombas.



**Figura 25.** Corredizo para base

### **3.8 Construcción de base para bomba de inyección**

Para armar la base la bomba se utilizó tres piezas metálicas ASTM A-500 como se observa en la figura 26, la primera fue un riel de 15 cm de ancho por 5 cm de largo y 22 cm de largo para facilitar el deslizamiento de los rieles, la segunda fue un tubo cuadrado de 5cm x 5cm y 15 cm de largo, finalmente la tercera pieza fue un riel en forma de "U" de 10 cm de ancho por 3 cm de alto por 15 cm de largo. Luego se procedió a soldar las piezas correspondientes.



**Figura 26.** Corte del tubo cuadrado

La figura 27 muestra las piezas que sirvieron de apoyo para las bombas, también se realizó un destaje de 10 cm por 3m a lado izquierdo, debido a que la bomba lineal tiene una saliente lateral que permite asentarse correctamente. Se soldó primero el tubo cuadrado de 15 cm de largo con la base para la bomba, posterior a eso se soldó el tubo con el riel la movilización de la bomba, tomando en cuenta que se utilizó esta base para bombas lineales y su base que es recta se fije al banco.



**Figura 27.** Soldado del asentamiento de bomba

Finalmente utilizando la pulidora retiramos el exceso de suelda para dejar completamente plano a los filos de la base y se procedió a limpiar para poder pintarlo correctamente como se nota en la figura 28.



**Figura 28.** Pulido de base

Se soldaron dos pernos de 4" y dos platinas de 2 cm de ancho a los lados de la base de la bomba para poder sujetarla en la mitad como se observa en la figura 29. Luego se utilizó una chaqueta de bancada doblada en 1 cm hacia sus lados opuestos y dos rodela, esto permite una mejor estabilidad de la bomba.



**Figura 29.** Base de bomba

En la figura 30 se visualiza como quedó el dispositivo para asegurar una bomba rotativa. Se utilizó dos chaquetas de biela y dos pernos de 2". Se soldó las chaquetas de biela en el centro de la cabeza del perno con las puntas de la chaqueta hacia arriba, permitiendo así asentar la bomba.



**Figura 30.** Soporte de bombas de inyección rotativas

### 3.9 Elaboración de la base de poleas

Se realizó un corte de 25 cm a la platina, doblándole en partes para formar la base de la chumacera, se introdujo un embolo de 15 cm de largo, ligándole ligeramente hasta que ingrese en el orificio de la chumacera. Se compró dos émbolos de 10 cm de largo por 2 cm de ancho, para alzar la chumacera al nivel de la bomba y de esta manera permita el movimiento en sí, también se realizó dos perforaciones a la platina de 3/8" de ancho, para introducir dos pernos de 3" de largo y ajustar la chumacera a la base se indica en la figura 31.



**Figura 31.** Soporte y chumacera

Se compró un embolo de cabezote de 30 x 40 mm para reconstruir una polea que se ajuste a la guía de la chumacera y en si se acople a la bomba, permitiendo girar correctamente que se puede notar en la figura 31.



**Figura 32.** Polea para motor trifásico

Se cortó la polea a 8 cm x 10 cm de largo, luego se introdujo en el torno y por medio de una lima se procedió a limar hasta crear un orificio en la cual se pueda asentar la polea y se mantenga fija como se observa en la figura 32.

### **3.10 Sistema de desfogue del combustible del comprobador de diésel**

Para realizar el sistema de desfogue o retorno del diésel hacia el tanque se utilizó tubos de plástico de media pulgada, acompañado de codos y uniones para este sistema. En si esta controlados por una llave de paso por cada probeta para el desfogue del diésel.



**Figura 33.** Control de inyección

Por cada probeta se utilizó una llave de paso de media pulgada, permitiendo así al usuario la libre manipulación del paso de retorno del diésel hacia el tanque. Cada llave de paso consta de dos codos de media de plástico y una unión de media y sellado para evitar fugas de diésel tal como se muestra en la figura 33.



**Figura 34.** Acoplamiento de codos y uniones

En la figura 34 se puede observar los 4 tubos de plástico P enroscados de  $\frac{1}{2}$ " de 8 cm de longitud que se utilizó para ubicar a través de la base del banco de pruebas, ajustando al nivel del tablero de la parte inferior para luego ser acoplados con los elementos restantes para el sistema de retorno del diésel.



**Figura 35.** Acoples de salida de diésel

En la figura 35 indica el retorno del sistema de diésel en el cual se utilizaron 3 tubos de plástico roscables de  $\frac{1}{2}$ " y 4 uniones para unificar hacia el tanque, también se aplicó silicona para evitar fugas de diesel hacia el exterior.



**Figura 36.** Coneccion de cañerías

Finalmente se acoplaron las cañerías a la bomba y a los inyectores, asegurando cada union o acople que esten correctamente conectados y no exista fugaz de diesel en el sistema de alimentacion hacia la bomba y en si a los inyectores.

