

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE  
UN BANCO DE PRUEBAS PARA DIAGNOSTICAR  
INYECTORES DE MOTORES A GASOLINA.**

**Proyecto de grado para la obtención del Grado de Licenciatura.**

**POR: OSCAR DANIEL CABRERA GRÁJEDA.**

**TUTOR: ING. CEDRIC RÚA.**

**LA PAZ – BOLIVIA  
JUNIO, 2016**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE  
UN BANCO DE PRUEBAS PARA DIAGNOSTICAR  
INYECTORES DE MOTORES A GASOLINA.**

**Postulante:** Oscar Daniel Cabrera Grájeda.

**Tutor:** Ing. Cedric Rúa.

**Tribunal:**

Lic. Simón Layme. ....

Ing. Edgar Tapia. ....

Lic. Oscar Trino. ....

**Director de Carrera:**

Ing. Marcelo Vasquez V. ....

**Fecha:**

La Paz, Junio de 2016

El presente documento está dedicado a mis Padres y mis hermanas; quienes siempre me han apoyado en el transcurso de mi carrera, a mis amigos, que durante el transcurso de mis estudios, me han apoyado para el logro de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi eterno agradecimiento al todo poderoso que me ha dado la oportunidad de poder superarme.

Mis sinceros agradecimientos a la Facultad de Tecnología de la U.M.S.A., la carrera de Electromecánica que me ha brindado las herramientas necesarias para poder realizar mi formación superior, mis eternos agradecimientos por su continuo apoyo y solidaridad.

Gracias

## INDICICE GENERAL

### CAPITULO I.

#### ASPECTOS GENERALES.

1.1	Introducción.-.....	1
1.2	Planteamiento del problema.- .....	5
1.3	Objetivos.-.....	6
1.3.1	Objetivo general.- .....	6
1.3.2.	Objetivos específicos.- .....	6
1.4	Justificación.- .....	6
1.5	Alcances del proyecto.-.....	7
1.6	Alternativas de solución.- .....	7
1.7	Selección de la mejor alternativa.-.....	8

### CAPITULO 2

#### MARCO TEORICO.

2.1	El sistema de inyección electrónica.-.....	9
2.2	Descripción del banco de pruebas.- .....	11
2.3	Descripción de los componentes del banco de pruebas. ....	11
2.3.1	Tanque de combustible.-.....	12
2.3.2	Bomba eléctrica de combustible.-.....	13
2.3.3	Filtro de combustible.- .....	14
2.3.4	Acumulador o riel de combustible.-.....	15
2.3.5	Regulador de presión.- .....	15
2.3.6	Sistema de control de potencia.- .....	16
2.3.7	Sistema de simulación de pulsos variables.-.....	17

2.3.7.1 Multivibrador estable.-.....	17
2.3.8 Sistema de control de tiempo.-.....	18
2.3.8.1 Micro-controlador pic 16f84a.-.....	18
2.3.9 Inyectores.-.....	20
2.3.10 Lámpara estroboscópica.- .....	21
2.4 Manufactura.-.....	22
2.5 Operación y mantenimiento.-.....	23
CAPITULO 3.	
INGENIERIA DEL PROYECTO.-	
3.1 Parámetros de diseño.-.....	24
3.1.1 Análisis del sistema de combustible.-.....	24
3.1.2 Análisis de los procedimientos de pruebas, diagnostico y limpieza de los inyectores.-.....	26
3.1.2.1 Procedimientos de pruebas de inyectores de motores a inyección electrónica de combustible.-.....	26
3.1.2.2 Análisis de los procedimientos de limpieza de inyectores.- .....	27
3.2 Diseños, cálculos y elección de componentes. ....	28
3.2.1 Diseño de la estructura base del banco de pruebas.-.....	28
3.2.2 Diseño de los sistemas del banco de pruebas.....	32
3.2.2.1 Diseño del sistema de combustible.-.....	33
3.2.2.2 Diseño del sistema de simulación de pulsos.-.....	34
3.2.2.3 Diseño del temporizador para el modo de operación y limpieza de inyectores del banco de pruebas.....	43
3.2.2.4 Diseño de la interfaz entre el temporizador y el oscilador.- .....	51
3.2.2.5 Diseño del sistema de control de potencia del banco de pruebas.- .....	52

3.2.2.6 Diseño del sistema del disparador de la lámpara estroboscópica. ....	54
--	----

## CAPITULO 4.

### COSTOS.

4.1 Costos de inversión. ....	58
4.1.1 Costos de inversión en materiales de construcción.- ....	58
4.1.2 Costos de inversión en elementos de sujeción.-.....	59
4.1.3 Costos de inversión en elementos del sistema hidráulico.-.....	61
4.1.4. Costos de inversión en elementos del sistema electrónico.- .....	62
4.1.5 Costos de inversión en materiales varios .....	65
4.1.6 Costos de inversión en insumos.-.....	66
4.1.7 Costo total de inversión en materiales.- .....	67
4.1.8 Costo de inversión en mano de obra.-.....	67
4.1.9 Costo total de inversión.- .....	68
4.2 Costo de operación.- .....	68
4.2.1. Mano de obra.- .....	68
4.2.2 Uso de energía eléctrica.- .....	68
4.2.3 Uso de combustible.- .....	69
4.2.4 Uso de fluido limpia inyectores.- .....	69
4.3 Ingresos.-.....	71
4.4 Flujo de caja.-.....	71

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.-.....	73
5.2 Recomendaciones.- .....	75
Bibliografía.- .....	77

## INDICE DE ILUSTRACIONES Y GRAFICOS

Ilustración 1 Sistema de inyeccion electronica.....	10
Ilustración 2 Esquema del banco de pruebas .....	12
Ilustración 3 Bomba de combustible.....	13
Ilustración 4 Filtro de combustible .....	14
Ilustración 5 Acumulador de combustible .....	15
Ilustración 6 Regulador de presion de combustible.....	16
Ilustración 7 Controlador l298 .....	17
Ilustración 8 Multivibrador astable c.i. 555 .....	17
Ilustración 9 Esquema del micro-controlador Pic-16F84A .....	20
Ilustración 10 Esquema de un inyector.....	21
Ilustración 11 Pistola Estroboscópica.....	22
Ilustración 12 Esquema de funcionamiento del sistema de combustible de un motor a inyección electrónica.....	24
Ilustración 13 Esquema de la estructura base del banco de pruebas.....	29
Ilustración 14 Análisis de cargas y reacciones .....	30
Ilustración 15 Esquema de un tubo cuadrado.....	31
Ilustración 16 Diagrama de bloques del banco de pruebas.....	32
Ilustración 17 Esquema del sistema de combustible.....	34
Ilustración 18 Diagrama eléctrico del circuito integrado 555 en modo astable.....	35
Ilustración 19 Diagrama eléctrico del circuito integrado 555 modificado.....	36
Ilustración 20 Diagrama eléctrico con los valores obtenidos.....	41
Ilustración 21 Diagrama eléctrico del circuito integrado 555 con elementos agregados.....	41
Ilustración 22 Diagrama eléctrico de configuración de un LED .....	42
Ilustración 23 Diagrama eléctrico final del sistrema de simulación de pulsos.....	43
Ilustración 24 Esquema del sistema del tempórizador del banco de pruebas.....	44
Ilustración 25 Esquema del eliminador de reotes para un pulsador.....	45
Ilustración 26 Esquema del selector de tiempos.....	45
Ilustración 27 Esquema del eliminador de rebotes de señal para el selector de tiempos.....	46
Ilustración 28 Configuración para micro-controlador PIC 16F84A .....	47

Ilustración 29 Algoritmo de funciones para el micro-controlador.....	48
Ilustración 30 Configuración de la interfaz. ....	52
Ilustración 31 Configuración por canal del L298 .....	52
Ilustración 32 Configuración del sistema de control de potencia con dos circuitos integrados L298. ....	53
Ilustración 33 Diagrama de bloques del disparador de la lámpara estroboscópica. ..	54
Ilustración 34 Diagrama de flujo de corrientes en el transistor de control de la lámpara estroboscópica. ....	55
Ilustración 35 Diagrama eléctrico final del control del disparador de la lámpara estroboscópica.....	57

## INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Tabla de verdad del selector .....	46
Tabla 2 Costos de inversión en materiales de construcción. ....	58
Tabla 3 Costos de inversión en elementos de sujeción.....	59
Tabla 4 Costos de inversión en elementos de sistema hidráulico.....	61
Tabla 5 Costos de inversión en elementos del sistema electrónico. ....	62
Tabla 6 Costos de inversión en materiales varios.....	65
Tabla 7 Costos de inversión en insumos.....	66
Tabla 8 Tabla de costo total de inversión en materiales.....	67
Tabla 9 Costo total de inversión .....	68
Tabla 10 Tabla de costo de operación.....	70
Tabla 11 Flujo de caja anual por 5 años .....	71

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Manual de operación y mantenimiento .....	80
Anexo 2 Identificaciones de componentes. ....	82
Anexo3 Pasos para operar el equipo.....	84
Anexo 4 Prueba de caudal.....	85
Anexo 5 Prueba de estanqueidad .....	87
Anexo 6 Prueba de forma de pulverización de combustible.....	88
Anexo 7 Limpieza de inyectores.....	89
Anexo 8 Mantenimiento. ....	92
Anexo 9 Plano del armazon base .....	94
Anexo 10 Plano de chapas de armazón base.....	95
Anexo 11 Plano de armazon base caja.....	96
Anexo 12 Plano de armazon y chapa de tablero de control.....	97
Anexo 13 Plano de chapa de caja de banco .....	98
Anexo 14 Plano de soportes.....	99
Anexo 15 Plano de tanque de combustible .....	100
Anexo 16 Plano electrónico .....	101

## RESUMEN

El punto central del proyecto de grado “Diseño y construcción un prototipo de un banco de pruebas para diagnosticar inyectores de motores a gasolina” es el de la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación en la carrera para poder diseñar, desarrollar y construir un equipo que sea capaz de realizar las tareas requeridas sin ningún inconveniente y de forma segura.

El objetivo principal de este proyecto consistió en diseñar y construir un banco de pruebas para inyectores de motores a gasolina para lo cual han ido empleados métodos de análisis para resolver la problemática del cómo y de qué forma debe funcionar un banco de pruebas , los cuales, arrojaron una seria de datos muy consistentes para el diseño del proyecto.

Los resultados fueron muy satisfactorios, cada sistema diseñado teóricamente, funcionó de forma práctica como era de esperarse.

Y a la vez fue personalmente satisfactorio presenciar el funcionamiento del banco de pruebas por primera vez lo cual reforzó mi creencia acerca de tecnología que puede ser producida en el País.

**Palabras clave,** Diseño, construcción, análisis, desarrollo, banco de pruebas e inyectores.

## ABSTRACT

The main point of the degree project called “Design and build prototype for a test bench to diagnose injectors from gasoline engines” is the application of knowledge that has been acquired during the learning process in the career, which make it possible to design, develop and build a device that can be able to fulfill the required tasks without inconveniences and in a safe manner.

The main objective of this project consisted on design and build a test bench for injectors from gasoline engines which in order to accomplish this objective it has been used analytical methods to figure out the problem that consisted on how this test bench should work, these methods have presented a series of very accurate data that has helped in the designing of the project.

The results were very satisfactory; every theoretically-designed system has work as they were expected.

At the same time, it was really satisfactory be the first one to watch the test bench working for the first time that has renewed my faith in developing technologies inside this country.

**Key Words:** Design, build, analysis, development, test bench and injectors.

## CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES.

### 1.1 Introducción.-

Desde los años 90, la inyección electrónica de combustible en los motores a gasolina ha evolucionado a tal nivel que en la actualidad todos los vehículos modernos con motores a gasolina la utilizan. Esta revolución tuvo su comienzo en los 1920 gracias a Robert Bosch.

Robert Bosch fue un industrial ingeniero alemán, inventor y de la ingeniería, fundador de Robert Bosch GmbH.

Bosch nació en Albeck, una aldea al noreste de Ulm, en el sur de Alemania, fue el undécimo de doce hermanos. Sus padres vinieron de una clase de agricultores muy bien situado de la región. Su padre, un masón, fue inusualmente bien educado para alguien de su clase, y puso especial importancia a una buena educación para sus hijos.

De 1869 a 1876, Robert Bosch asistió a la Realschule (escuela secundaria técnica) en Ulm, y luego tomó un aprendizaje como mecánico de precisión.

Después de su educación escolar y la práctica, Bosch pasó otros siete años trabajando en diversas empresas en Alemania, los Estados Unidos (Thomas Edison en Nueva York), y el Reino Unido (en la empresa alemana Siemens). El 15 de noviembre de 1886, abrió su propio "Taller de Mecánica de Precisión e Ingeniería Eléctrica" en Stuttgart. Un año más tarde, hizo una mejora decisiva en un dispositivo magnético de encendido no patentados, realizados por el fabricante de motores Deutz. El objetivo del dispositivo era generar una chispa eléctrica para encender. En 1897, Bosch fue el primero en adaptar un magneto a un motor de vehículo. De este modo, se resuelve uno de los mayores problemas técnicos que enfrentaba la naciente industria del automóvil.

Luego el sistema de inyección de combustible fue puesto en práctica por la compañía Bosch en el año 1973 con el nombre K-Jetronic.

Este es el sistema mecánico de inyección de combustible, la letra “K” representa a la palabra en alemán “Kontinuierlich”, que significa continuo. Este sistema difiere al del sistema de inyección de pulsos, ya que el combustible fluye continuamente a todos los inyectores, mientras la bomba de combustible presuriza el sistema aproximadamente a los 5 [Bar]. El aire de entrada es también medido para determinar la cantidad de combustible a inyectar. El combustible es bombeado desde el tanque de combustible hacia una válvula de control llamada *Distribuidor de combustible*, la cual, separa la alimentación simple de combustible de una cañería en varias de acuerdo a número de inyectores del sistema. El distribuidor de combustible está montado encima de un plato de control de vacío por el cual pasa todo el aire de admisión, y el sistema funciona variando el volumen de combustible que es entregado a los inyectores basándose en el ángulo de dicho plato de control de vacío el cual es determinado por el flujo de aire que pasa por el plato y por el control de la presión de combustible, el control de la presión de combustible en este sistema es del tipo mecánico, el cual cuenta con un resorte calibrado el cual determina la presión del sistema. Los inyectores también son del tipo mecánico su funcionamiento es muy similar al de los inyectores de motores Diesel, cuando la presión del combustible llega a cierto valor, este vence la presión del resorte del inyector haciendo que el combustible sea atomizado en el múltiple de admisión.

Comúnmente llamado Sistema de inyección continua en los Estados Unidos, (C.I.S. Continuous Injection System), este sistema no contaba con el sensor de oxígeno llamado Lambda. El sistema hizo su debut en Enero de 1973 en el automóvil Porsche 911T, luego fue instalado a Volkswagen, Audi, BMW, Mercedes-Benz, Rolls-Royce, Bentley, Lotus e incluso Ferrari, el último vehículo que utilizó este sistema fue Porsche 911 turbo 3.6 en el año 1994.

Este sistema de inyección de combustible mecánico fue evolucionando con el pasar de los años, después del éxito del K-Jetronic, en el año 1985 salió el KE-Jetronic, el cual tenía el mismo principio de funcionamiento, solo que estaba controlado electrónicamente, por eso la E, del alemán *Elektronik*, poseía una unidad de control electrónico ya fuese analógica o digital. El sistema fue usado por última vez en 1993.

En 1974 sale a la luz el sistema L-Jetronic, fue comúnmente llamado sistema de flujo de aire controlado, por la L que deriva del alemán *Luft*, el sistema el flujo de aire es medido por un sensor llamado LMM (*LuftMassenMesser*) o Sensor de flujo de aire pero el sistema era basado en el sistema K-jetronic, el L-jetronic fue muy usado en Europa, Bosch comenzó a dar licencia de sus sistemas, conceptos y tecnología, Lucas, Hitachi Automotive, NipponDenso, comenzaron a desarrollar productos similares para sistemas de inyección de combustible para vehículos japoneses. Este sistema tuvo vigencia desde 1974 hasta 1989.

