



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN
INDIRECTA DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA
MEDIANTE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL
DIAGNÓSTICO Y LAVADO DE INYECTORES DEL SISTEMA DE
INYECCIÓN DIRECTA (GDI)”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

ERICK CHRISTOPHER CHADÁN TINTÍN
JHONATAN EFRAÍN COQUE GUANOPATIN

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN
INDIRECTA DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA
MEDIANTE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL
DIAGNÓSTICO Y LAVADO DE INYECTORES DEL SISTEMA DE
INYECCIÓN DIRECTA (GDI)”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: ERICK CHRISTOPHER CHADÁN TINTÍN.

JHONATAN EFRAÍN COQUE GUANOPATIN.

DIRECTOR: Ing. JAVIER JOSÉ GAVILANES CARRIÓN MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Erick Christopher Chadán Tintín & Jhonatan Efraín Coque Guanopatin.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, ERICK CHRISTOPHER CHADÁN TINTÍN y JHONATAN EFRAÍN COQUE GUANOPATIN, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de noviembre de 2021



Erick Christopher Chadán Tintín

C.I: 180491653-2



Jhonatan Efraín Coque Guanopatin

C.I: 025012685-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Trabajo técnico, **REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN INDIRECTA DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA MEDIANTE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DIAGNÓSTICO Y LAVADO DE INYECTORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA (GDI)**, realizado por los señores: **ERICK CHRISTOPHER CHADÁN TINTÍN Y JHONATAN EFRAÍN COQUE GUANOPATIN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-11-26
Ing. Javier José Gavilanes Carrión DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-11-26
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-11-26

DEDICATORIA

En este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres MARLENE Y MANUEL, porque me han demostrado su apoyo, tenacidad para alcanzar cualquier sueño, gracias a ustedes y todo el cariño y esfuerzo que hicieron por mí para la culminación de esta etapa como estudiante.

A mis hermanos, primos y tíos que estuvieron presente en cada momento de crecimiento como persona y futuro profesional.

ERICK

En primer lugar, dedico el presente trabajo de titulación a Dios, Ser divino que me ha llenado de sabiduría y fortaleza para culminar con todos mis sueños y aspiraciones anheladas.

A mis padres que son un pilar fundamental quienes son la motivación más grande para sobresalir en la vida, por su apoyo incondicional y su sacrificio durante todos estos años.

A mis hermanos, docentes y amigos que han confiado en mí, me han apoyado y abrieron las puertas de sus grandes conocimientos.

JHONATAN

AGRADECIMIENTO

En el transcurso de nuestras vidas hay momentos en los cuales uno se siente bendecido y gratificado y este es uno de ellos, agradezco primeramente a DIOS por cuidarme y guiarme en el transcurso de toda mi vida, a mis padres por haberme dado la vida y estuvieron en los primeros pasos que di como persona y como estudiante gracias al apoyo incondicional y los consejos que recibía para llegar a cumplir sueños que eh tenido.

Agradezco a todos los profesores a lo largo de mi carrera universitaria por haber compartido sus enseñanzas y saberes, a mi tutor de tesis Ing. Javier Gavilanes y a mi asesor el Ing. Johnny Pancha por haber estado presente en el transcurso de este trabajo de titulación.

ERICK

Agradezco inmensamente a Dios, mis padres por su apoyo y consejos fundamentales para realizarme como persona, quienes me han inculcado los valores y la fuerza para poder culminar con esta etapa de mi vida.

Le agradezco a mi familia, amigos y docente de la carrea de Ingeniería Automotriz por la confianza y enseñanzas en el ámbito académico, tanto como en lo personal que me ayudado cada día a crecer en mi vida fuera de casa.