## CAPÍTULO IV

### 4 COMPROBACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

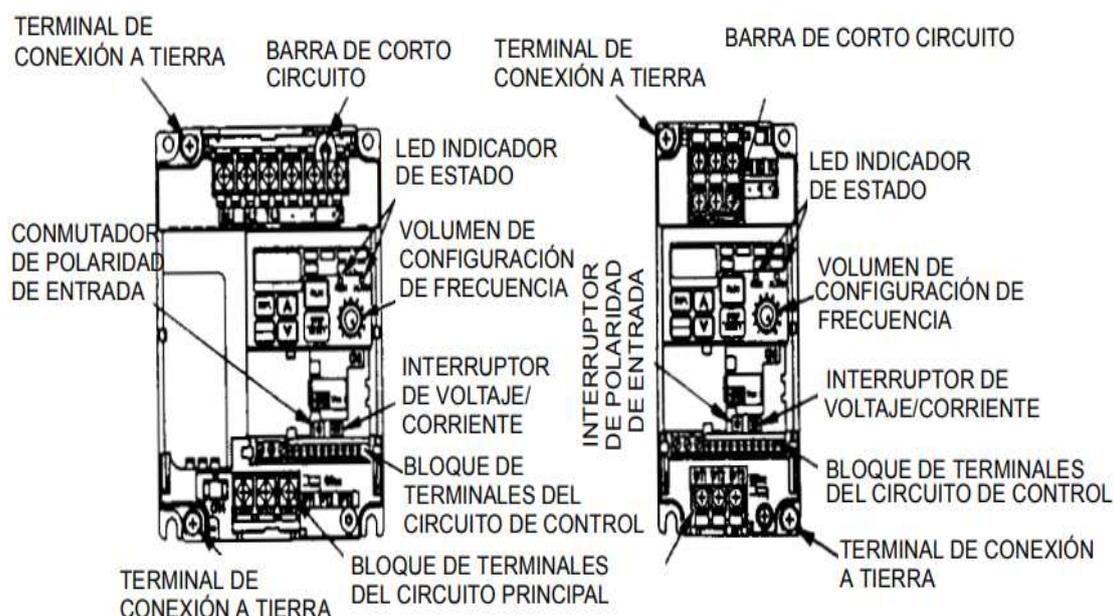
La comprobación del banco de pruebas está diseñado para que el usuario pueda ocupar de la mejor manera el banco de pruebas de bombas de inyección e inyectores para verificar si existen daños dentro del banco simulador.

#### 4.1 Normas de manipulación del equipo

El usuario debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- a) El banco simulador está diseñado con un motor trifásica americano de 1 hp, con un sistema eléctrico de velocidad variable. Este motor trabaja con una fuente de alimentación de 220V.
- b) Verificar que el cableado eléctrico hacia el Variador Yaskawa esté correctamente conectado antes de encender el Switch de encendido del paso de corriente trifásica.
- c) Verificar que el Variador electrónico este ajustado a todas sus posiciones iniciales en "0".
- d) Verificar que el botón de inversión de motor del variador este ajustado al lado correcto de giro y el botón digital del volumen del variador electrónico este en "0".
- e) Una vez encendido el variador, verificar que los códigos de configuración estén en los parámetros necesarios del usuario.
- f) Verificar el nivel de combustible del tanque y del filtro de combustible de la bomba rotativa.

- g) Observar los niveles de temperatura y presión de diésel no presenten anomalías.
- h) Verificar que todas las cañerías de presión hidráulica estén correctamente conectadas.
- i) Verificar que el acople de la bomba diésel y el eje de rotación este correctamente acoplado al sistema de rotación.
- j) Observar que la banda este bien sujeta a las poleas.
- k) Verificar que los seguros de la bomba estén bien ajustados.
- l) Observar que no exista fuga de fluidos de diésel sobre el banco simulador y alrededor de las cañerías de los inyectores.
- m) Verificar que los inyectores estén correctamente asegurados en los anillos de presión.
- n) Verificar que esté cerrado las salidas del fluido comprobación de las probetas.
- o) Verificar que no exista fugas de combustible por el retorno de la bomba hacia el depósito de diésel.



**Figura 37.** Partes del variador  
Fuente: manual de variador Yaskawa J7

#### 4.1.1 Características

- a) El banco simulador consta de una bomba rotativa Lucas CAV de 6 cilindros (Serie 19354), montado sobre una estructura metálica como apoyo de base para la bomba, con los implementos necesarios para su funcionamiento acorde a las condiciones del usuario.
- b) La estructura metálica de la base de bomba es de juego corredizo en forma rectilínea al eje de acoplamiento eje de rotación del motor.
- c) Posee un depósito de 3 galones de combustible para el funcionamiento de la bomba.
- d) El panel de control de volumen de velocidad y control de temperatura es electrónico.
- e) El panel de mando está incorporado por un variador electrónico (Yaskawa J7, 3 fases, 200V, 2.2 KW) en cual podemos realizar mediciones y variaciones al motor eléctrico, además consta internamente con un lector de fallas de códigos y demostrar con una luz LED ROJA con una señal de ERROR en la pantalla del variador.
- f) Tiene un calentador eléctrico de 110V para elevar internamente la temperatura del combustible dentro del tanque.
- g) Sistema de seguridad en casos de emergencia (Botón de pare).
- h) Posee un sistema de retorno de diésel convencional hacia el tanque.
- i) Consta con un filtro de diésel para mantener protegido a la bomba diésel.
- j) Posee un sistema de protección de 6 portafusileros, tres de entrada de protección de energía hacia al variador y tres portafusileros entre el variador y el motor trifásica para evitar sobre carga de energía y proteger en si a los elementos eléctricos.