A su vez este sistema fue evolucionando en LE1-Jetronic, LE2-Jetronic, LE3-Jetronic, las cuales fueron modernas variantes del sistema L-Jetronic, la unidad de control electrónico del motor (ECU) era más barata para producir dado a modernos componentes, y estaba más estandarizada, estos sistemas eliminaron el inyector de combustible para el arranque en frío, haciéndolo parte del programa de la unidad de control electrónico del motor. Estos sistemas tuvieron vigencia desde 1981 hasta 1991.

En 1983 sale al mercado el sistema LU-Jetronic, que es el mismo que el LE2-Jetronic, pero este sistema incorporó el control Lambda, que fue inicialmente diseñado para el mercado americano., este sistema tuvo vigencia hasta 1991.

En 1982 sale a la luz el sistema LH- Jetronic el cual es un sistema digital de inyección de combustible.

Las letras LH, derivan del alemán *Luftmasse-Hitzdraht*, que nos indica que la medición del aire es llevada a cabo por la tecnología anemométrica gracias a un hilo caliente, usada para determinar la masa de aire que ingresa al motor. Esta tecnología

fue utilizada principalmente por vehículos de producción Escandinava, vehículos deportivos y vehículos de lujo como el Porsche 928. Las variantes principales de este sistemas son la LH2.2 el cual usa un micro controlador Intel 8049 usualmente con una memoria programada de 4 kB, la LH 2.4 la cual usa un micro controlador Siemens 80535 con 32 kB de memoria programada, esta versión tiene un control Lambda adaptable, y soporta una serie de ventajas como ser, enriquecimiento de combustible basado en la temperatura de los gases de escape. Algunas versiones posteriores (1995) poseían un conector para diagnóstico de acuerdo a la norma ISO 9141 conocido también como OBD-II (*On board diagnosis second generation*, diagnóstico a bordo del vehículo segunda generación) y las funciones de inmovilizador. Este sistema fue vigente hasta 1998.

En 1988 sale a la luz el sistema Mono-Jetronic, sistema de inyección digital, la principal característica de este sistema es que solo se cuenta con un inyector para todo el sistema, en los Estados Unidos y el Reino Unido fue promocionado como *Throttle body injector*” o TBI por sus siglas en inglés que significan que el único inyector está situado en el cuerpo de la mariposa de aceleración. Este sistema es diferente a los demás vistos anteriormente ya que no contaba con sensores de medición de la masa o flujo de aire que ingresa al motor, esto se hacía solo con el sensor de posición de la mariposa de aceleración, la corrección de la inyección depende de manera principal por el control de la sonda lambda en el tubo de escape, la cual monitorea la cantidad de oxígeno en los gases de salida, enviando una señal hacia la ECU para enriquecer o empobrecer la mezcla aire-combustible, variando el periodo de apertura del inyector.

En la actualidad los sistemas de inyección en motores a gasolina se divide en: “Inyección Mono punto, Multipunto, Secuencial, Directa“, la inyección Mono punto posee un sólo punto de inyección, es decir, muy similar a lo que hacía un carburador, pero actualmente se consigue una mejor relación aire combustible. La inyección Multipunto tiene tantos inyectores como cilindros tenga el motor. La inyección secuencial es muy parecida a la multipunto la diferencia radica en que la inyección se lleva a cabo según el orden de encendido del motor. La inyección directa es muy parecida a la inyección de combustible en los sistemas Diesel, donde se inyecta el

combustible en este caso, gasolina, directamente en el cilindro, por lo que este sistema trabaja a mayores presiones que los anteriormente nombrados.

En los sistemas multipunto, que en la actualidad la mayoría de los vehículos cuentan con este sistema, los inyectores se alojan en el múltiple muy cerca de la válvula de admisión y pulverizan el combustible según lo indicado por el computador del vehículo. El sistema determina la cantidad de combustible a inyectar según las condiciones de carga, presión, temperatura en que se encuentre el motor. Para lograr lo anterior, dispone de sensores y actuadores, lo que junto al microcomputador desarrollan los programas de dosificación dados por el fabricante.

El siguiente documento demuestra que con la aplicación de conocimientos de ciertas áreas, puede ser posible el diseño y la construcción de una máquina, o un banco de pruebas, éste diseño, está orientado para la construcción de un banco de pruebas, el que permitirá diagnosticar el estado de un inyector del sistema de inyección electrónica de un motor a gasolina, mediante la emulación de los pulsos que comanda la computadora del motor a dicho inyector, lo que permitirá observar de forma clara la forma de la inyección de combustible gracias a una lámpara estroboscópica de manera que el usuario, técnico, u operador, pueda evaluar el estado del inyector de manera más acertada y determinar si dicho inyector debe ser reemplazado o no.

El banco de pruebas cuenta un manual de operaciones de manera que el usuario pueda operarlo sin complicaciones, de igual manera adjunta una hoja de trabajo la que colaborará para el diagnóstico del inyector que el usuario esté probando.

## 1.2 Planteamiento del problema.-

El problema de este proyecto está principalmente en el análisis del funcionamiento que debe tener un banco de pruebas para inyectores del sistema de inyección electrónica de motores a gasolina, cómo debe ser el diseño y que funciones debe tener para que el usuario pueda realizar un diagnóstico de los inyectores del sistema de combustible de los motores a inyección electrónica de gasolina.

### 1.3 Objetivos.-

#### 1.3.1 Objetivo general.-

Desarrollar el diseño y la construcción de un banco de pruebas para inyectores de gasolina, para poder realizar el diagnóstico de dichos inyectores a fin de lograr el correcto funcionamiento de los mismos.

#### 1.3.2. Objetivos específicos.-

- Analizar el funcionamiento del sistema de combustible de los motores de inyección electrónica.
- Analizar los procedimientos de diagnóstico de los inyectores para desarrollar el tipo de funciones que deberá tener el banco de pruebas.
- Diseñar y desarrollar el sistema de combustible, el sistema de control electrónico, el sistema electrónico de potencia para el banco de pruebas.
- Construir el banco de pruebas.
- Poner a prueba y evaluar los sistemas del banco de pruebas y comprobar el correcto funcionamiento.
- Evaluar posibles peligros e implementar medidas de seguridad para el operario del banco de pruebas.
- Elaborar e implementar un manual de operaciones para el banco de pruebas.

### 1.4 Justificación.-

La falta de herramientas o el precio elevado de ellas hacen que ciertos procesos no se lleven a cabo de manera adecuada en nuestro medio, es el caso del diagnóstico de los inyectores de los motores a gasolina, muy pocos centros de mantenimiento automotriz cuentan con dicho banco de pruebas, muchos centros de mantenimiento automotriz no desarrollan este diagnóstico y asumen evaluaciones sobre los inyectores que pueden ser falsas lo que conlleva a no poder dar solución a ciertos problemas que se presentan en el sistema de combustible de los motores de

inyección electrónica, de forma más específica, cuando los inyectores presentan fallas que, si no se detectan a tiempo, pueden ocasionar problemas en el sistema de combustible, ocasionando pérdidas de potencia en el motor, consumos excesivos de combustible, hidrocarburos no quemados lo que conlleva a una contaminación del medio ambiente y directamente pérdida de dinero del usuario por combustible no combustionado.

Este banco de pruebas, a la vez, puede ser utilizado para la limpieza de los inyectores, lo que lo convierte en una herramienta de diagnóstico y limpieza, gracias a que en el tanque de combustible del banco de pruebas puede ser añadido el líquido apropiado para la limpieza de los inyectores, brindando de esta manera un mejor funcionamiento de los inyectores.

Esta herramienta permitirá al técnico operario, poder descartar problemas en los inyectores cuando esté revisando el sistema de combustible, una vez comprobado el buen funcionamiento de los inyectores, podrá atacar otros elementos del sistema, brindando así un buen servicio al vehículo y brindándole eficiencia al usuario.

#### 1.5 Alcances del proyecto.-

El proyecto tendrá un alcance sectorial, dirigido a los centros de mantenimiento automotriz, a los centros de formación automotriz, y ramas afines, las cuales podrán darle el uso requerido a sus necesidades.

#### 1.6 Alternativas de solución.-

Las alternativas de solución que se presentan para este proyecto son dos, la primera es la de utilizar varios componentes del mismo sistema de combustible que posee un vehículo y convertirlo en el banco de pruebas, y el segundo es el de utilizar otros componentes como ser aire comprimido, un depósito resistente a la presión con la finalidad de ahorrar en componentes como ser la bomba de combustible, el filtro de combustible, etc.

### 1.7 Selección de la mejor alternativa.-

De acuerdo al sistema que se plantea, la mejor alternativa es la primera, ya que en el medio, existen bastantes lugares donde se pueden conseguir los materiales necesarios a precios accesibles para construir al banco de pruebas, lo que lo hace más independiente de otros componentes.



## CAPITULO 2

### MARCO TEORICO.

#### 2.1 El sistema de inyección electrónica.-

En los motores de gasolina, la mezcla se prepara utilizando un carburador o un equipo de inyección. Hasta hace algún tiempo, el carburador era el medio más usual de preparación de mezcla, medio mecánico. Desde hace algunos años, sin embargo, aumentó la tendencia a preparar la mezcla por medio de la inyección de combustible en el colector de admisión. Esta tendencia se explica por las ventajas que supone la inyección de combustible en relación con las exigencias de potencia, consumo, comportamiento de marcha, así como de limitación de elementos contaminantes en los gases de escape.

Las razones de estas ventajas residen en el hecho de que la inyección permite ( una dosificación muy precisa del combustible en función de los estados de marcha y de carga del motor; teniendo en cuenta así mismo el medio ambiente, controlando la dosificación de tal forma que el contenido de elementos nocivos en los gases de escape sea mínimo.

Además, asignando una electroválvula o inyector a cada cilindro se consigue una mejor distribución de la mezcla. También permite la supresión del carburador; dar forma a los conductos de admisión, permitiendo corrientes aerodinámicamente favorables, mejorando el llenado de los cilindros, con lo cual, favorecemos el par motor y la potencia, además de solucionar los conocidos problemas de la carburación, como pueden ser la escarcha, la percolación, las inercias de la gasolina.

Otra de las ventajas es el consumo reducido, con la utilización de carburadores, en los colectores de admisión se producen mezclas desiguales de aire/gasolina para cada cilindro. La necesidad de formar una mezcla que alimente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido obliga, en general, a dosificar una cantidad de



A su vez la inyección optimiza el arranque en frío y fase de calentamiento, mediante la exacta dosificación del combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consiguen tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralentí. En la fase de calentamiento se realizan los ajustes necesarios para una marcha redonda del motor y una buena admisión de gas sin tirones, ambas con un consumo mínimo de combustible, lo que se consigue mediante la adaptación exacta del caudal de éste.

## 2.2 Descripción del banco de pruebas.-

Un banco de pruebas es una herramienta que sirve para realizar pruebas a ciertos componentes de sistemas, comprobar su funcionamiento, diagnosticar posibles fallas e incluso dar servicio, como limpieza, etc.

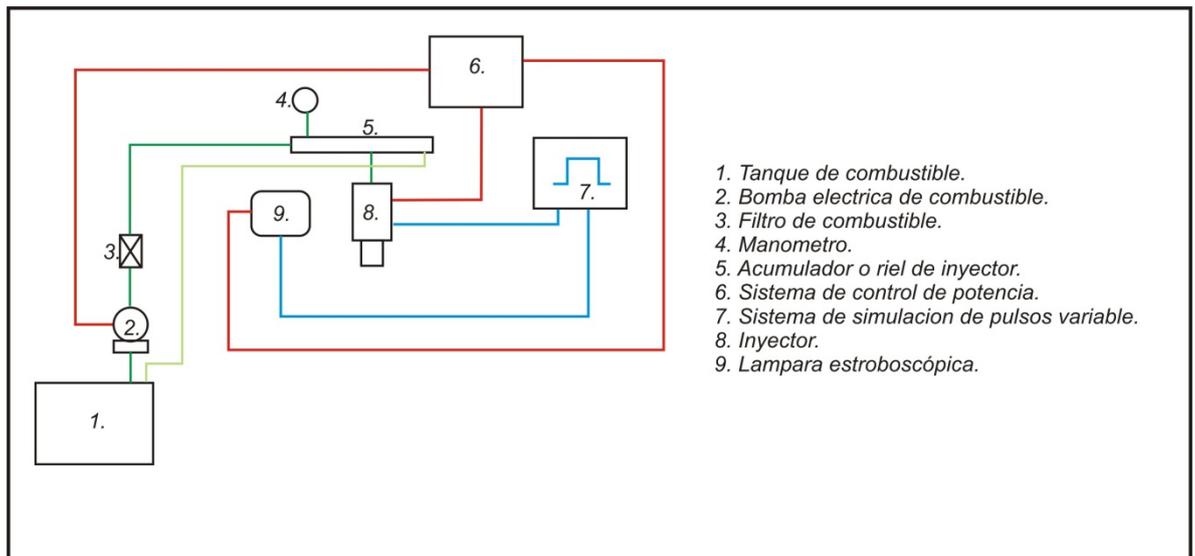
El banco de pruebas para inyectores del sistema de inyección de gasolina en vehículos, es una herramienta utilizada para poder determinar el “cómo” están funcionando los inyectores del sistema, nos brindará datos como el ángulo de la atomización del combustible, si existe goteo, si la apertura del inyector es completa o parcial en función de la presión lo cual facilitará enormemente el trabajo a la hora de realizar diagnósticos al sistema de combustible de un vehículo.

También, este banco de pruebas podrá realizar la limpieza de los inyectores, utilizando para ello el fluido especial para dicho propósito.

## 2.3 Descripción de los componentes del banco de pruebas.

A continuación se hará una descripción teórica de los sistemas y componentes principales utilizados en un banco de pruebas de inyectores. De acuerdo al siguiente esquema se procederá a describir los componentes.

*Ilustración 2 Esquema del banco de pruebas*



Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.1 Tanque de combustible.-

El depósito de combustible o tanque de combustible es un contenedor seguro para líquidos inflamables, que suele formar parte del sistema del motor, y en el cual se almacena el combustible, que es propulsado mediante la bomba de combustible en un motor.

Normalmente un depósito de combustible cuenta con las siguientes características:

- Almacenamiento seguro de combustible.
- El relleno debe ser sin riesgos (ej. chispas).
- Almacenamiento sin pérdidas por escape o evaporación.
- Proveer de un método para determinar el nivel de combustible en el depósito en todo momento. Para ello se usa un indicador del nivel de combustible.
- Venting (en caso de sobrepresión los vapores de combustible deben ser desviados por medio de válvulas).
- Alimentación de combustible (por medio de una bomba).
- Anticipar posibles daños y riesgos para aumentar el potencial de sobrevivir.

### 2.3.2 Bomba eléctrica de combustible.-

La bomba eléctrica de combustible forma parte del sistema de alimentación del automóvil y puede encontrarse tanto dentro del tanque del combustible como fuera de él, denominándose según el caso “*in tank*” o “*in line*” respectivamente.

Su función consiste en suministrar el combustible necesario para el funcionamiento del motor.

Dado que la presión de la alimentación de combustible debe permanecer constante cualquiera sea el régimen del motor el combustible es entonces suministrado en un caudal mayor de lo realmente necesario, volviendo el excedente nuevamente al tanque.

*Ilustración 3 Bomba de combustible*



Fuente: [www.mecanicavirtual.org/bombas](http://www.mecanicavirtual.org/bombas)

### 2.3.3 Filtro de combustible.-

*Ilustración 4 Filtro de combustible*



Fuente: <http://www.tallervirtual.com/2008/02/20/filtro-de-gasolina/>

La función del filtro de gasolina es de retener las impurezas que se puedan encontrar en el depósito de gasolina, estas impurezas pueden llegar al depósito cuando recargamos de combustible en las gasolineras de autoservicios, la condensación del tanque produce oxido el cual dañaría todo el sistema de alimentación de combustible, y al ser trasladado el combustible ya sea por camiones, oleoductos, trenes... etc. el combustible está expuesto a ser contaminado.

El elemento filtrante de un filtro de gasolina puede ser fabricado de papel, mallas metálicas, fibra de vidrio, entre otros y este elemento se encuentra recubierto de un cuerpo metálico o de plástico.