JHONATAN

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE GRAFICOS.....	xv
INDICE DE ANEXOS	xvi
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planeación del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2. <i>Objetivo específico</i>	3

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Principio de funcionamiento	6
2.2. Sistemas de inyección de combustibles.....	6
2.3. Motores de combustión directa gasolina.....	7
2.4. <i>Modos de operación de inyección directa</i>	7
2.4.1. <i>Mezcla homogénea</i>	8
2.4.2. <i>Mezcla estratificada</i>	9
2.4.3. <i>Mezcla homogénea-pobre</i>	10
2.5. Sensores.....	12
2.5.1. <i>Sensores en el sistema GDI</i>	12
2.6. Actuadores	13
2.6.1. <i>Actuadores en el sistema GDI</i>	13
2.7. Estrategias de reducción de consumo y emisiones contaminantes.	13
2.8. Objetivos de la inyección directa de gasolina.	15

2.9.	Ventajas de la inyección directa	15
2.10.	Desventajas de la inyección directa	15
2.11.	Inconvenientes.....	16
2.12.	Esquema general de funcionamiento del sistema GDI.	18
2.13.	Los inyectores de gasolina	19
2.13.1.	<i>Constitución y funcionamiento.....</i>	20
2.13.2.	<i>Tipos de inyectores</i>	21
2.13.2.1.	<i>Válvulas de inyección (electromagnéticas)</i>	21
2.13.2.2.	<i>Válvulas de inyección mecánica.....</i>	21
2.13.2.3.	<i>Valvulas de inyección Mono punto.....</i>	22
2.13.2.4.	<i>Tubo distribuidor de combustible.....</i>	22
2.13.2.5.	<i>Inyectores de alta presión.....</i>	23
2.13.2.6.	<i>Inyector piezoeléctrico</i>	24
2.13.3.	<i>Características del funcionamiento del inyector GDI</i>	25
2.14.	Circuito de alimentación	25
2.14.1.	<i>Conjunto bomba de combustible</i>	25
2.14.2.	<i>Bomba de combustible</i>	26
2.14.3.	<i>Pre filtro.....</i>	27
2.14.4.	<i>Filtro de aire.....</i>	27
2.14.5.	<i>Bomba de alta presión de combustible.</i>	28
2.14.6.	<i>Bomba mono-embolo</i>	29
2.14.7.	<i>Bomba radial de alta presión.</i>	29
2.15.	Comparación de los inyectores PFI vs inyectores GDI.....	32
2.16.	Transistores	32
2.16.1.	<i>Transistor bipolar de unión</i>	33
2.16.2.	<i>Transistor de efecto de campo</i>	34
2.16.3.	<i>Transistor de efecto de campo de union o JFET por Junction Field Effect Transistor... ..</i>	34
2.16.4.	<i>Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor o MOSFET por Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>	34
2.17.	Arduino	35
2.18.	Optoacopladores.....	36
2.19.	Banco de limpieza de inyectores convencionales “LAUNCH”	36
2.20.	Mantenimiento de inyectores	36
2.21.	Banco de limpieza de inyectores GDI “WURTH”	39
2.22.	Pruebas de Producción de los Fabricantes de Inyectores.....	40

2.22.1. <i>Ajuste de recorte de combustible</i>	40
2.23. Caudales	41
2.23.1. <i>Patrones de rocío: Distribución del Combustible y atomización</i>	42