- k) Tiene un motor trifásico de tres fases con inversión de giro de 2000 RPM para el uso correcto de la bomba.
- l) Consta con un medidor de inyección por inyector (Probetas de 250 ml), con el fin de simular la cantidad de fluido por tiempo.
- m) Consta con 4 inyectores mecánicos.
- n) Tiene un manómetro de 2000 PSI para medir la presión del inyector.

## **4.2 Mantenimiento**

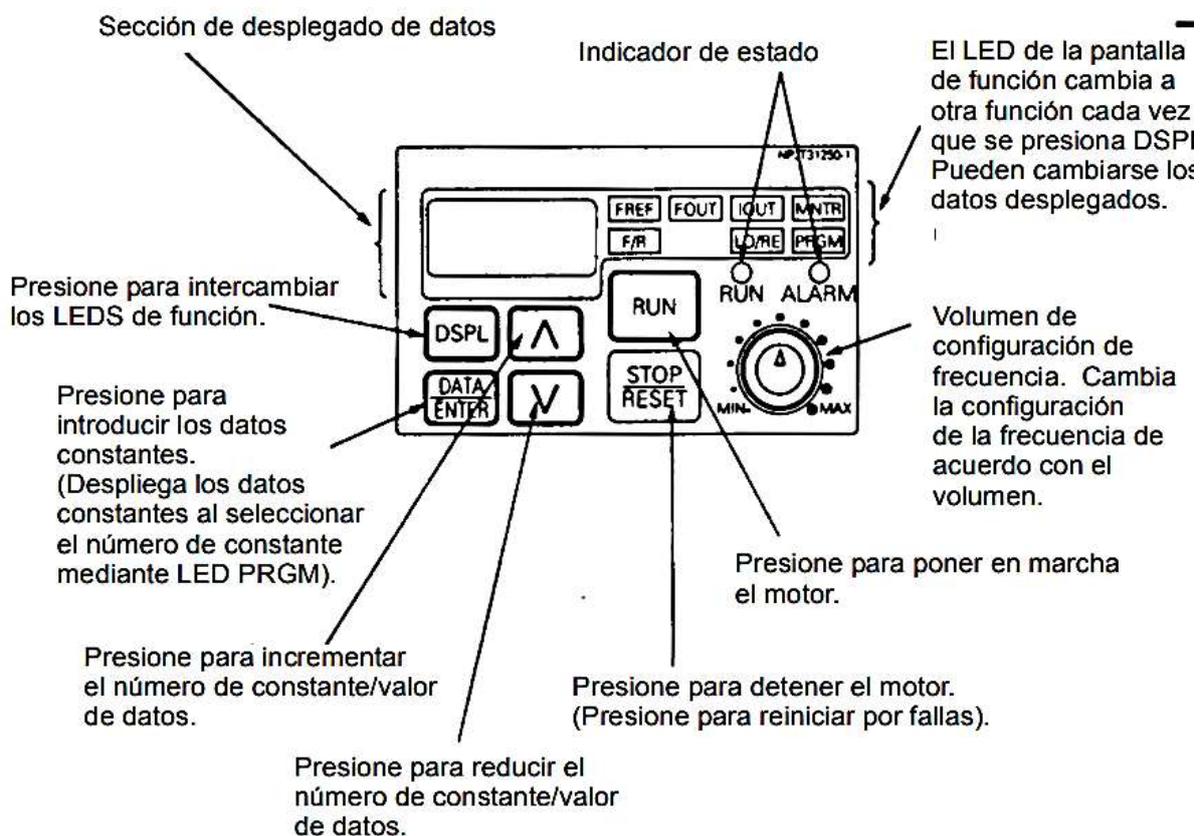
Para evitar que el banco simulador de bombas de inyección e inyectores sufra fallas al momento de operar el banco de manera más eficiente se debe realizar el mantenimiento siguiente:

- a) Revisar el nivel del combustible en el depósito.
- b) Revisar el nivel del combustible en el filtro.
- c) Revisar el ajuste de la banda de distribución.
- d) Revisar fugas alrededor de la bomba, inyectores y cañerías de presión.
- e) Ajustar el acople de bomba y eje de distribución de giro.
- f) Ajustar cañerías y acoples entre la bomba e inyectores.
- g) Revisar ingreso de corriente trifásico al sistema de control de velocidades del variador.
- h) Revisar la codificación del variador de frecuencia.
- i) Revisar los fusibles en cada porta fusileros.