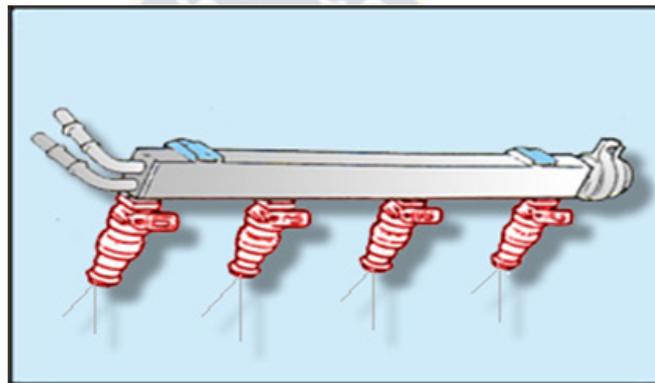
Actualmente se usa en los vehículos modernos un filtro de cubierta metálica esto es porque en los automóviles antiguos se tenía una presión en el sistema de alimentación de entre 0.5 a 0.6 [bar] de presión y se le considera sistema de baja presión, para este sistema se utiliza un filtro de cubierta de plástico pero en un vehículo moderno que utiliza una presión en el sistema de alimentación de combustible de entre 1 y 7 [bar] de presión el filtro de plástico es insuficiente ya que no resistiría la presión por ello se utiliza actualmente los filtros metálicos.

Los filtros de gasolina pueden retener impurezas que tengan un tamaño mayor a las 10 micras.

#### 2.3.4 Acumulador o riel de combustible.-

El riel es el encargado de transportar el combustible a los inyectores, además de alojar al regulador de presión del sistema de alimentación.

*Ilustración 5 Acumulador de combustible*



Fuente: [es.scribd.com/doc/19023017/Sistemas-de-Inyeccion-de-Gasolina](https://es.scribd.com/doc/19023017/Sistemas-de-Inyeccion-de-Gasolina)

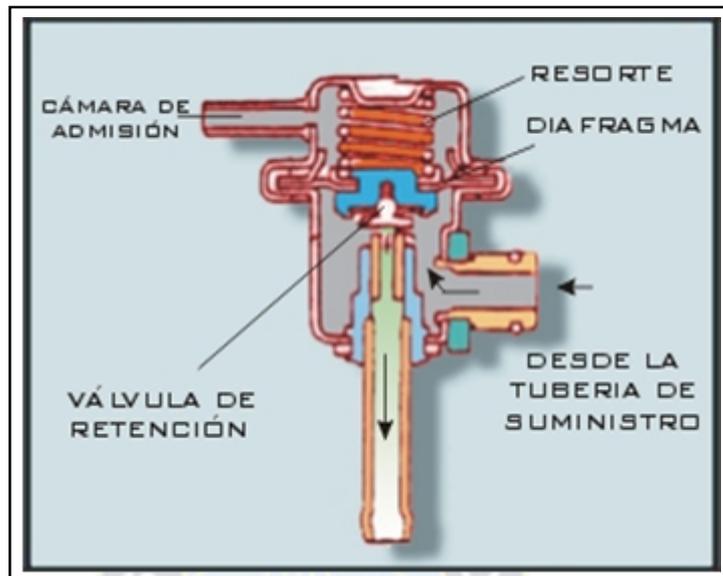
Por lo general el riel tiene dos cañerías, en donde la una es para el ingreso del combustible y la otra para retorno del mismo hacia el tanque.

Los automóviles con tecnología de punta solo llevan en su riel una cañería, para el ingreso de combustible, y la presión la controla totalmente la ECU, ya sea modificando el ancho y el número de pulsos de inyección.

#### 2.3.5 Regulador de presión.-

Consiste en una válvula conectada a un diafragma sobre el cual se encuentra un resorte para controlar la presión del sistema.

*Ilustración 6 Regulador de presión de combustible*



Fuente: [es.scribd.com/doc/19023017/Sistemas-de-Inyeccion-de-Gasolina](https://es.scribd.com/doc/19023017/Sistemas-de-Inyeccion-de-Gasolina)

En los sistemas mono punto, el regulador mantiene una presión aproximada de 1.5 [bar], mientras que en los sistemas multipunto la presión alcanza los 2 a 2.5 [bar].

#### 2.3.6 Sistema de control de potencia.-

El control de la etapa de potencia del banco de pruebas está compuesto por un controlador que tiene las características de manejo de altas corrientes eléctricas así como de altos voltajes, suprimiendo de esta manera el uso de otros componentes como los transistores de potencia, etc.

Este controlador es denominado como L298 cuyas características son las siguientes:

- Tiene cuatro entradas lógicas o de bajo voltaje.
- Tiene cuatro salidas de control de voltajes hasta 46 Voltios.
- Soporta hasta 2,5 Amperios por canal con cargas repetitivas.

Este controlador es muy utilizado para el control de motores de corriente continua de hasta 4 amperios, motores paso a paso, relays, por su facilidad de

conexionado y por su precio lo hizo ideal para la aplicación del control de potencia del banco de pruebas.

**Ilustración 7 Controlador I298**



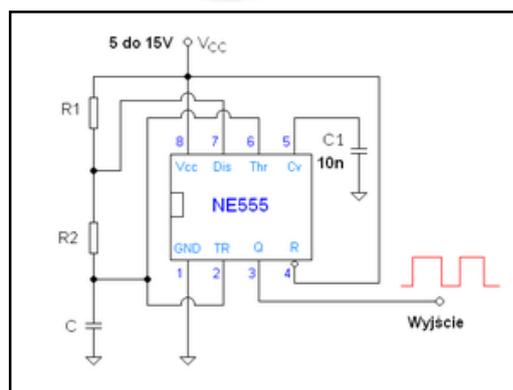
Fuente: [www.roboticapy.com](http://www.roboticapy.com)

### 2.3.7 Sistema de simulación de pulsos variables.-

Este sistema está compuesto principalmente por un oscilador, el cual debe enviar pulsos parecidos a los pulsos que envía la E.C.U (Unidad de control electrónica) del motor, hacia los inyectores, lo cual se asemeja a una onda cuadrada, porque, tiene un régimen alto y un régimen bajo, es decir, ON, OFF. Existen muchas maneras de poder simular estos pulsos, pero el circuito más práctico y económico es el oscilador o multivibrador astable con el circuito integrado NE 555.

#### 2.3.7.1 Multivibrador astable.-

**Ilustración 8 Multivibrador astable c.i. 555**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito\\_integrado\\_555](http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado_555)

Este tipo de funcionamiento se caracteriza por una salida con forma de onda cuadrada (o rectangular) continua de ancho predefinido por el diseñador del circuito.

El esquema de conexión es el que se muestra. La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo  $t_1$  y un nivel bajo por un tiempo  $t_2$ .

### 2.3.8 Sistema de control de tiempo.-

Para este sistema se utilizó un micro-controlador ya que este tipo de componentes pueden ser programados mediante un ordenador y una interfaz de programación para este tipo de micro-controlador. La cual es muy sencilla de ensamblar así como el código de programación.

En la actualidad existen bastantes herramientas de programación para este tipo de micro-controlador, la herramienta que fue utilizada para el proyecto es el Pic-C compiler y el Ic-prog.

#### 2.3.8.1 Micro-controlador PIC 16F84A.-

El PIC16F84A es un micro-controlador a 8 bits de la familia PIC perteneciente a la gama media del fabricante de micro-controladores Microchip.

Se trata de uno de los micro-controladores más populares del mercado actual, ideal para principiantes, debido a su arquitectura de 8 bits, 18 pines, y un conjunto de instrucciones RISC muy amigable para memorizar y fácil de entender, internamente consta de:

- Memoria Flash de programa (1K x 14 bits).
- Memoria EEPROM de datos (64 x 8 bits).
- Memoria RAM (68 registros x 8 bits).
- Un temporizador/contador (timer de 8 bits).
- Un divisor de frecuencia.

- Varios puertos de entrada-salida (13 pines en dos puertos, 5 pines el puerto A y 8 pines el puerto B).

Otras características son:

- Manejo de interrupciones (de 4 fuentes).
- Perro guardián (watchdog).
- Bajo consumo.
- Frecuencia de reloj externa máxima 10MHz. (Hasta 20MHz en nuevas versiones). La frecuencia de reloj interna es un cuarto de la externa, lo que significa que con un reloj de 20Mhz, el reloj interno sería de 5Mhz y así pues se ejecutan 5 Millones de Instrucciones por Segundo (5 MIPS)
- No posee conversores analógicos-digital ni digital-analógicos.
- Pipe-line de 2 etapas, 1 para búsqueda de instrucción y otra para la ejecución de la instrucción (los saltos ocupan un ciclo más).
- Repertorio de instrucciones reducido (RISC), con tan solo 30 instrucciones distintas.
- 4 tipos distintos de instrucciones, orientadas a byte, orientadas a bit, operación entre registros, de salto.



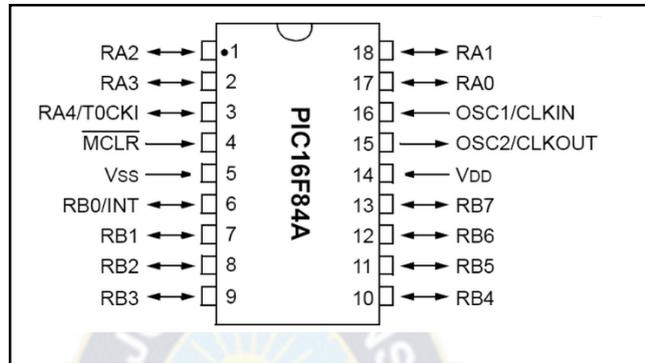
En los últimos años se ha popularizado el uso de este micro-controlador debido a su bajo costo y tamaño. Se ha usado en numerosas aplicaciones, que van desde los automóviles a decodificadores de televisión.

Es muy popular su uso por los aficionados a la robótica y electrónica.

Puede ser programado tanto en lenguaje ensamblador como en Basic y principalmente en C, para el que existen numerosos compiladores.

Cuando se utilizan los compiladores Basic, es posible desarrollar útiles aplicaciones en tiempo récord, especialmente dirigidas al campo doméstico y educacional<sup>1</sup>.

**Ilustración 9 Esquema del micro-controlador Pic-16F84A**



Fuente: <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic16f84.htm>

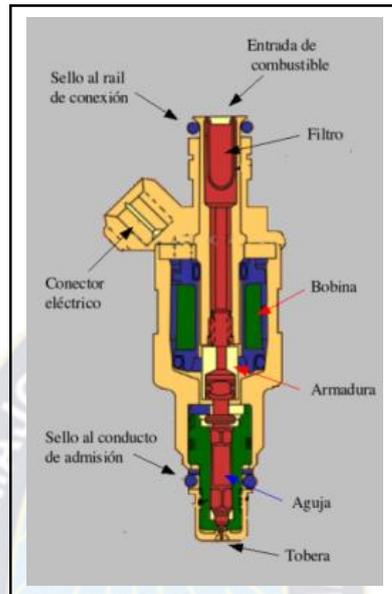
### 2.3.9 Inyectores.-

El inyector es el encargado de pulverizar en forma de aerosol la gasolina procedente de la línea de presión dentro del conducto de admisión, es en esencia una refinada electroválvula capaz de abrirse y cerrarse muchos millones de veces sin escape de combustible y que reacciona muy rápidamente al pulso eléctrico que la acciona.

A continuación se muestra un esquema de un inyector y sus componentes.

<sup>1</sup> Definición y características obtenidas de <http://es.wikipedia.org/wiki/PIC16F84>

*Ilustración 10 Esquema de un inyector.*



Fuente: GERSHLER, H “Tecnología del automóvil”,

### 2.3.10 Lámpara estroboscópica.-

Permite captar los desplazamientos de órganos dotados de movimientos periódicos demasiado rápidos para ser observados.

El principio base del funcionamiento deriva del hecho de que una imagen muy breve de un cuerpo en movimiento lo para en la posición que ocupa en aquel instante preciso. Así, efectuando una serie de observaciones sincronizada con la frecuencia del movimiento, se tendrá la impresión de que el objeto está inmóvil.

*Ilustración 11 Pistola Estroboscópica.*



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

Las aplicaciones más conocidas de la lámpara estroboscópica en el sector automovilístico son el control de la puesta a punto: RPM, Avance, Ángulo de cierre (Dwell), Frecuencímetro. Comprobar el punto es muy importante en los vehículos modernos (después de cambiar la correa de distribución o para diagnosis). La lámpara lo permite en todos los tipos de encendido (convencional con distribuidor, DIS, bobina por cilindro). En la actualidad existen lámparas estroboscópicas con luz de LED, las cuales son más eficientes y de menor consumo de energía. Para el banco de pruebas se utilizará una lámpara portátil (linterna) de LED, la cual es económica y realiza una función muy parecida al de una lámpara automotriz.

#### 2.4 Manufactura.-

Para la construcción del banco de pruebas propuesto, se utilizaron materiales resistentes como ser, tubos de acero para la base y estructura, planchas de acero para la construcción del espacio para los componentes del banco, cables debidamente soldados y aislados para evitar cortes, todo el proceso de manufactura estuvo realizado de acuerdo a los conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la carrera.

Los detalles de la manufactura pueden ser apreciados en los planos de construcción que se encuentran en la parte de anexos.

## 2.5 Operación y mantenimiento.-

La operación y el mantenimiento del banco de pruebas están detallados en el manual que se adjunta con el proyecto.



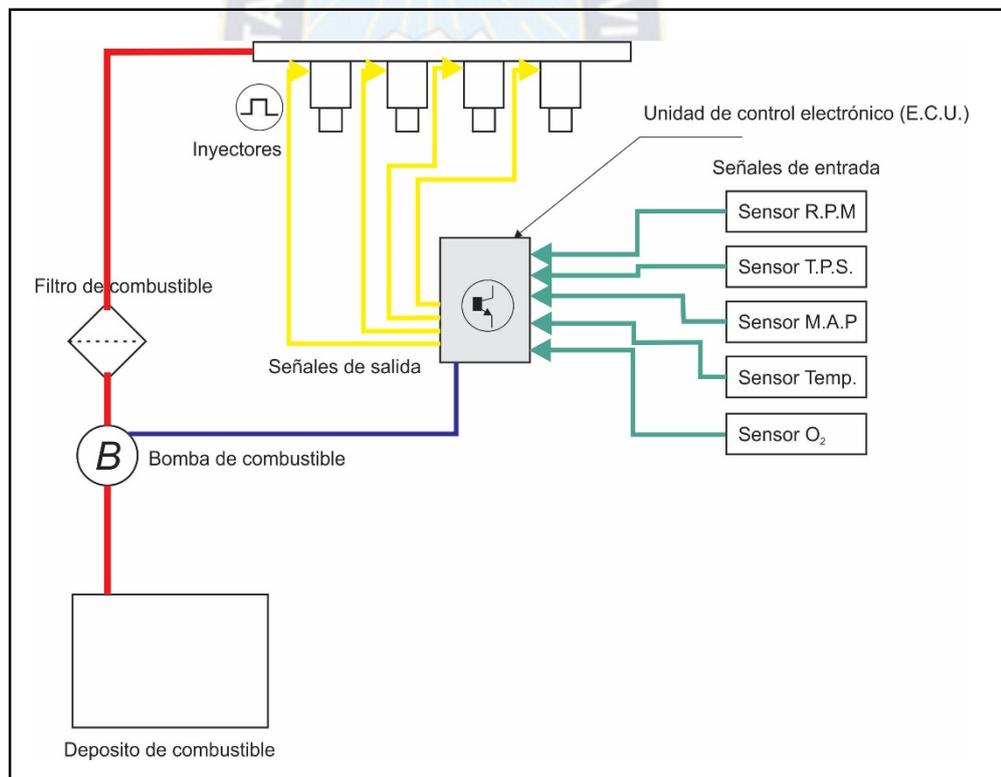
### CAPITULO 3. INGENIERIA DEL PROYECTO.-

#### 3.1 Parámetros de diseño.-

##### 3.1.1 Análisis del sistema de combustible.-

El sistema de combustible en un motor a inyección de gasolina funciona de acuerdo al siguiente esquema:

*Ilustración 12 Esquema de funcionamiento del sistema de combustible de un motor a inyección electrónica.*



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar, que el sistema de combustible tiene su inicio en el tanque o depósito de combustible del vehículo, luego, mediante una bomba eléctrica, el combustible es enviado a presión al acumulador de combustible, previamente, el

combustible debe pasar por un filtro de combustible, el cual en su interior deberá retener partículas que puedan dañar a los inyectores.

Una vez que el combustible ha llenado el interior del acumulador a una presión aproximada de 3.5 [bar], el sistema está listo para alimentar de combustible al motor, cuando el motor comienza a girar, tanto el sensor de posición del cigüeñal, el sensor de rpm, el sensor de alimentación de aire (ya sea de tipo M.A.P o M.A.F) y el sensor de posición de la mariposa de aceleración y el sensor de temperatura, envían señales eléctricas a la unidad de control electrónico del motor, la cual realiza los cálculos en función de las señales que recibe y envía una señal pulsadora hacia los inyectores y de esta manera se inicia la inyección del combustible y se produce la combustión en los cilindros del motor y se genera la energía necesaria para mover el vehículo.

Una vez en funcionamiento, las pulsaciones que reciben los inyectores varían según el régimen del motor, este régimen, se puede dividir en tres partes fundamentales; régimen de ralentí, aproximadamente entre los 900 a 1000 R.P.M en el motor; en este régimen, los inyectores funcionan con un periodo “T” alto, ya que no es necesaria la inyección en demasía del combustible, solo debe mantenerse la mezcla para que el motor no se cale y se apague; el régimen de media carga; en este régimen, aproximadamente entre los 1500 a 2500 R.P.M. los inyectores operan a un periodo medio ya que es necesaria la inyección de más combustible ya que se le exige potencia al motor porque este está siendo sometido a carga, y régimen de plena carga; en este régimen el motor alcanza, dependiendo el tipo de motor, los 4000 o 6000 R.P.M durante este régimen, los inyectores trabajan con un periodo muy bajo, ya que deben inyectar combustible en demasía, ya que, durante este régimen, se debe tener una mezcla muy rica porque se le está exigiendo toda la potencia al motor.

Durante todos los regímenes anteriormente nombrados, existe un sensor llamado Lambda o de oxígeno, el cual, de acuerdo a la cantidad de oxígeno presente en los gases de combustión (de escape), presenta una variación del voltaje entre sus terminales, dicho voltaje es tomado como señal por la unidad de control electrónico y esta a su vez aumenta o reduce el periodo “T” en la pulsación de los inyectores, este

sensor trabaja como un monitor del cómo se está llevando a cabo la combustión, si la presencia de oxígeno en los gases de escape es alta quiere decir que la combustión tiene deficiencia de combustible, lo cual hace que la unidad de control electrónico incremente los pulsos de los inyectores; y por el contrario cuando la presencia de oxígeno es baja quiere decir que la combustión tiene un exceso de combustible, lo cual hace que la unidad de control electrónico decremente los pulsos de los inyectores.

El banco de pruebas propuesto en este documento, debe ser capaz de simular estas variaciones del periodo “T” en las pulsaciones de los inyectores para poder tener un funcionamiento de los inyectores en el banco lo más cercano posible al trabajo que realizan los inyectores cuando estos están instalados en el múltiple de admisión del motor.

### 3.1.2 Análisis de los procedimientos de pruebas, diagnóstico y limpieza de los inyectores.-

El análisis de los procedimientos de pruebas, diagnóstico y limpieza de los inyectores de los motores a gasolina, se realizaron con el objetivo de asignar las funciones que debe tener el banco de pruebas propuesto en este documento.

#### 3.1.2.1 Procedimientos de pruebas de inyectores de motores a inyección electrónica de combustible.-

El procedimiento de pruebas principal que se realiza a los inyectores es el de la prueba del caudal.

En esta prueba, el inyector es sometido a un funcionamiento continuo, es decir a un periodo de pulsaciones alto. El objetivo principal de esta prueba, es el de medir el volumen de combustible inyectado por el inyector durante un cierto tiempo en segundos, normalmente este tiempo es de 30 segundos.

Durante estos 30 segundos el volumen de combustible inyectado debe estar dentro un rango en [ml] el cual varía de acuerdo a las características de cada motor, por ejemplo, en el motor de inyección electrónica de gasolina Toyota 3S de 2000 c.c. el volumen que debería ser inyectado por el lapso de 30 segundos es de 500 [ml].

La siguiente de las pruebas a los inyectores, es la del goteo, esta prueba se realiza para comprobar el buen cerrado del vástago del inyector a fin de evitar goteo de combustible dentro del múltiple de admisión y por ende un consumo excesivo de combustible y posibles humos de color negro en los gases de escape.

La siguiente prueba se realiza para comprobar la forma de la inyección de combustible, la cual consiste en hacer funcionar el inyector dentro los regímenes anteriormente mencionados, para comprobar la atomización del combustible, para realizar esto en el banco de pruebas propuesto, el mismo debe contar con un regulador de pulsos de los inyectores para poder hacerlos funcionar dentro los regímenes anteriormente mencionados y poder llevar a cabo los procedimientos de pruebas anteriormente mencionados.

#### 3.1.2.2 Análisis de los procedimientos de limpieza de inyectores.-

El banco de pruebas funciona como herramienta de limpieza de inyectores mediante la utilización de un fluido que contenga las propiedades necesarias para realizar la limpieza de los mismos. La limpieza se realiza haciendo funcionar los inyectores con el fluido mencionado mezclado con gasolina en el depósito de combustible. El funcionamiento debe ser por un tiempo determinado, el cual es establecido por un selector de tiempo situado en el panel de control del banco de pruebas.

En resumen se tienen los siguientes parámetros para el diseño de los sistemas del banco de pruebas:

- Para el sistema de simulación de pulsos:

- Periodo mínimo de pulsación: 15 milisegundos.
- Periodo máximo de pulsación: 30 milisegundos.
  
- Para el sistema de modo de diagnóstico y limpieza del banco de pruebas:
  - Tiempo de operación mínimo: 30 segundos.
  - Tiempo de operación máximo: 20 minutos.

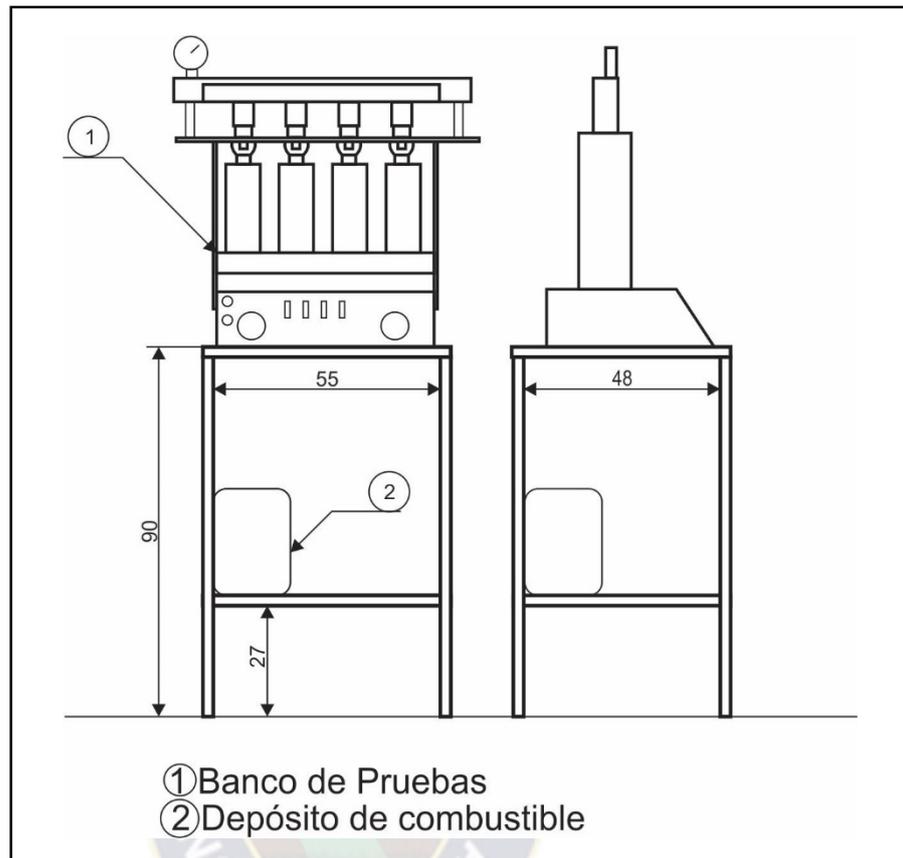
### 3.2 Diseños, cálculos y elección de componentes.

#### 3.2.1 Diseño de la estructura base del banco de pruebas.-

El diseño propuesto para la estructura base del banco de pruebas, se determinó en base a las estructuras de los bancos de trabajo, los cuales sugieren una cierta altura para que la operación de banco de pruebas en sí se produzca de una manera óptima y a la vez cómoda para el operador.

El siguiente esquema muestra las dimensiones en centímetros, el material, y los accesorios con los que cuenta la estructura base del banco de pruebas.

*Ilustración 13 Esquema de la estructura base del banco de pruebas.*

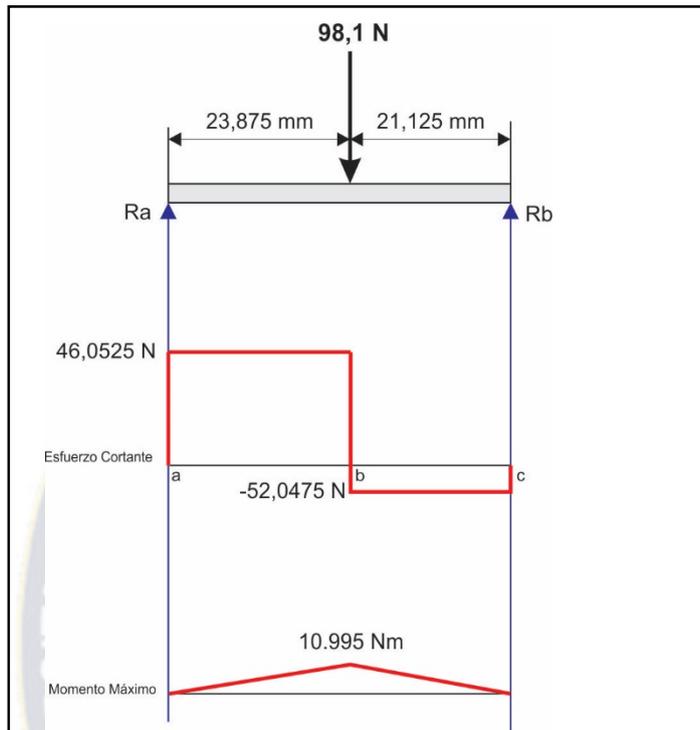


Fuente: Elaboración propia.

Esta a su vez, sirve como soporte para el banco de pruebas en sí, y aloja de forma segura al depósito de combustible del mismo.

La estructura propuesta está constituida por tubo cuadrado de acero de 25 x 25 milímetros y un espesor de 0.9 milímetros, en base al siguiente análisis y cálculo de cargas:

*Ilustración 14 Análisis de cargas y reacciones*



Fuente: Elaboración propia.

Datos:

Peso del equipo: 10 Kg = 98,1 N

Cálculo de reacciones:

$$\Sigma M_a = 0 = (98,1 \text{ N} \times 0,23875 \text{ m}) - R_b(0,23875 + 0,21125 \text{ m})$$

$$\mathbf{R_b = 52,0475 \text{ N}}$$

$$\Sigma M_b = 0 = (R_a \times 0,45 \text{ m}) - (98,1 \times 0,21125 \text{ m})$$

$$\mathbf{R_a = 46,0525 \text{ N}}$$

$$\Sigma F = 0$$

$$R_a + R_b = (52,0475 \text{ N} + 46,0525 \text{ N}) - 98,1 \text{ N} = 0$$

Cálculo de Momentos Máximos:

$$M_a = 0$$

$$M_b = M_a + [Area]_{ab}$$

$$[Area]_{ab} = V_{ab} \times 0,23875 = 46,0525N \times 0,23875m$$

$$[Area]_{ab} = 10,995 Nm$$

$$\mathbf{Mb = 10,995Nm}$$

$$Mc = Mb + [Area]_{bc}$$

$$[Area]_{bc} = V_{bc} \times 0,2115 = -52,0475N \times 0,2115m$$

$$[Area]_{ab} = -10,995 Nm$$

$$Mc = 10,995Nm - 10,995Nm$$

$$Mc = 0$$

Cálculo del módulo de sección requerido:

$$\sigma_d = \frac{Sy}{N}$$

$$Sy|_{A513} = 270 MPa$$

$$N = 1|_{Carga\ Estática}$$

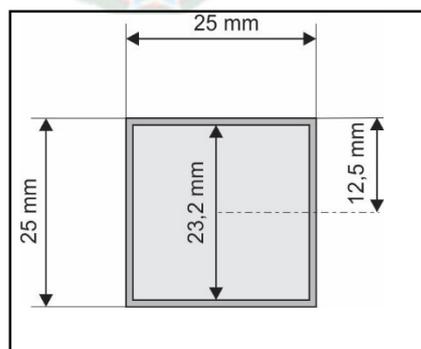
$$\sigma_d = \frac{270 MPa}{2} = 270 MPa$$

$$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_d}$$

$$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_d} = \frac{10,995 Nm \times \frac{1000 mm}{1 m}}{270 MPa} = \mathbf{40,81 mm^3}$$

Cálculo del módulo de sección utilizado:

*Ilustración 15 Esquema de un tubo cuadrado.*



Fuente: Elaboración Propia.

$$S = \frac{I}{C}$$

$$I|_{Tubo\ Cuadrado} = \frac{bh^3}{12} \Big|_{Externo} - \frac{bh^3}{12} \Big|_{Interno}$$

$$I|_{Tubo\ Cuadrado} = 8410,22mm^4$$

$$C = 12,5\ mm$$

$$S = \frac{8410,22\ mm^4}{12,5mm} = 672,81mm^3$$

Si bien la diferencia entre el módulo de sección requerido y el módulo de sección utilizado es grande, material utilizado para la estructura es el más comercial, delgado y versátil para trabajar.

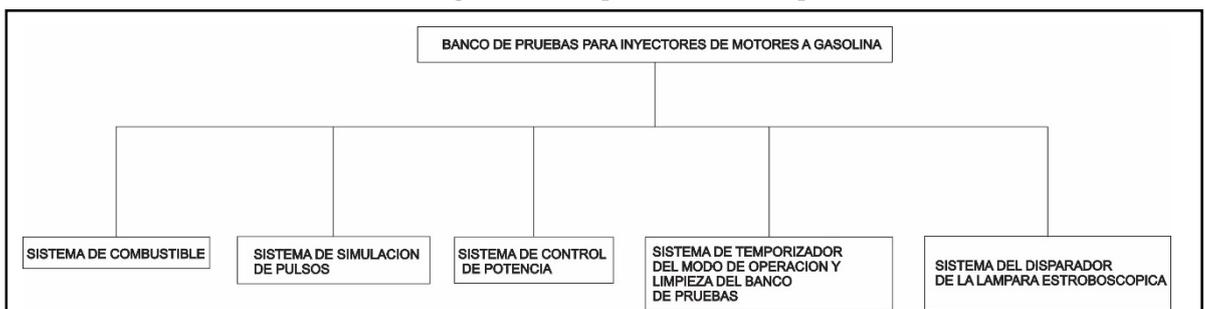
Esta estructura está soldada mediante el proceso de soldadura oxiacetilénica, la cual brinda resistencia, solidez y estética al banco de pruebas.

### 3.2.2 Diseño de los sistemas del banco de pruebas.

El banco de pruebas está compuesto por cinco sistemas, el sistema de combustible, el sistema de simulación de pulsos, el sistema de control de potencia, el sistema del temporizador para el modo de operación y modo limpieza de inyectores y el sistema del disparador de la lámpara estroboscópica.

A continuación se muestra un diagrama de bloques de los sistemas anteriormente mencionados:

**Ilustración 16 Diagrama de bloques del banco de pruebas.**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.1 Diseño del sistema de combustible.-

El sistema de combustible del banco de pruebas propuesto, consta principalmente del depósito de combustible, la bomba de combustible, el filtro de combustible, un manómetro de presión del sistema, el acumulador de combustible, el regulador de presión, los inyectores, recipientes graduados, llaves de paso y las líneas de entrada y retorno del combustible.