## **4.3 Codificación**

El banco de pruebas está formado por varios elemento, pero se necesita de la codificación para realizar la función del banco, este nos indica el estado en el que se encuentra la conexión, permite cambiar las funciones, desplegar datos de las

funciones, cambiar la frecuencia acorde al volumen, etc., en la figura 36 se observa el diagrama de conexión con sus respectivos botones.



**Figura 38.** Diagrama de conexión  
Fuente: manual de variador Yaskawa J7

El variador de frecuencia consta de 79 códigos de funcionamiento que se observa en la tabla 7, que permite al usuario usar el código y la codificación de acuerdo a lo requerido por el mismo.

**Tabla 7.***Codificación del variador de frecuencia*

| <b>Función</b>                               | <b>N</b>  | <b>Descripción</b>   | <b>Codificación</b> |
|--|-----------|--|---------------------|
| <b>Configuración de parámetros</b>           | <b>01</b> | 0: Configurar frecuencia del operador  | <b>1</b>            |
|  |           | 1: Lectura de funciones  |                     |
|  |           | 6: Liberar fallas del historial  |                     |
|  |           | 10: Empezar con 2 cables   |                     |
|  |           | 11: Empezar con 3 cables   |                     |
| <b>Modo de operación</b>                     | <b>02</b> | 0: Operador Digital  | <b>1</b>            |
|  |           | 1: Terminal  |                     |
|  |           | 2: Comunicación de serie   |                     |
| <b>Selección de frecuencia de referencia</b> | <b>03</b> | 0: Botón de operador digital   | <b>0</b>            |
|  |           | 1: Operador digital  |                     |
|  |           | 2: Voltaje de referencia (0 a 10V)   |                     |
|  |           | 3: Referencia actual (4 a 20mA)  |                     |
|  |           | 4: Referencia actual (0 a 20mA)  |                     |
| <b>Método de paro</b>                        | <b>04</b> | 0: Desaceleración hasta detenerse  | <b>0</b>            |
|  |           | 1: Marcha sin motor hasta detenerse  |                     |
| <b>Rotación del motor</b>                    | <b>05</b> | 0: Giro en reversa habilitada  | <b>0</b>            |
|  |           | 1: Giro en reversa deshabilitada   |                     |
| <b>Para llave de función</b>                 | <b>06</b> | 0: Paro de tecla activa  | <b>0</b>            |
|  |           | 1: Paro de tecla activa con la selección del comando de giro para el usuario operador. |                     |
|  | <b>07</b> | 0: Botón del operador digital  | <b>0</b>            |
|  |           | 1: Seleccionar la frecuencia referida  |                     |

**CONTINÚA** 

|  |                 |  |                      |
|--|-----------------|--|----------------------|
| Selección de operación de frecuencia con el operador digital | 08              | <p><b>0: Al presionar INTRO se activará la frecuencia de referencia por el usuario operador.</b></p> <p><b>1: Al presionar INTRO no se activará la frecuencia de referencia por el usuario operador.</b></p> | <b>0</b>             |
|  | <b>09</b>       | Frecuencia máxima: 50.0 a 400.0  | <b>60.0Hz</b>        |
| Configuración de frecuencia y voltaje                        | <b>10</b>       | Voltaje máximo: 230V a 460V  | <b>230V</b>          |
|  | <b>11</b>       | Punto de voltaje de frecuencia máxima  | <b>60.0Hz</b>        |
|  | <b>12</b>       | Frecuencia a punto medio: 0.2 a 400.0  | <b>1.5Hz</b>         |
|  | <b>13</b>       | Voltaje a punto medio: 0.1 a 399.9   | <b>12V</b>           |
|  | <b>14</b>       | Frecuencia mínima: 0.1 a 10.0  | <b>1.5Hz</b>         |
|  | <b>15</b>       | Voltaje mínimo:<br>0.1 a 50.0 (230V) ó 0.2 a 100.0 (460V)  | <b>12V</b>           |
|  | Rango de marcha | <b>16</b>  | Aceleración tiempo 1 |
| <b>17</b>  |                 | Desaceleración tiempo 1  | <b>10.0s</b>         |
| <b>18</b>  |                 | Aceleración tiempo 2   | <b>10.0s</b>         |
| <b>19</b>  |                 | Desaceleración tiempo 2  | <b>10.0s</b>         |
| Configuración de Curva S                                     | <b>20</b>       | <p>0: Sin curvas S</p> <p>1: 0.2s</p> <p>2: 0.5s</p> <p>3: 1.0s</p>  | <b>0</b>             |
|  | <b>21</b>       | Frecuencia de referencia 1: 0.0 a 400.0  | <b>6.0Hz</b>         |
|  | <b>22</b>       | Frecuencia de referencia 2: 0.0 a 400.0  | <b>0.0Hz</b>         |
|  | <b>23</b>       | Frecuencia de referencia 3: 0.0 a 400.0  | <b>0.0Hz</b>         |
| Configuración de frecuencia de referencia                    | <b>24</b>       | Frecuencia de referencia 4: 0.0 a 400.0  | <b>0.0Hz</b>         |
|  | <b>25</b>       | Frecuencia de referencia: 0.0 a 400.0  | <b>0.0Hz</b>         |
|  | <b>26</b>       | <b>Frecuencia de referencia 6: 0.0 a 400.0</b>   | <b>0.0Hz</b>         |