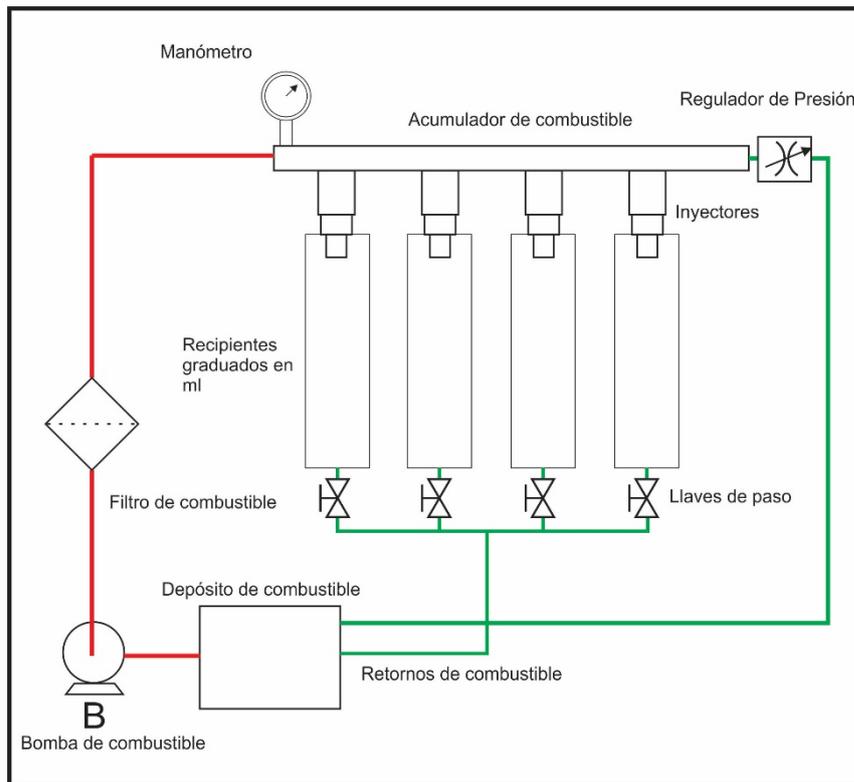
Todos los elementos nombrados anteriormente, a excepción del depósito de combustible, el filtro de combustible y los recipientes graduados fueron adaptados del sistema de combustible de vehículos que han sido desmantelados para su venta por partes.

Cuando el banco de pruebas opere en el modo de diagnóstico, es necesario contar con recipientes graduados para poder medir el volumen de combustible inyectado por los inyectores durante un cierto periodo de tiempo, lo cual nos indica si los inyectores están dosificando la misma cantidad de combustible a todos los cilindros en el motor.

Cuando el banco de pruebas opere en el modo de limpieza, no es necesario medir el volumen de combustible por lo tanto el sistema de combustible del banco de pruebas cuenta con unas llaves de paso, las cuales permiten que el combustible regrese hacia el depósito de combustible y recircule durante el tiempo que sea necesario.

El siguiente grafico muestra el sistema de combustible:

*Ilustración 17 Esquema del sistema de combustible*



Fuente: Elaboración propia.

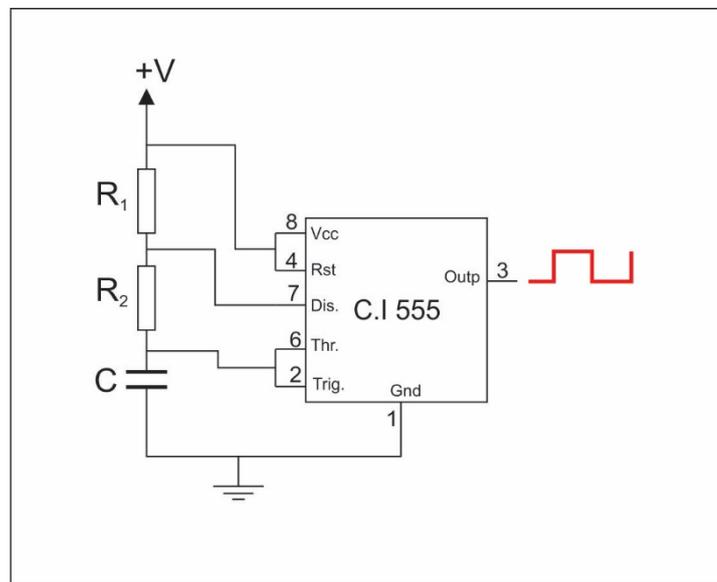
### 3.2.2.2 Diseño del sistema de simulación de pulsos.-

El sistema de simulación de pulsos que ha sido utilizado en el banco de pruebas, tiene como base fundamental un circuito integrado que tiene la función principal de la de un oscilador, para tal efecto ha sido utilizado el circuito integrado LM555 el cual, por su sencillez tanto para el diseño como para el montaje del circuito y además su bajo precio es ideal para el banco de pruebas, ya que en caso de falla puede ser reemplazado de forma muy sencilla y a bajo costo.

Este circuito integrado, tiene la característica principal de que la señal de salida es de onda cuadrada, con un ciclo de trabajo muy cercano al 50% lo cual, se asemeja a la señal que reciben los inyectores desde la unidad de control electrónico del motor.

El siguiente esquema nos muestra a dicho circuito integrado en la configuración de la de un oscilador astable.

*Ilustración 18 Diagrama eléctrico del circuito integrado 555 en modo astable*



Fuente: Elaboración propia.

Donde los valores de  $R_1$ ,  $R_2$  y  $C$  son determinados por el diseñador para obtener el ancho del pulso deseado en el pin número 3.

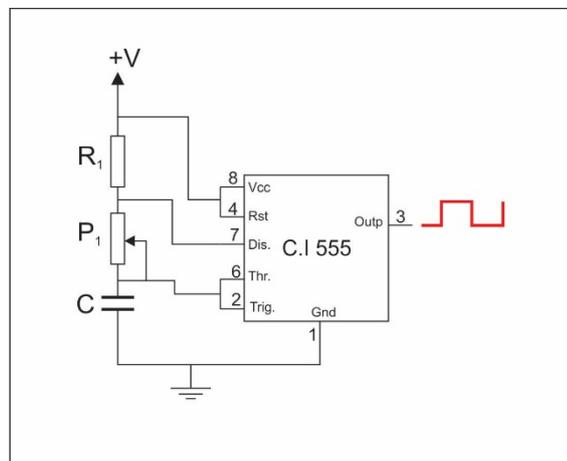
El voltaje de alimentación de este circuito está dentro el rango de los 5 a 15 [V], y entrega una corriente máxima en la salida de 200 [mA], la cual no es lo suficientemente alta para poder activar los inyectores, por lo que se deben agregar elementos de potencia como el controlador L298.

#### 3.2.2.2.1 Cálculo de los componentes del oscilador.-

Como la unidad de control electrónico del motor de un vehículo controla el ancho del pulso de los inyectores, se procede a realizar el cálculo de los mismos en el circuito anteriormente propuesto de manera que se asemeje a los de la E.C.U. del motor.

Para que el circuito tenga la característica de poder variar este ancho del pulso, es necesaria la siguiente modificación.

**Ilustración 19 Diagrama eléctrico del circuito integrado 555 modificado.**



Fuente: Elaboración propia.

Nótese la modificación a la resistencia R, ésta ha sido reemplazada por un potenciómetro.

El cálculo de los valores de la resistencia, el potenciómetro y el condensador se lo realizó considerando el siguiente parámetro.

El valor de la resistencia  $R_1$  y el valor del condensador C fue asumido por el diseñador, dado que la variación del pulso se determina por la variación del potenciómetro y del condensador, si se asume un valor constante a la resistencia es posible que en los cálculos el valor calculado para el condensador sea un valor muy grande o muy pequeño por lo que es más difícil conseguirlo en el mercado, es por esas razones que se asignará un valor comercial.

Para el cálculo del valor de la resistencia  $R_2$  se utilizó la siguiente relación:

$$f_{osc} = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

Donde:

$f_{osc}$  está expresado en Hertz.

$R$ , está expresados en Ohmios.

$C$ , está expresado en Faradios.

$T$ , está expresada en milisegundos.

Como la resistencia ha sido sustituida por un potenciómetro, se debe tener un rango de valores, los cuales están dados por:

$$f_{m\acute{a}x} = 15,00 \times 10^{-3} [s]$$

Este valor nos indica el periodo máximo con el que trabajan los inyectores.

$$f_{m\acute{i}n} = 30,00 \times 10^{-3} [s]$$

Y este valor nos indica el periodo mínimo con el que trabajan los inyectores.

De la ecuación:

$$f_{osc} = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

Se la reescribe de la siguiente forma para obtener el valor de la resistencia cuando el periodo de oscilación sea máximo.

$$f_{osc\ Max} = \frac{1}{T_{max}} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_{max})C}$$

De igual manera se procede para el valor de la resistencia cuando el periodo de oscilación sea el mínimo.

$$f_{osc\ Min} = \frac{1}{T_{min}} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_{min})C}$$

Se procede al cálculo de la resistencia cuando el periodo de oscilación es el máximo.

De la ecuación:

$$f_{osc\ max} = \frac{1}{T_{max}} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_{max})C}$$

Se despeja  $R_{Máx}$ .

$$R_{Máx} = \frac{1,44 \times T_{max}}{2C} - R_1$$

Como:

$$T_{máx} = t_{OSC\ Máx}$$

Y:

$$T_{máx} = 15,00 \times 10^{-3} [s]$$

Entonces se tiene:

$$R_{Máx} = \frac{1,44 \times T_{max}}{2C} - R_1$$

El valor del condensador será:

$$C = 1 \times 10^{-6} [F]$$

El valor de la resistencia  $R_1$  será:

$$R_1 = 1 \times 10^3 [\Omega]$$

Este valor es asumido de acuerdo a las experiencias obtenidas en los laboratorios realizados durante el transcurso de la carrera y además que es un valor

comercial, que puede ser encontrado en la mayoría del comercio de componentes electrónicos.

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$R_{M\acute{a}x} = \frac{1,44 \times 15 \times 10^{-3} [s]}{2(1 \times 10^{-6} [F])} - 1 \times 10^3 [\Omega]$$

$$R_{M\acute{a}x} = 9,80 \times 10^3 [\Omega]$$

Se procede de la misma manera para hallar el valor de la resistencia cuando el periodo de oscilación es mínimo.

De la ecuación:

$$f_{osc\ Min} = \frac{1}{T_{min}} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_{min})C}$$

Se despeja  $R_{Min}$ .

$$R_{Min} = \frac{1,44 \times T_{min}}{2C} - R_1$$

Como:

$$T_{min} = t_{osc\ Min}$$

Y:

$$T_{min} = 30,00 \times 10^{-3} [s]$$

Entonces se tiene:

$$R_{Min} = \frac{1,44 \times T_{min}}{2C} - R_1$$

El valor del condensador es:

$$C = 1 \times 10^{-6} [F]$$

El valor de la resistencia  $R_1$  es:

$$R_1 = 1 \times 10^3 [\Omega]$$

Entonces se tiene:

$$R_{Mín} = \frac{1,44 \times t_{mín}}{2C} - R_1$$

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$R_{Mín} = \frac{1,44 \times 30 \times 10^{-3} [s]}{2(1 \times 10^{-6} [F])} - 1 \times 10^3 [\Omega]$$

$$\mathbf{R_{Mín} = 20,6 \times 10^3 [\Omega]}$$

Entonces tenemos los valores máximo y mínimo de las resistencias, por lo cual deben estar dentro el rango del potenciómetro.

En el mercado no es posible encontrar potenciómetros de valores específicos, por lo tanto se debe escoger un valor que cubra los valores tanto mínimo como máximo. El cual debe obedecer a la siguiente relación:

$$R_{Mín} < \text{Potenciómetro} > R_{Máx}$$

Es decir:

$$9,80 \times 10^3 [\Omega] < \text{Potenciómetro} > 20,6 \times 10^3 [\Omega]$$

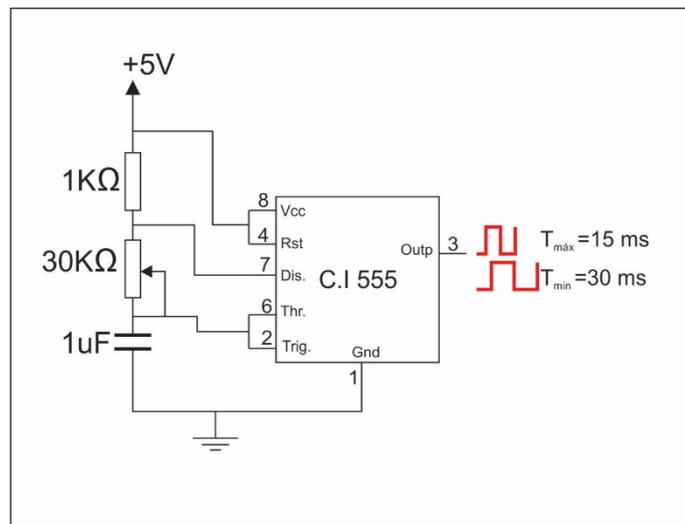
En el mercado, el valor que se acerca a estos rangos es:

$$Pot = 30,0 \times 10^3 [\Omega]$$

Por lo tanto se tienen todos los valores necesarios para el diseño del sistema de simulación de pulsos.

El cual se configura de la siguiente manera.

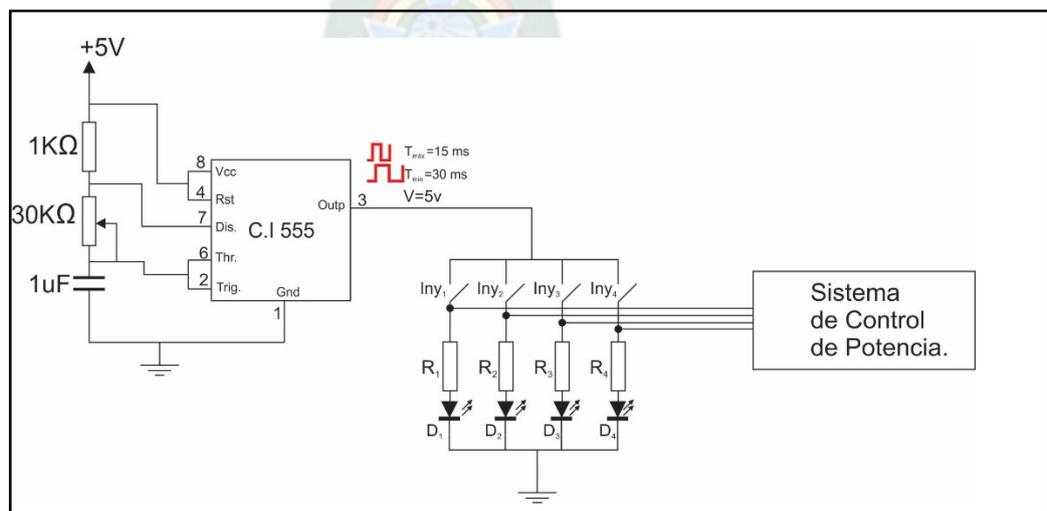
**Ilustración 20 Diagrama eléctrico con los valores obtenidos.**



Fuente: Elaboración propia.

Para completar el sistema de simulación de pulsos, se agregaron al circuito los siguientes elementos.

**Ilustración 21 Diagrama eléctrico del circuito integrado 555 con elementos agregados.**



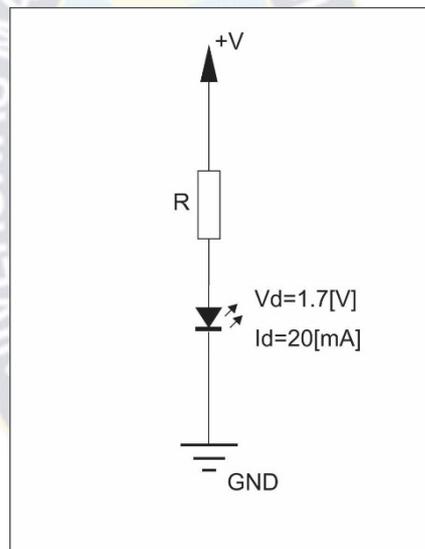
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el anterior diagrama, se agregaron 4 interruptores, los cuales son utilizados por el operador para escoger el inyector a someter a prueba, cuatro resistencias y cuatro diodos emisores de luz o leds, los cuales son utilizados como indicadores del funcionamiento de los inyectores.

Las resistencias de los leds son calculadas de la siguiente manera:

De acuerdo al siguiente circuito:

*Ilustración 22 Diagrama eléctrico de configuración de un LED*



Fuente: Elaboración propia.

Se aplica la ley de Ohm para un circuito en serie.

$$R = \frac{(V - Vd)}{Id}$$

El voltaje que fue utilizado para la parte del sistema de simulación de pulsos es de 5 Voltios, por lo tanto los leds están alimentados por 5 Voltios.

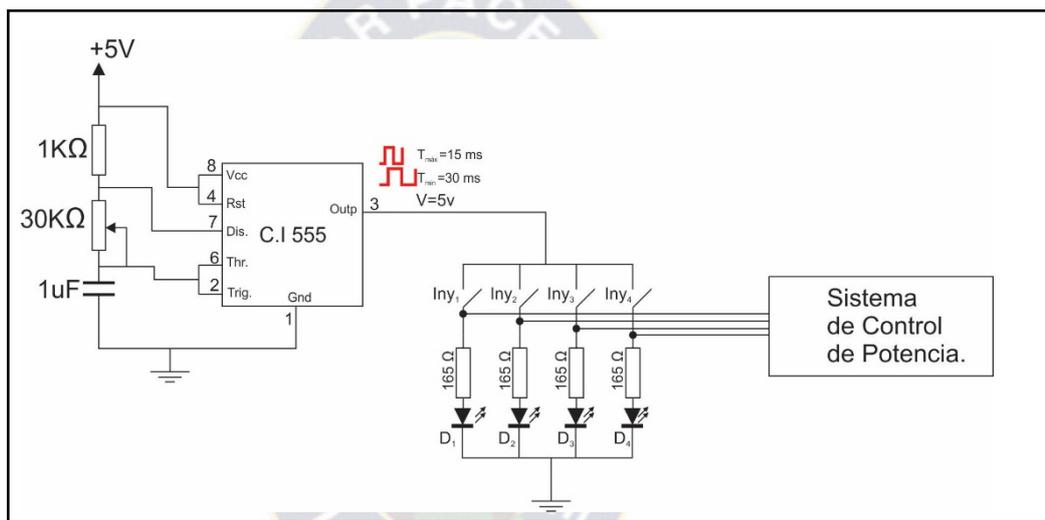
Entonces reemplazando datos en la anterior ecuación se tiene:

$$R = \frac{(5,00 - 1,70)[V]}{20,0 \times 10^{-3}[A]}$$

$$R = 165 [\Omega]$$

Por lo tanto, el circuito del sistema de simulación de pulsos queda configurado de la siguiente manera:

*Ilustración 23 Diagrama eléctrico final del sistema de simulación de pulsos.*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.3 Diseño del temporizador para el modo de operación y limpieza de inyectores del banco de pruebas.

Para éste sistema ha sido utilizado el micro-controlador PIC-16F84A el cual gracias a la facilidad de programación y grabación pudo ser posible obtener tiempos operación muy exactos.

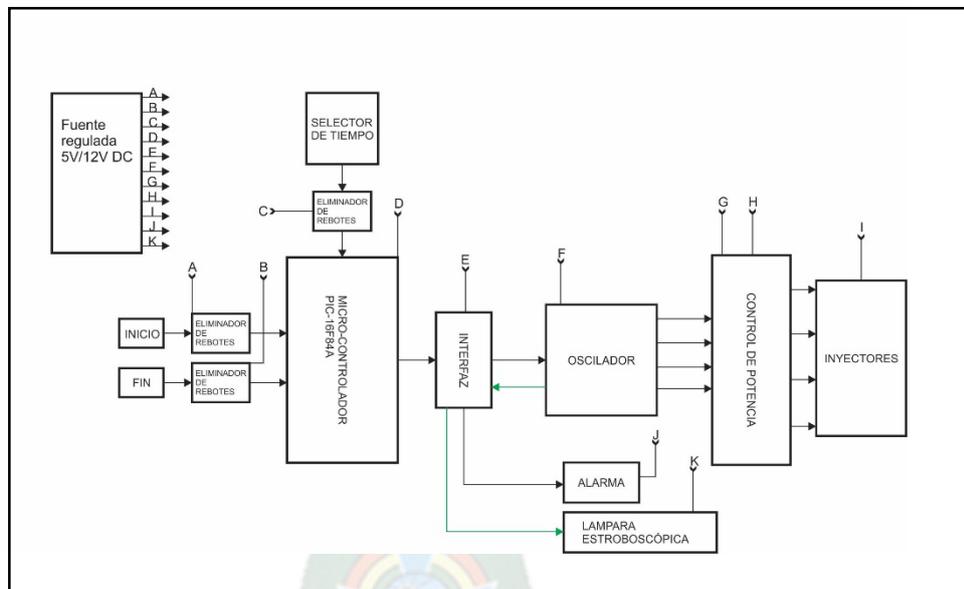
Para que este componente pueda funcionar se tuvo que tener en cuenta una serie de consideraciones como ser:

- Contar con una fuente de voltaje regulada.
- Contar con un conmutador de 4 posiciones.
- Contar con pulsadores para el inicio y fin del programa.

- Hacer uso de sub-sistemas como ser, eliminadores de rebotes de señal, interfaces.
- Contar con filtros anti-ruídos eléctricos.
- Contar con relés de 5 voltios para separar y controlar o los demás sistemas.

El siguiente esquema muestra el diagrama de bloques del sistema de temporización del banco de pruebas.

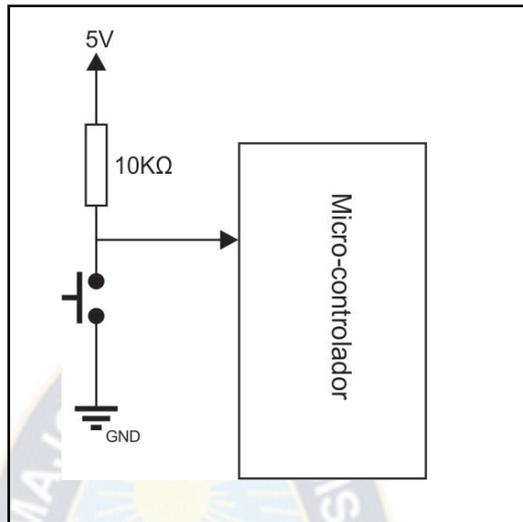
**Ilustración 24** Esquema del sistema del temporizador del banco de pruebas.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al esquema anterior, ha sido necesaria la inclusión de eliminadores de rebote de señal de entrada hacia el micro-controlador, éstos pueden ser de estado alto o bajo, para el diseño ha sido empleado el de flanco bajo, es decir que la señal de entrada hacia el micro-controlador es un “cero” lógico; estos eliminadores de rebote de señal tienen la siguiente configuración:

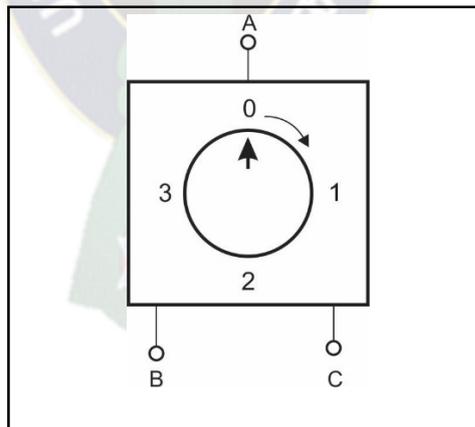
*Ilustración 25 Esquema del eliminador de reotes para un pulsador.*



Fuente: Elaboración propia.

El eliminador de rebotes de señal para el selector de tiempos es muy similar, la diferencia radica en que la configuración del selector tiene la siguiente forma:

*Ilustración 26 Esquema del selector de tiempos.*



Fuente: Elaboración propia.

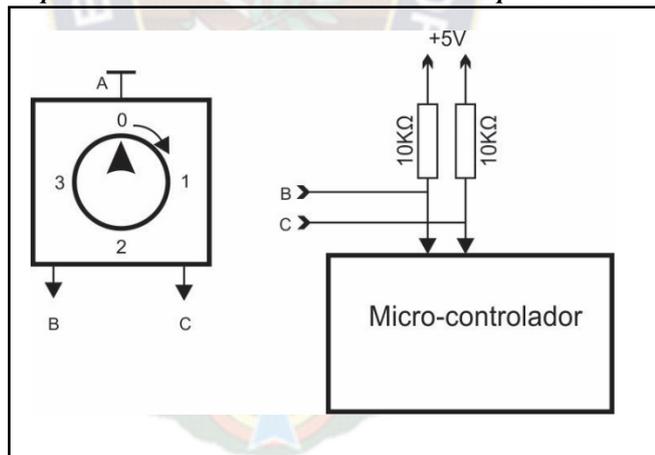
Este selector tiene la siguiente tabla de verdad:

**Tabla 1** Tabla de verdad del selector

POSICION DEL DIAL	A	B	C
0	0	0	0
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	1	1

Como puede observarse de la anterior tabla de verdad, es necesario contar con dos eliminadores de rebotes de señal, por lo que este periférico de entrada quedó configurado de la siguiente manera:

**Ilustración 27** Esquema del eliminador de rebotes de señal para el selector de tiempos.

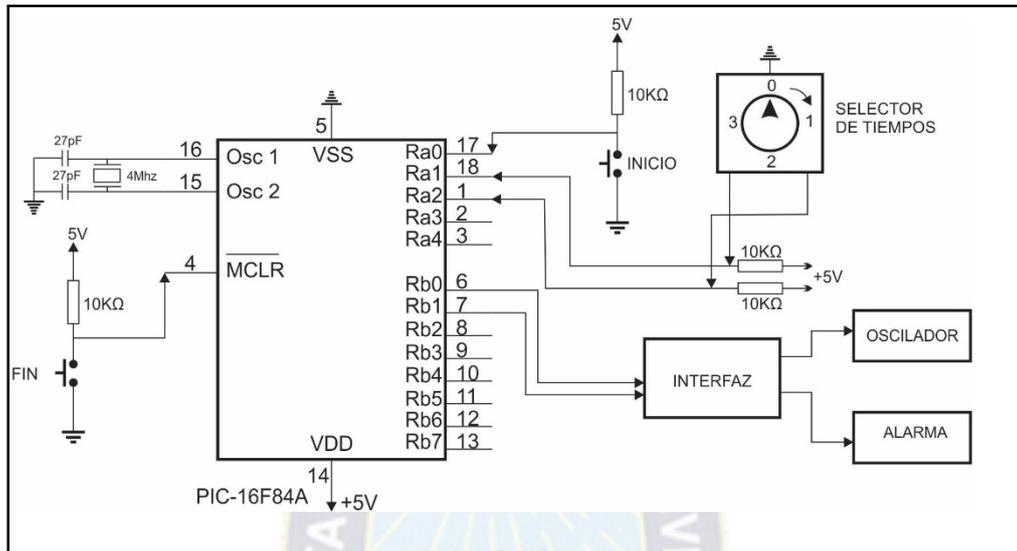


Fuente: Elaboración propia.

Teniendo estos subsistemas diseñados, se procedió al diseño del funcionamiento del micro-controlador.

La configuración para este tipo de micro-controlador es de la siguiente forma:

*Ilustración 28 Configuración para micro-controlador PIC 16F84A*



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar de la anterior figura, el puerto “a” ha sido configurado como entrada y el puerto “b” ha sido configurado como salida.

Se ha colocado un oscilador del tipo cristal de 4 [MHz] entre los pines 15 y 16 cómo referencia de reloj para el micro-controlador, junto a este cristal se han colocado también dos capacitores de 27 [pF] cuya función es la de eliminar posibles ruidos eléctricos en las entradas del oscilador.

El inicio del ciclo fue asignado a un pulsador de estado bajo al pin 17 que pertenece al puerto RA0, y el fin del ciclo fue asignado al pin 4 que pertenece al reinicio físico del micro-controlador.

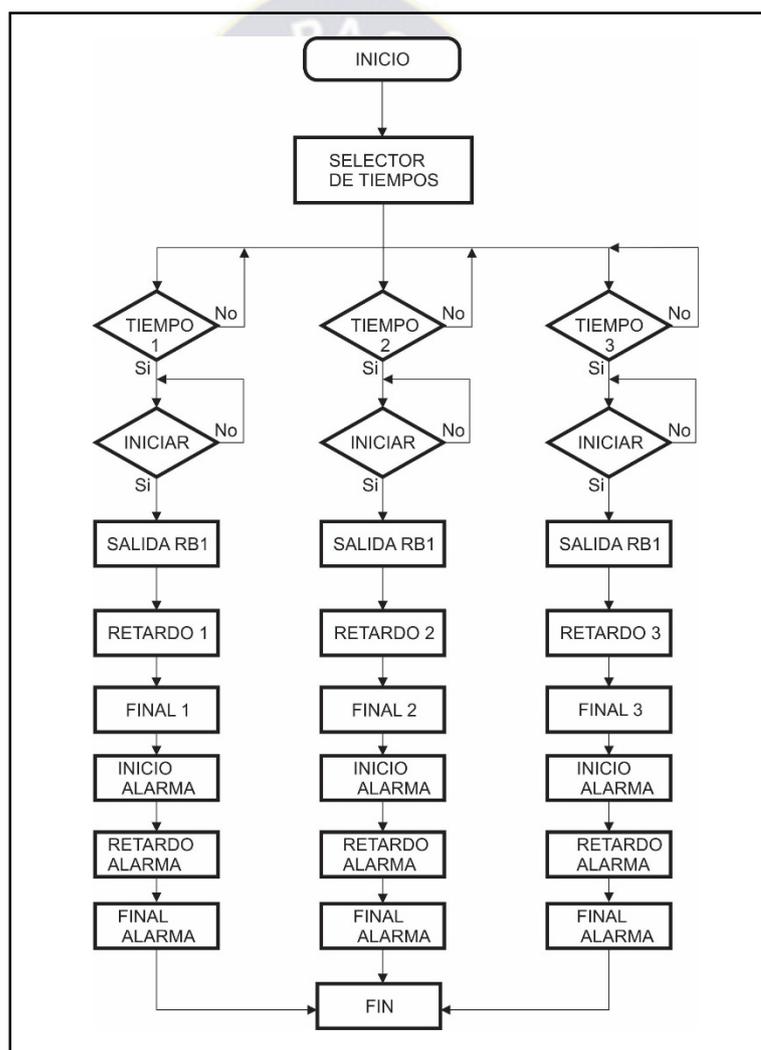
El selector de tiempos, cuyas salidas han sido explicadas anteriormente, han sido asignadas a los pines 18 y 1 respectivamente los cuales pertenecen a los puertos RA1 y RA2.

Las salidas de señal del micro-controlador han sido asignadas al puerto RB0 y RB1 cuyos pines son el 6 y 7 respectivamente, y ambas salidas han sido conectadas a la interfaz para evitar para proteger al micro-controlador.

Teniendo en cuenta la configuración del micro-controlador, se procedió a realizar la programación del mismo.