**CONTINÚA** 

|   |    |  |              |
|---|----|--|--------------|
|   | 27 | <b>Frecuencia de referencia 7: 0.0 a 400.0</b>       | <b>0.0Hz</b> |
|   | 28 | Frecuencia de referencia 8: 0.0 a 400.0              | <b>0.0Hz</b> |
|   | 29 | Empujón de frecuencia de referencia                  | <b>6.0Hz</b> |
| <b>Límite de frecuencia</b>   | 30 | <b>Límite superior: 0 a 110</b>                      | <b>100</b>   |
|   | 31 | Límite bajo: 0.0 a 49.5                              | <b>0</b>     |
| <b>Corriente del motor</b>  | 32 | 0.0 a 49.5   | <b>0</b>     |
| <b>Protección térmico electrónico del motor</b>                                   | 33 | 0: Motor estándar                                    | <b>0</b>     |
|   |    | 1: Motor estándar a corto plazo                      |              |
|   |    | 2: liberación de protección del motor                |              |
| <b>Configuración del parámetro de la protección térmico electrónico del motor</b> | 34 | 1 a 60   | <b>8</b>     |
|   |    |  |              |
| <b>Ventilador del variador</b>  | 35 | 0: Control automático del ventilador de enfriamiento | <b>0</b>     |
|   |    | 1: se activa cuando la potencia se enciende          |              |
| <b>Configurar terminal S2</b>   | 36 | 0: Comando de avance o reversa                       | <b>2</b>     |
|   |    | 1: No especificado                                   |              |
|   |    | 2: Marcha en reversa de referencia                   |              |
|   |    | 3: Falla externa (N.A.)                              |              |
|   |    | 4: Falla externa (N.C)                               |              |
| <b>Configurar terminal S3</b>   | 37 | 5: Restablecimiento de falla                         | <b>5</b>     |
|   |    | 6: Referencia de Multivelocidad A                    |              |
|   |    | 7: Referencia de Multivelocidad B                    |              |
|   |    | 8: Referencia de Multivelocidad C                    |              |
|   |    | 9: No especificado                                   |              |
|   |    | 10: control manual de referencia                     |              |

**CONTINÚA** 

|  |    |   |     |
|--|----|---|-----|
| <b>Configurar terminal S4</b>                  | 38 | <b>11: Comando de cambio de aceleración o desaceleración</b><br><b>12: Referencia de la base del bloque externo (N.A)</b><br><b>13: Referencia de la base del bloque externo (N.C)</b><br><b>14: Comando de velocidad máxima de frecuencia</b>  | 3   |
| <b>Configurar terminal S5</b>                  | 39 | <b>15: Configuración de frecuencia de velocidad buscada</b><br><b>16: Orden de comando de aceleración y desaceleración</b><br><b>17: Selección remota/local</b><br><b>18: Control del circuito de comunicación</b><br><b>19: Fallo de paro de emergencia (N.A)</b><br><b>20: Alarma de paro de emergencia (N.A)</b><br><b>21: Fallo de paro de emergencia (N.C)</b><br><b>22: Fallo de paro de emergencia (N.C)</b><br><b>22 – 33: No especificados</b><br><b>34: Comando de arriba/abajo</b><br><b>35: Prueba de vuelo</b> | 6   |
| <b>Configuración multifuncional de entrada</b> | 40 | <b>0: Falla</b><br><b>1: En constante marcha</b><br><b>2: Frecuencia adecuada</b><br><b>3: Velocidad cero</b><br><b>4: Nivel de frecuencia mayor</b>  | 1   |
| <b>Ganancia de frecuencia analógica</b>        | 41 | 0% a 255%   | 100 |
| <b>Polarización de frecuencia analógica</b>    | 42 | -99% a 99%  | 0   |