De acuerdo al siguiente algoritmo:

*Ilustración 29 Algoritmo de funciones para el micro-controlador.*



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al anterior algoritmo, el código de programación en lenguaje C fue escrito de la siguiente manera:

```

void main()
{
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
  // TODO: USER CODE!!
  while (true)
  {
    inicio:
    if(input(pin_A0)==0&&input(pin_a1)==1)
    {
      if(input(pin_A2)==0)
        { //presionando botón//
          delay_ms(30); //retardo anti rebotes//
          if(input(pin_A2)==0)
            {
              output_high(pin_b1);
              delay_ms(50000);
              output_low(pin_b1);
              output_high(pin_b0);
              delay_ms(15000);
              output_low(pin_b0);
            }
          }
        }
      if (input(pin_a1)==0&&input(pin_a0)==1)
      {
        if(input(pin_A2)==0)
          { //presionando botón//
            delay_ms(30); //retardo anti rebotes//
            if(input(pin_A2)==0)
              {
                output_high(pin_b1);
                delay_ms(60000);

```



```
delay_ms(60000);  
delay_ms(60000);  
delay_ms(60000);  
delay_ms(60000);  
delay_ms(60000);
```

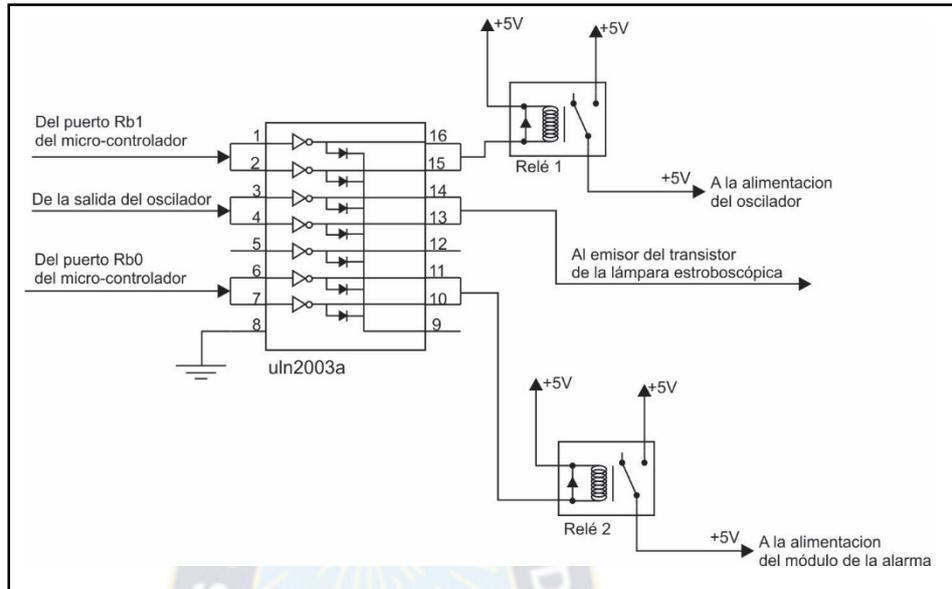
```
output_low(pin_b1);  
output_high(pin_b0);  
delay_ms(15000);  
output_low(pin_b0);  
}  
}  
}  
}  
}
```

#### 3.2.2.4 Diseño de la interfaz entre el temporizador y el oscilador.-

La interfaz entre estos dos sistemas ha sido concebida por medio de dos elementos electrónicos, un circuito integrado y un relé, el circuito integrado es el ULN2003A, el relé opera con 5 voltios y cuenta con dos contactos, uno normalmente abierto y el otro normalmente cerrado.

El siguiente esquema muestra la configuración de la interfaz:

**Ilustración 30 Configuración de la interfaz.**

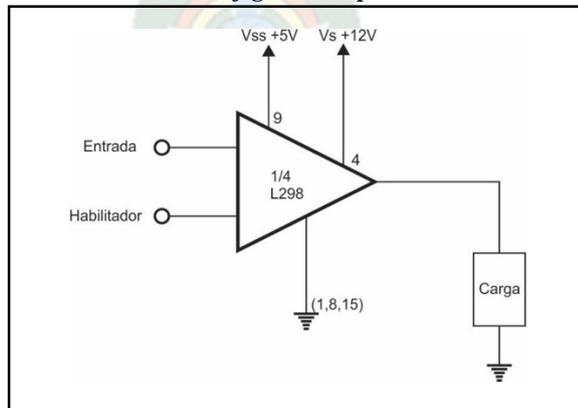


Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.5 Diseño del sistema de control de potencia del banco de pruebas.-

Para el diseño de este sistema ha sido utilizado el circuito integrado L298, este componente cuenta con cuatro canales el siguiente esquema muestra la configuración para un solo canal:

**Ilustración 31 Configuración por canal del L298**

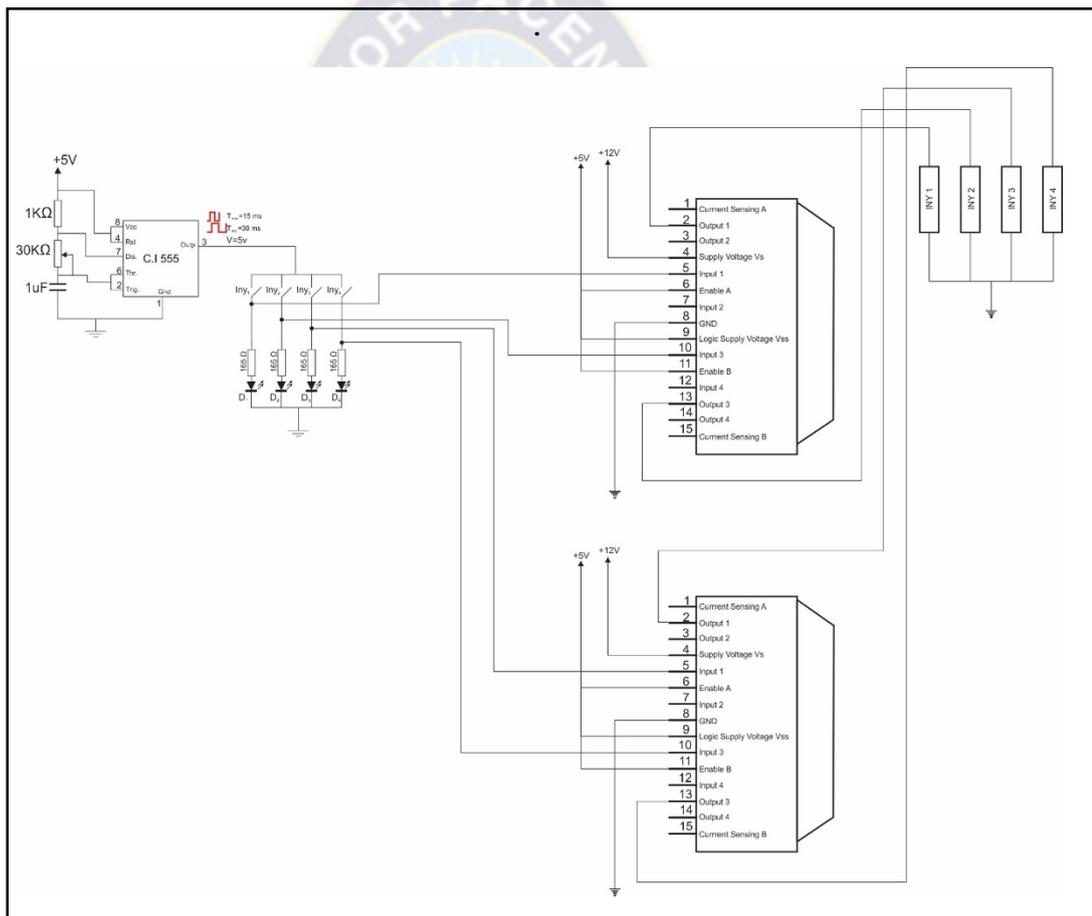


Fuente: Hoja de datos del L298

Cómo se ha alimentado a 4 inyectores se han utilizado 2 canales por elemento es decir que se han utilizado dos circuitos integrados L298. En ambos casos se siguieron la anterior configuración.

Teniendo en cuenta lo anterior, la configuración del circuito integrado L298 quedó de la siguiente forma:

**Ilustración 32 Configuración del sistema de control de potencia con dos circuitos integrados L298.**



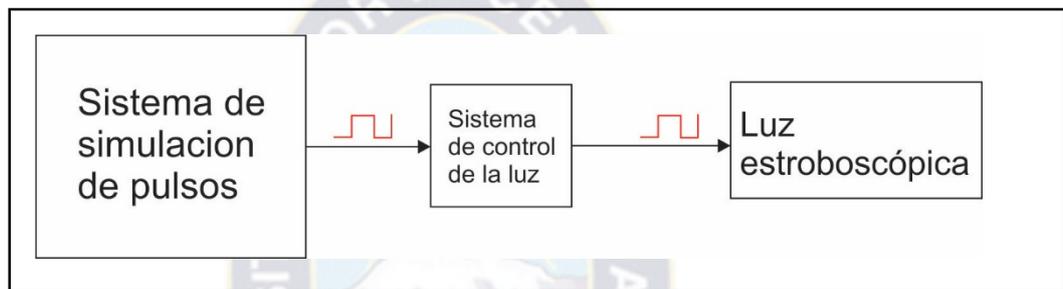
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.6 Diseño del sistema del disparador de la lámpara estroboscópica.

Una particularidad de este banco de pruebas, es que cuenta con una lámpara de luz estroboscópica, la cual permite observar la forma en la que los inyectores están pulverizando el combustible, cuando éstos trabajan a alta frecuencia.

Según el siguiente diagrama:

*Ilustración 33 Diagrama de bloques del disparador de la lámpara estroboscópica.*

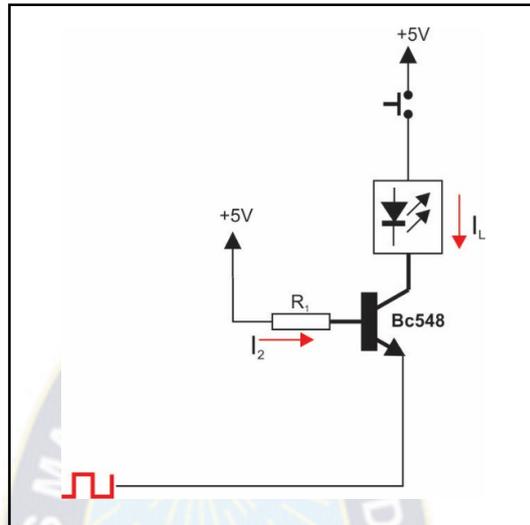


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama anterior, el sistema de control de la lámpara, recibe la señal del sistema de simulación de pulsos, y esta señal es controlada y enviada hacia la lámpara estroboscópica.

Para este propósito es necesario el uso de componentes electrónicos, los cuales se detallan a continuación con ayuda del siguiente esquema:

*Ilustración 34 Diagrama de flujo de corrientes en el transistor de control de la lámpara estroboscópica.*



Fuente: Elaboración propia.

Del anterior esquema se tienen los siguientes datos:

$$I_L = 0.3 \text{ [A]}$$

Esta corriente que circula por la lámpara es la misma corriente del colector del transistor por lo tanto:

$$I_c = 0.3 \text{ [A]}$$

Según la hoja de datos del transistor BC548, la ganancia mínima  $\beta$  es igual a 110, con este dato se calcula la corriente de base:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$
$$I_b = \frac{0.3 \text{ [A]}}{110}$$
$$I_b = 2,72 \times 10^{-3} \text{ [A]}$$

Se calcula el voltaje entre los terminales de la base y el emisor.

El voltaje de la resistencia R<sub>1</sub> es 5[V].

El voltaje base-emisor es 0.58 [V], según la hoja de datos del transistor.

Entonces tenemos:

$$\begin{aligned}Vb &= V_{R_1} - V_{be} \\Vb &= (5 - 0.58)[V] \\ \mathbf{Vb} &= \mathbf{4.42 [V]}\end{aligned}$$

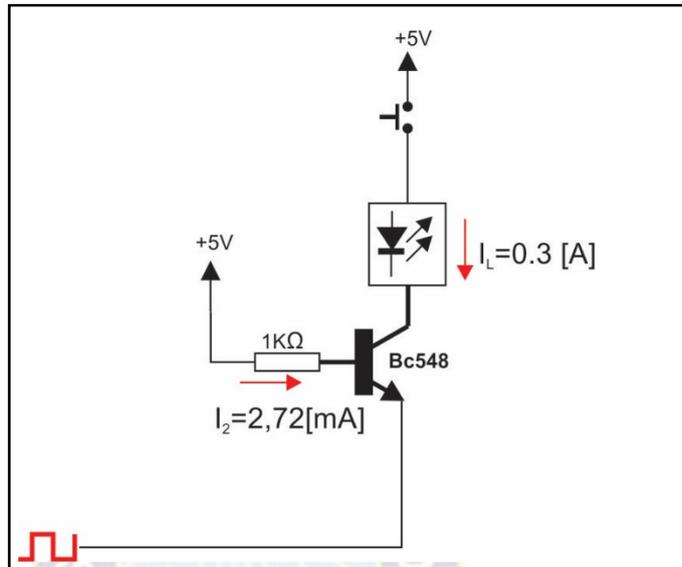
Teniendo los valores tanto de la corriente de la base, como el voltaje de la base, por la ley de Ohm se calcula la resistencia de la base:

$$\begin{aligned}Rb &= \frac{Vb}{Ib} \\Rb &= \frac{4.42 [V]}{2,72 \times 10^{-3} [A]} \\ \mathbf{Rb} &= \mathbf{1625 [\Omega]}\end{aligned}$$

Para asegurar una saturación completa del transistor, se selecciona una resistencia de menor valor, y que sea de valor comercial, en este caso, se selecciona una resistencia de 1000 [ $\Omega$ ]

Por lo tanto el circuito del sistema de potencia quedó configurado de la siguiente manera:

*Ilustración 35 Diagrama eléctrico final del control del disparador de la lámpara estroboscópica.*



Fuente: Elaboración propia.

Del anterior esquema se nota un pulsador entre la alimentación y la lámpara estroboscópica, la razón, para facilitar al operador el uso de dicha lámpara cuando éste así lo requiera.

CAPITULO 4.  
COSTOS.

4.1 Costos de inversión.

De acuerdo a las siguientes tablas se pueden observar los costos de todos los materiales que han sido utilizados en el proyecto.

Las tablas han sido divididas por el tipo de material y por la forma de comercialización.

4.1.1 Costos de inversión en materiales de construcción.-

**Tabla 2 Costos de inversión en materiales de construcción.**

Material	Costo por metro [Bs]	Costo por metro cuadrado [Bs]	Longitud o superficie utilizada. [m] o [m <sup>2</sup> ]	Costo total [Bs]
Tubo cuadrado 25x25x0.9 [mm]	6.66	-	9.6 [m]	63.94
Tubo cuadrado 15x15x0.9 [mm]	4	-	2,89 [m]	11.92
Plancha 0.5 [mm]	-	35,2	1.06 [m <sup>2</sup> ]	34.75
Plancha 0.75[mm]	-	38	0,34 [m <sup>2</sup> ]	12.92
Platino 50x3,2 [mm]	10.25	-	1,38	14.45

Platino 12.5x3.2[mm]	2.60	-	1,61	4.16
Angular 19x3.2[mm]	6.83	-	3,40	23.2
Angular 50x3.2[mm]	20.6	-	0.5	10.3
Costo total				<b>175.64</b>

#### 4.1.2 Costos de inversión en elementos de sujeción.-

**Tabla 3 Costos de inversión en elementos de sujeción.**

Elemento	Costo por unidad en Bs.	Número de unidades	Costo Total. En Bs.
Perno hexagonal 6,35x20[mm]	0,16	8	1,60
Perno hexagonal 6,35x45[mm]	0,23	4	0,92
Perno hexagonal 6,35x75[mm]	0,38	2	0,76
Perno hexagonal 9,5x30[mm]	0,40	2	0,80
Tuerca hexagonal 6,35[mm]	0,06	14	0,84
Tuerca hexagonal	0,13	2	0,26

9,5[mm]			
Arandela Plana 6,35[mm]	0,06	8	0,50
Arandela plana 9,5 [mm]	0,09	2	0,18
Remache de aluminio tipo pop 4x6[mm]	0,06	58	3,50
Remache cabeza redonda 6[mm]	0,5	8	4,00
Tornillos maquineros 3,2x12[mm]	0,04	16	6,67
Tornillos rosca lata 6,35x30[mm]	0,08	6	0,48
Tornillos tipo chipboard 3,5x12[mm]	0,021	18	0,38
Costo total			<b>20,89</b>

4.1.3 Costos de inversión en elementos del sistema hidráulico.-

**Tabla 4 Costos de inversión en elementos de sistema hidráulico**

Elemento	Costo por unidad en Bs.	Cantidad	Costo por metro En Bs.	Costo total En Bs.
Tanque de combustible.	20	1	-	20
Bomba de combustible	235	1	-	235
Filtro de combustible	45	1	-	45
Acumulador de combustible + 4 inyectores	150	1	-	150
Probetas plásticas graduadas de 500 [ml]	50	4	-	200
Llaves de paso de media vuelta 6,35 [mm]	30	5	-	150
Derivaciones tipo "T" 6.35[mm]	15	3	-	45
Llave tipo aguja 8 [mm]	30	1	-	30
Acoples tipo toroidal 8 [mm]	10	2	-	20
Acople	10	1	-	10

25.4 [mm]				
Tapón 25.4 [mm]	8	1	-	8
Manómetro de presión c/acople de 8 [mm]	50	1	-	45
Manguera de alta presión 6,35[mm]	-	1,79 [m]	5	8,95
Manguera corriente 6 [mm]	-	1,85[m]	1,80	3,33
Manguera Corriente 8 [mm]	-	3,05[m]	2	6,01
Abrazaderas 10 [mm]	6	12	-	72
Costo Total				<b>1048,3</b>