**CONTINÚA** 

|   |           |  |              |
|---|-----------|--|--------------|
| <b>Tiempo de filtrado de frecuencia analógica</b>                 | <b>43</b> | <b>0.00s a 2.00s</b>   | <b>0.10s</b> |
| <b>Selección de monitor</b>                                       | <b>44</b> | 0: Rendimiento de frecuencia<br>1: Saliente de corriente   | <b>0</b>     |
| <b>Ganancia del monitor</b>                                       | <b>45</b> | 0.00 a 2.00  | <b>1.00</b>  |
| <b>Frecuencia del portador</b>                                    | <b>46</b> | 0: 1 a 4 (x2.5 kHz)<br>0: 7 a 9 (sincronizado)   | <b>4</b>     |
| <b>Pérdida de poder momentáneo</b>                                | <b>47</b> | 0: No especificado<br>1: Continua operación de energía momentánea<br>2: Continua operación sin detección de fallas | <b>0</b>     |
| <b>Restablecer fallas</b>   | <b>48</b> | 0 a 10   | <b>0</b>     |
| <b>Salto de frecuencia 1</b>                                      | <b>49</b> | 0.00 a 400.00  | <b>0.0Hz</b> |
| <b>Salto de frecuencia 2</b>                                      | <b>50</b> | 0.00 a 400.0   | <b>0.0Hz</b> |
| <b>Abertura de salto de frecuencia</b>                            | <b>51</b> | 0.0 a 25.5   | <b>0.0Hz</b> |
| <b>Freno de corriente de inyección CD</b>                         | <b>52</b> | 0% a 100%  | <b>50%</b>   |
| <b>Tiempo de paro del freno de inyección en paro CD</b>           | <b>53</b> | 0.0 a 25.5   | <b>0.0s</b>  |
| <b>Tiempo de paro del freno de inyección en arranque CD</b>       | <b>54</b> | 0.0 a 25.5   | <b>0.0s</b>  |
| <b>Precaución de bloqueo de velocidad en modo desaceleración</b>  | <b>55</b> | 0: habilitar<br>1: Deshabilitar  | <b>0</b>     |
| <b>Precaución de bloqueo de velocidad en modo aceleración</b>     | <b>56</b> | 30% a 200%   | <b>170%</b>  |
| <b>Nivel de prevención de velocidad durante carrera del motor</b> | <b>57</b> | 30% a 200%   | 160%         |

**CONTINÚA** 

|  |           |  |                      |
|--|-----------|--|----------------------|
| <b>Detección de nivel de frecuencia</b>          | <b>58</b> | <b>0.00 a 400.0</b>  | <b>0.0Hz</b>         |
| <b>Control de torque excesivo</b>                | <b>59</b> | 0: Torque excesivo inhabilitada<br>1: Trabaja según la velocidad acordada<br>2: Operación continua durante la marcha del motor<br>3: operación continua<br>4: Detecta durante la frecuencia continua                       | <b>0</b>             |
| <b>Nivel de control de torque excesivo</b>       | <b>60</b> | 30% a 200%   | <b>160%</b>          |
| <b>Tiempo de control de torque excesivo</b>      | <b>61</b> | 0.1s a 10.0s   | <b>0.1s</b>          |
| <b>Detección de memoria de frecuencia</b>        | <b>62</b> | 0: Desactivar<br>1: Activar  | <b>0</b>             |
| <b>Compensación de torque</b>                    | <b>63</b> | 0.0 a 2.5  | <b>1.0</b>           |
| <b>Compensación de deslizamiento</b>             | <b>64</b> | 0.0 a 20.0   | <b>No especifico</b> |
| <b>Carga de motor sin corriente</b>              | <b>65</b> | 0 a 99   | <b>No especifico</b> |
| <b>Ganancia de compensación</b>                  | <b>66</b> | 0.0 a 2.5  | <b>00</b>            |
| <b>Demora de tiempo primario de compensación</b> | <b>67</b> | 0.0 a 2.5  | <b>00</b>            |
| <b>Control de tiempo agotado</b>                 | <b>68</b> | 0: Activar<br>1: Se desacelera el motor mediante el tiempo de desaceleración 1 (n17)<br>2: Se desacelera el motor mediante el tiempo de desaceleración 2 (n19)<br>3: Activar alarma de operación continua<br>4: Desactivar | <b>4</b>             |
| <b>Configuración de unidad de frecuencia</b>     | <b>69</b> | 0: 0.1Hz/1<br>1: 001Hz<br>2: 1005/30000<br>3: 0.1%/1   | <b>0</b>             |

**CONTINÚA** 

|                                  |    |   |                        |
|----------------------------------|----|---|------------------------|
| <b>Dirección esclava</b>         | 70 | <b>0 a 32</b>   | <b>0</b>               |
| <b>Configuración de baudios</b>  | 71 | 0: 2400 bps<br>1: 4800 bps<br>2: 9600 bps<br>3: 19200 bps   | <b>2</b>               |
| <b>Configuración de paridad</b>  | 72 | 0: Paridad par<br>1: Paridad impar<br>2: Sin paridad  | <b>0</b>               |
| <b>Tiempo de espera de envió</b> | 73 | 10 a 65   | <b>10ms</b>            |
| <b>Control de RTS</b>            | 74 | 0: Control activa de RTS<br>1: Control desactivada de RTS   | <b>0</b>               |
| <b>No especificado</b>           | 75 | No especificado   | <b>No especificado</b> |
| <b>Monitor</b>                   | 76 | rdy: Ejecución completa de comando de condición (READY)<br><br>red: Leer ejecución (READ)<br><br>Cpy: Copiar ejecución (COPY)<br><br>vFy: Verificar ejecución (VRFY)<br><br>vA: Desplegar kVA<br><br>Sno: Desplegar No. De software | <b>rdy</b>             |
| <b>No especificado</b>           | 77 | 0: Copying prohibido<br><br>1: Copying permitido  | <b>0</b>               |
| <b>Historial de fallas</b>       | 78 | Historial de fallas   | <b>Desactivada</b>     |
| <b>Código de software</b>        | 79 | Número de software  | <b>Desactivada</b>     |

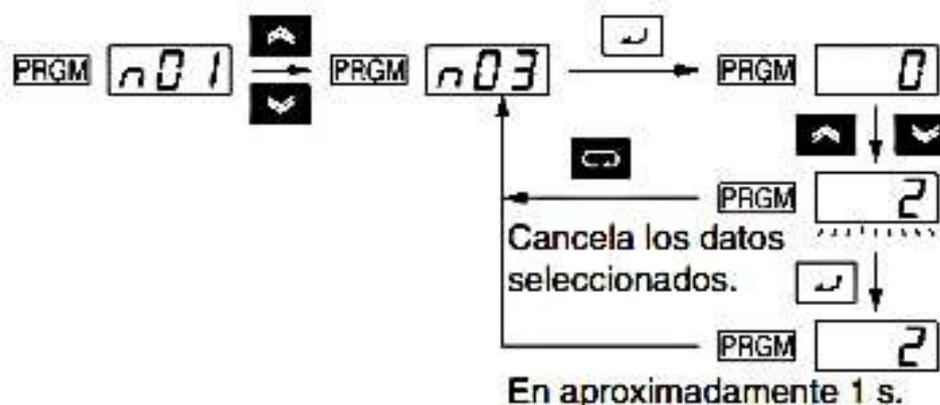
Fuente: (Yaskawa, 2007)

## 4.4 Manual de actividad de usuario

### 4.4.1 Configuración de parámetros y codificación

La forma correcta de programar el variador e introducir los códigos es mediante la manipulación de las teclas del variador, seleccionando en la pantalla mediante la tecla DSPL (intercambiador de funciones) hasta seleccionar el LED PRGM y codificar.

Ejemplo de configurar de parámetros.



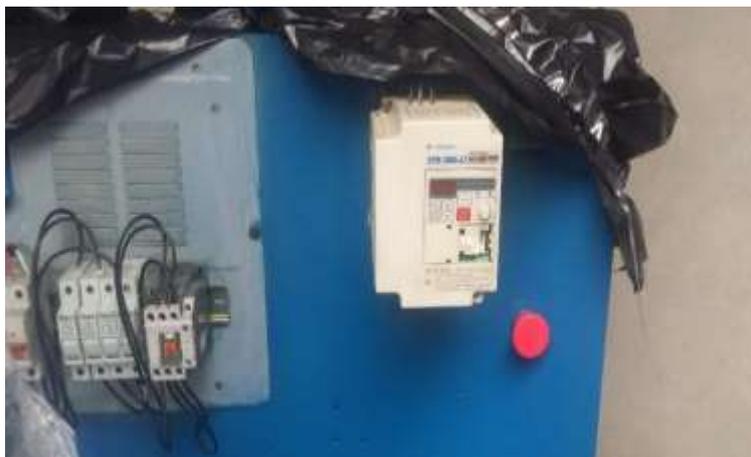
**Figura 39.** Método de programación

Fuente: Manual Yaskawa J7

#### 4.5 Inspección de usuario

Una vez codificado todos los códigos al variador o los que el usuario operador haya considerado a utilizar, se debe inspeccionar por cada conexión eléctrica, que no haya conexiones sueltas, ya que el variador cuenta con un almacenador de energía y funciona con dos conexiones directas para funcionar y activar el variador. Al no estar correctamente conectadas no transmite toda la señal al motor eléctrico y no realizara ninguna función requerida. Además, cada entrada y salida de corriente entre variador, motor y corriente eléctrica, están protegidas por fusibles de 6ª para evitar daños a los equipos en casos de sobre carga eléctrica.

El tablero también consta con un botón de paro de emergencia, la cual consiste en frenar automáticamente al motor trifásico si se observa alguna anomalía durante su funcionamiento.



**Figura 40.** Tablero de control

#### **4.6 Sangrado de bomba de inyección**

Una vez codificadas el variador, se procede a activar y poner en marcha el motor, ya sea de manera manual o fija el nivel de frecuencia de rotación. La bomba al chupar diésel se llena de aire dentro de los émbolos, para la cual la manera más precisa de eliminar o vaciar el aire dentro de la bomba se debe sangriar unas tres veces el acople de salida de retorno de diésel de la bomba, hasta observar que se eleve la presión de la bomba y sea expulsado por cada racor o salida a inyectores.