#### 4.1.4. Costos de inversión en elementos del sistema electrónico.-

**Tabla 5 Costos de inversión en elementos del sistema electrónico.**

Elemento	Número de piezas	Cantidad [m]	Costo por metro En Bs.	Costo por pieza En Bs.	Costo total. En Bs.
Fuente regulada de voltaje 450 W	1	-	-	100	100

Conector para cable de fuente	1	-	-	5	5
Cable para fuente	1	-	-	8	8
Resistencias $\frac{1}{4}$ W	11	-	-	0,50	5,50
Capacitores cerámicos	10	-	-	0,50	5
Capacitores electrolíticos	1	-	-	1,50	1,50
Potenciómetro 30K $\Omega$	1	-	-	3,50	3,50
Perilla Potenciómetro	1	-	-	3	3
Selector de 4 posiciones	1	-	-	45	45
Driver L298	2	-	-	21	42
Ventiladores de 50 [mm]	2	-	-	7,50	15
Micro-controlador PIC16F84A	1	-	-	24	24
Acoplador ULN2003A	1	-	-	6	6
Diodos 1N4148	6	-	-	1,50	9
Relés 5V	2	-	-	5	10
Transistores BC548	2	-	-	2,50	5

Transistor TIP 120	1	-	-	3	3
Micro-interruptores de palanca	4	-	-	5	20
Interruptores de palanca	2	-	-	7,50	15
Interruptor tipo botón	1	-	-	4	4
Pulsadores	3	-	-	3	9
Zócalos 3 contactos	2	-	-	3,50	7
Diodos Led	8	-	-	0,50	4
Conectores encapsulados	1	-	-	8	8
Linterna micro-led	1	-	-	45	45
Conector tipo Jack hembra/macho	1	-	-	2,50	2,50
Espagueti Termo contraíble 3[mm]	-	2	7	-	14
Espagueti Termo contraíble 5[mm]	-	1	5	-	5
Cable # 16 AWG	-	10	1,50	-	15
Cable # 14 AWG	-	6	2,00	-	12
Cable # 18	-	10	2,00	-	20

AWG					
Costo total					<b>471</b>

#### 4.1.5 Costos de inversión en materiales varios

**Tabla 6 Costos de inversión en materiales varios.**

Elemento	Número de unidades	Cantidad Litros	Costo por litro en Bs.	Costo por unidad en Bs.	Costo total en Bs.
Pintura en spray Ploma	1			15	15
Pintura Azul en spray	1			15	15
Pintura negra duco envase de 250 ml	1			30	30
Pintura roja envase de 250 ml	1			30	30
Thinner	-	2	18	-	36
Topes de goma para tubo de 25x25x0,9 [mm]	4	-	-	2,50	10
Cobertores para contactos de inyectores	4	-	-	2	8

Costo total					<b>142</b>
-------------	--	--	--	--	------------

4.1.6 Costos de inversión en insumos.-

**Tabla 7 Costos de inversión en insumos.**

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO POR KILO Bs	COSTO UNITARIO Bs	COSTO TOTAL Bs.
Oxigeno industrial	1 RECARGA	-	50	50
Carburo de calcio	3	15	-	45
Electrodo 6013	1	13	-	13
Varilla de bronce	3 VARILLAS	-	12	36
Varilla para soldadura de plata	2 VARILLAS	-	20	40
Bórax	1 UNIDAD	-	5	5
Fundente para soldadura de plata	1 FRASCO	-	60	60
Hojas de sierra	4	-	9	36
				<b>285</b>

#### 4.1.7 Costo total de inversión en materiales.-

**Tabla 8 Tabla de costo total de inversión en materiales.**

COSTO	COSTO Bs.
Costo de inversión materiales de construcción	141,30
Costos de elementos de sujeción	20,89
Costos de elementos del sistema hidráulico	1048,30
Costos del sistema electrónico	471
Costos de materiales varios	142
Costos de insumos	285
	<b>2108</b>

#### 4.1.8 Costo de inversión en mano de obra.-

De acuerdo al asesoramiento de un perito en economía, se ha recomendado que el costo de la mano de obra sea el 50% del costo total de inversión en materiales.

Por lo tanto:

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{1}{2} \text{ Costo total de inversion en materiales}$$

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{1}{2} 2108$$

$$\text{Costo mano de obra} = 1054$$

#### 4.1.9 Costo total de inversión.-

*Tabla 9 Costo total de inversión*

Costo	Costo Bs.
Costo total de inversión en materiales	2108
Costo de mano de obra	1054
<b>Costo Total de inversión</b>	<b>3162</b>

#### 4.2 Costo de operación.-

En caso que el equipo opere en un centro de mantenimiento automotriz es necesario realizar el análisis de costos para que la inversión por la adquisición del equipo sea recuperada.

##### 4.2.1. Mano de obra.-

El encargado de la operación del equipo debe recibir capacitación para poder realizar el servicio con este equipo, por lo tanto debe recibir un salario por operar el equipo aparte de su salario.

Dicho salario fue estipulado en

$$\text{Mano de obra} = 400 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right]$$

##### 4.2.2 Uso de energía eléctrica.-

El equipo funciona con energía eléctrica por lo que se tiene un costo de operación en energía eléctrica.

El equipo tiene una fuente de energía eléctrica de 600 [W] para tener el costo por uso de energía eléctrica se hizo la siguiente relación:

$$\text{Costo E.E} = 0.6[\text{KW}] \times 8 \left[ \frac{\text{hr}}{\text{dia}} \right] \times 30 \left[ \frac{\text{dia}}{\text{mes}} \right] \times 0.6 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{KWh}} \right]$$

$$\text{Costo E.E.} = 86.4 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right]$$

#### 4.2.3 Uso de combustible.-

El equipo usa gasolina como fluido de trabajo por lo que se tiene un costo por compra de este fluido.

$$\text{Costo Comb.} = 5 \left[ \frac{\text{l}}{\text{mes}} \right] \times 3.74 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{l}} \right]$$

$$\text{Costo Comb.} = 18.70 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right]$$

#### 4.2.4 Uso de fluido limpia inyectores.-

El equipo hace uso de líquido limpia inyectores por lo que se tiene un costo por la adquisición de dicho fluido.

Este fluido tiene un precio en el mercado de 85 Bs.

Dicho fluido debe ser cambiado mensualmente.

$$\text{Costo uso de fluido} = 85 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right]$$

#### 4.2.5 Depreciación.-

La depreciación del equipo fue estimada al 10% del precio inicial en 5 años, por lo tanto tiene una depreciación anual de 568,4 Bs.

La depreciación mensual del equipo es de:

$$\text{Depreciación} = 568,4 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{año}} \right] \times 1 \left[ \frac{\text{año}}{12 \text{ mes}} \right]$$

$$\text{Depreciación} = 47,4 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right]$$

#### 4.2.6 Costo de mantenimiento.-

El equipo debe ser sometido a mantenimiento por lo que tiene costos de elementos como el filtro de combustible, mangueras, que deben ser sustituidas anualmente para obtener el costo de mantenimiento mensual se realizó la siguiente relación:

*Costo de mantenimiento*

$$= \frac{(\text{Costo de filtro de combustible} + \text{costo de manqgueras})}{12}$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = \frac{(45 + 18,40)}{12}$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = 5,30 \left[ \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right]$$

Habiendo obtenido los costos de operación se construyó la siguiente tabla:

**Tabla 10** *Tabla de costo de operación*

Tipo de costo	Costo en Bs/mes.
Costo mano de obra	400
Costo de uso de energía eléctrica	86,40
Costo por uso de gasolina	18,70
Costo por uso de líquido limpia inyectores	85
Costo por depreciación	47,40

Costo de mantenimiento	5,30
Costo total	<b>642,80</b>
Costo operación anual	<b>7713,60</b>

#### 4.3 Ingresos.-

Los ingresos por uso de este equipo deben ser mayores al costo de operación, por lo que se realizó el siguiente análisis.

Para que no existan pérdidas se deben realizar al mes un mínimo de 10 servicios de diagnóstico y/o limpieza de inyectores, actualmente en el mercado este servicio tiene un valor aproximado de 120 Bs.

Para hacer que el precio sea competitivo se sugiere realizar el trabajo por 80 Bs, de esta manera se pueden tener ingresos de 800 Bs al mes y 9600 Bs al año.

#### 4.4 Flujo de caja.-

Teniendo los datos de costos de operación y los ingresos se realizó el flujo de caja anual por 5 años.

*Tabla 11 Flujo de caja anual por 5 años*

Año	0	1	2	3	4	5
Costo inicial	3162					
Costo final						316
Ingresos		9600	9600	9600	9600	9600
Egresos		7713,6	7713,6	7713,6	7713,6	7713,6
Flujo	<b>-3162</b>	<b>1886,4</b>	<b>1886,4</b>	<b>1886,4</b>	<b>1886,4</b>	<b>2202,4</b>

De la anterior tabla se calculó el parámetro VAN y el parámetro TIR

<b>VAN</b>	<b>TIR</b>
<b>\$b 3.318,61</b>	<b>53%</b>

Como se puede observar tanto el parámetro VAN y el parámetro TIR son mayores a cero y en el caso del parámetro TIR es alto por lo que se puede deducir gracias a este parámetro que es rentable adquirir el equipo.



## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones.-

1. Del análisis del sistema de funcionamiento del sistema de combustible se pudo extraer valores determinantes para el diseño del banco de pruebas. Tales como la presión de trabajo que debe tener la bomba de combustible, los periodos altos y bajos de los inyectores cuando el motor trabaja tanto a altas como bajas revoluciones.
2. Del análisis de los procedimientos de diagnóstico de inyectores ha sido posible la extracción de datos determinantes para el diseño del banco de pruebas.

Estos datos fueron:

- a. Prueba de caudal inyectado por los inyectores.

La prueba de caudal exigió que en el diseño del sistema hidráulico se cuente con recipientes graduados en ml para poder medir el volumen de combustible inyectado por cada inyector.

- b. Prueba de goteo.

La prueba de goteo exigió que en el diseño del sistema hidráulico se cuente con una válvula reguladora de presión, la cual permite regular la presión del sistema de combustible de banco de pruebas.

- c. Forma de la inyección.

La prueba de la forma de la inyección exigió que en el diseño de la parte de simulación de pulsos está pueda ser variable.

3. Gracias a los datos extraídos de los análisis a los sistemas tanto de combustible como del procedimiento de diagnóstico ha sido posible realizar los diseños de los tres

sistemas fundamentales del banco de pruebas. El desarrollo de los diseños de los tres sistemas han sido posibles gracias a los conocimientos adquiridos durante la formación académica de la carrera.

4. La construcción del banco de pruebas ha sido posible gracias a los conocimientos adquiridos tanto en la parte teórica como en la parte práctica.

Han sido utilizadas técnicas de construcción como ser:

a. Corte de materiales, utilizando herramientas para este fin como ser sierras mecánicas, hojas de sierra de 18 y 24 dientes por pulgada.

b. Soldadura de materiales, utilizando para este fin equipo de soldadura como ser: equipo de soldadura eléctrica y electrodos de denominación 6013 de 1/8 de pulgada de diámetro.

c. Soldadura de materiales, utilizando para este fin equipo de soldadura oxi-acetilénica, carburo de calcio, oxígeno varillas de bronce de 1/8 de pulgada, varillas para soldadura de plata, alambre de acero # 14, fundentes como el bórax y el fundente para soldadura de plata.

Han sido utilizadas herramientas eléctricas y manuales como:

d. Herramientas eléctricas como ser: taladro eléctrico, con accesorios como brocas, etc. Cautín eléctrico esmeril, amoladora eléctrica con accesorio como disco de desbaste.

e. Herramientas manuales como ser: Destornilladores de punta plana y Phillips, alicates de fuerza y de corte alicates de presión, pinzas de presión, martillo, punzón, escuadras, niveles, flexómetro, etc.

5. Una vez construido el banco de pruebas, éste ha sido sometido a varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento del mismo. Durante las pruebas han sido corregidas algunas fallas que se presentaron en los sistemas de combustible y de control, los cuales fueron subsanados y nuevamente sometidos a prueba. Luego se verificó el correcto funcionamiento del banco de pruebas.

6. Durante las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas ha sido detectado un riesgo potencial.
- a. Al trabajar con gasolina como combustible, y ésta es pulverizada por los inyectores se tomó la decisión de que la tobera de los inyectores no quede al aire libre.
  - b. Por esa razón las probetas calibradas se extienden hasta la base de apoyo de los inyectores.
  - c. En una parte visible y de acceso visual principal ha sido colocado un aviso de prohibido fumar cerca de este equipo.
  - d. El tanque de combustible ha sido fijado por una sola abrazadera de rápido acceso para poder desmontar el tanque de combustible.
  - e. Ha sido acoplada una llave de media vuelta al drenaje del tanque de combustible para evitar posible derrames al aire libre, así esta llave ayuda al drenaje hacia una recipiente, ya que la gasolina se evapora de manera casi inmediata.
7. El manual de operaciones ha sido desarrollado de la forma más clara posible con la ayuda de gráficos explicativos. Dicho manual ha sido incluido en la parte de anexos del presente documento.

## 5.2 Recomendaciones.-

1.- Dada la practicidad con la que ha sido diseñado, desarrollado y construido el banco de pruebas se recomienda la extensión del documento a todo aquel que necesite no solo una herramienta de diagnóstico sino de limpieza de inyectores y también a los talleres de mantenimiento automotriz que no pueden implementar estos equipos por su alto costo y también a los centros de formación de la rama electromecánica y automotriz, esta herramienta en estas áreas también puede ser utilizada de forma

didáctica ya que los alumnos pueden variar parámetros de funcionamiento y observar el proceso de inyección llevado a cabo por los inyectores, realizar mediciones, etc.

2.- El diseño de banco de pruebas también puede ser tomado como base para el desarrollo de un banco de pruebas de sistemas de inyección directa de gasolina conocida como “GDI” de sus siglas en Inglés “Gas direct injection”.

3.- El diseño del simulador de pulsos puede ser mejorado con la implementación de un sistema digital como ser un micro-controlador, en el que se pueda variar el tipo de pulsación de los inyectores, este tipo de sistemas requieren conocimientos más profundos de programación de micro-controladores.



## BIBLIOGRAFIA.-

**ARIAS-PAZ GUITIAN M**, “**Manual de Automóviles**”, Madrid, Dossat 2000.

**BOYLESTAD L R**, “**Electrónica: Teoría de circuitos.**”, México, Prentice-Hall 1999.

**GERSHLER, H** “**Tecnología del automóvil**”, Sociedad Alemana de cooperación técnica (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ) traducción hecha en Barcelona, Reverté S.A, 1985.

**NTE Electronics**, “**Semiconductors**”, USA, NTE Electronics 2003.

**JÜTZ-SCHARKUS**, “**Prontuario de metales**”, Barcelona, Reverté 1970.

## TEXTOS ELECTRÓNICOS.-

Enciclopedia Wikipedia [en línea]  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Dep%C3%B3sito\\_de\\_combustible](http://es.wikipedia.org/wiki/Dep%C3%B3sito_de_combustible)> [consulta: 02 Abril 2012]

Web de mecánica automotriz [en línea]  
<<http://www.tallervirtual.com/2008/02/20/filtro-de-gasolina/>> [consulta: 02 Abril 2012]

Enciclopedia Wikipedia [en línea]  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito\\_integrado\\_555](http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado_555)> [consulta: 02 Abril 2012]

Web de mecánica automotriz. [en línea]  
<<http://www.mecanicavirtual.com.ar/search/label/Inyecci%C3%B3n>> [consulta: 06 Abril 2012]

Enciclopedia Wikipedia [en línea]  
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Estroboscopio>> [consulta: 08 Abril 2012]

Web de documentos compartidos [en línea]  
<<http://es.scribd.com/doc/19023017/Sistemas-de-Inyeccion-de-Gasolina>> [consulta: 08 Abril 2012]

Web sobre micro-controladores

<<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=20444.0>> [consulta: 06 Mayo 2012]

Web sobre micro-controladores y robótica.

<[http://picmania.garcia-cuervo.net/electronica\\_basica\\_interf.php](http://picmania.garcia-cuervo.net/electronica_basica_interf.php)> [consulta: 10 Mayo 2012]



ANEXOS.