**Figura 41.** Retorno de diésel

#### 4.7 Acople de cañerías e inyectores

Cuando la bomba este sgreada se debe ajustar las cañerías y realizar el mismo procedimiento entre el acople de la cañería de salida de la bomba y el inyector, verificando la salida del diésel en el inyector y observar que haya la presión necesaria de salida para abrir paso del diésel en el inyector, permitiendo que se enclave la aguja y pulverice el diésel.

Finalmente observamos que no haya ninguna fuga de diésel alrededor de la bomba y procedemos hacer funcionar el banco simulador según el usuario lo requiera.



**Figura 42.** Ajuste de cañerías

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

El análisis de bibliografía técnica sobre la temática, permitió establecer los parámetros para el diseño del banco para la bomba LUCA CAV desarrollado en la presente investigación.

Para la construcción del banco de pruebas de bombas de inyección se utilizó componentes de fácil adquisición en el mercado local, se tiene en cuenta la seguridad del operario y los equipos.

El variador de velocidad permite que la bomba de inyección Diesel trabaje a diversas revoluciones por minuto, anclado a un motor trifásico, permitiendo simular velocidades del ralentí o plena carga.

La estructura implementada del banco de pruebas permite calibrar bombas de diferente tipo y tamaño.

#### 5.2 Recomendaciones

Antes de utilizar el equipo para comprobar las bombas de inyección Diesel, leer detenidamente y seguir las recomendaciones expuestas en el manual para evitar daños al operador del banco de ensayos.

Consultar los manuales de calibración según la bomba a ocupar.

Utilizar el fluido apropiado 4113 o diésel premium para evitar taponamiento, daños y corrosiones que puedan acortar la vida útil de los inyectores, bomba, cañerías, filtros y por ende evitar la acumulación de residuos dañinos dentro del tanque.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Alibaba. (1999). *Bomba de inyección de combustible banco de pruebas*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de International:

[https://spanish.alibaba.com/?spm=a2700.md\\_es\\_ES.scGlobalHomeHeader.9.373925fbZcqz1L](https://spanish.alibaba.com/?spm=a2700.md_es_ES.scGlobalHomeHeader.9.373925fbZcqz1L)

Cantillo, I. (2016). *Autosoporte.com*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de ¿Cómo funciona un banco de pruebas de inyectores?:

<https://autosoporte.com/index.php/blog-automotriz/item/346-en-la-practica-como-funciona-el-banco-de-pruebas-de-inyectores>

Castillo, J., & Silva, J. (2014). *Rediseño e implementación de un banco de pruebas de bombas inyectoras diésel para el laboratorio de motores de la escuela de ingeniería automotriz*. RIOBAMBA.

Conservatucoche. (2016). *Bomba de inyección diésel: ¿Qué es y cómo funciona?*

Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Bomba de inyección diésel: qué es, como funciona y cuál es su función.:

<https://www.conservatucoche.com/es/motor/bomba-de-inyeccion-diesel-que-es-y-como-funciona-17.html>

Ecured. (2011). *Motor térmico*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2019, de

[https://www.ecured.cu/Motor\\_térmico](https://www.ecured.cu/Motor_térmico)

Enrique, L. (2019). *Google Sites*. Recuperado el 7 de Enero de 2020, de Sistema de Alimentación de Combustible - Aprendiendo Mecánica Diesel:

<https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/sistema-de-combustible>

Expósito, J. (2013). *Expocaps*. Recuperado el 6 de Enero de 2020, de

Funcionamiento Básico de un Motor Diésel de 4 Tiempos:

<http://expocaps.blogspot.com/2013/05/funcionamiento-basico-de-un-motor.html#>

Ferrer, A. (21 de Abril de 2015). *Autonocion.com*. Recuperado el 14 de Diciembre de

2019, de Los inyectores: Cómo funcionan y cómo mantenerlos

adecuadamente: <https://www.autonocion.com/mantenimiento-inyectores-funcionamiento/>

Lascano, D., & Montachana, J. (2011). *Banco de pruebas de inyectores mecánicos*

*para motores diesel*. Recuperado el 2019 de 7 de Enero, de

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3803/1/T-ESPEL-0826.pdf>

Meganeboy, D. (2014). *Aficionadosalamecanica.net*. Recuperado el 18 de Enero de

2020, de Inyeccion de gasolina, K-jetronic - Funcionamiento:

[http://www.aficionadosalamecanica.net/bombas\\_de\\_inyeccion.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/bombas_de_inyeccion.htm)

Yaskawa. (2007). *J7 Drive Technical Manual*. Taiwan: YEA-TOA.

# ANEXOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGIA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

### CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor **QUILLIGANA ZAMORA, BRYAN FERNANDO**

En la ciudad de Iatacunga, a 05 de enero del 2020

**Aprobado por:**

ING. ARIAS PÉREZ ÁNGEL XAVIER  
DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. VELEZ SALAZAR JONATHAN SAMUEL  
DIRECTOR DE CARRERA



ABG. PLAZA CARRILLO SARITA JOHANA  
SECRETARIA ACADÉMICA