CAPITULO III

3. METOLOGIA	43
3.1. Diagrama de etapas del proyecto	43
3.2. Metodología de la investigación a realizar	44
3.2.1. <i>Método deductivo</i>	44
3.2.2. <i>Método inductivo</i>	45
3.2.3. <i>Método sintético</i>	45
3.2.4. <i>Método analítico</i>	45
3.2.5. <i>Método Matemático</i>	45
3.3. Planificación o cronograma de actividades	46
3.4. Recursos y materiales	48
3.4.1. <i>Materiales</i>	48
3.4.2. <i>Equipos y herramientas</i>	50
3.4.3. <i>Recursos humanos</i>	54
3.4.4. <i>Recursos económicos</i>	55
3.5. Desarrollo del proyecto	57
3.5.1. <i>Circuito electrónico para un inyector</i>	57
3.5.1.1. <i>Cálculo de consumo de corriente para un inyector</i>	57
3.5.1.2. <i>Cálculo de potencia para la activación de un inyector</i>	58
3.5.1.3. <i>Diseño del circuito electrónico para un inyector</i>	59
3.5.2. <i>Circuito electrónico para 4 inyectores</i>	59
3.5.2.1. <i>Cálculo de consumo de corriente para cuatro inyectores</i>	59
3.5.2.2. <i>Cálculo de potencia para la activación de 4 inyectores</i>	61
3.5.2.3. <i>Diseño del circuito electrónico para cuatro inyectores</i>	62
3.5.2.4. <i>Análisis de ganancia del Optoacoplador</i>	62
3.5.2.5. <i>Análisis de ganancia de los transistores</i>	63
3.5.3. <i>Diseño electrónico con generador de pulsos</i>	64
3.5.4. <i>Diseño de la placa con generador de pulsos en su interior</i>	65
3.5.5. <i>Circuito en 3D</i>	66
3.5.6. <i>Ensamble del circuito electrónico</i>	67
3.5.7. <i>Construcción de la carcasa del circuito electrónico</i>	68

3.5.7.1. <i>Diseño de la carcasa.</i>	70
---	----

CAPITULO IV

4. RESULTADOS	72
4.1. Obtención de resultados	72
4.2. Pruebas del prototipo con inyectores de tipo convencional	72
4.3. Pruebas del prototipo con inyectores de tipo GDI	73
4.4. Análisis de resultados	78
4.5. Especificaciones técnicas.	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Diferencia entre inyectores MPI vs GDI.....	32
Tabla 1-3: Descripción de los elementos y materiales para la construcción del prototipo.	48
Tabla 2-3: Descripción de equipos y herramientas utilizados en la realización del proyecto....	50
Tabla 3-3: Descripción de los valores para los diferentes materiales utilizados.....	55
Tabla 4-3: Descripción de los valores para los diferentes equipos y herramientas utilizados. ..	55
Tabla 5-3: Descripción de los valores de la mano de obra utilizada.....	56
Tabla 6-3: Descripción de los costos indirectos realizados en el proyecto.....	56
Tabla 7-3: Costos totales en la realización del proyecto.....	57
Tabla 8-3: Características para la selección del correcto material.	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Sistema de Inyección Directa de Gasolina.....	7
Figura 2-2: Modos de operación.....	8
Figura 3-2: Mezcla homogénea	8
Figura 4-2: Margen de formación de la mezcla.....	9
Figura 5-2: Mezcla estratificada.	9
Figura 6-2: Admisión Mezcla Homogénea-pobre	10
Figura 7-2: Mezcla homogénea pobre.	11
Figura 8-2: Formulación de mezcla	11
Figura 9-2: Combustión mezcla Homogénea-Pobre.....	12
Figura 10-2: Esquema general del funcionamiento de inyección directa.	19
Figura 11-2: Inyectores de Gasolina.....	20
Figura 12-2: Constitución del inyector	20
Figura 13-2: Inyectores electromagnéticos.....	21
Figura 14-2: Inyector mecánico.....	22
Figura 15-2: Inyector Mono punto.....	22
Figura 16-2: Tubo distribuidor de combustible.	23
Figura 17-2: Inyector GDI.....	24
Figura 18-2: Inyector GDI Piezoeléctrico.....	24
Figura 19-2: Conjunto bamba	26
Figura 20-2: Bomba de combustible.....	27
Figura 21-2: Prefiltro	27
Figura 22-2: Filtro de aire.....	28
Figura 23-2: Bomba de alta presión.....	28
Figura 24-2: Bomba mono- embolo.....	29
Figura 25-2: Bomba radial.....	30
Figura 26-2: Carrera impelente.....	31
Figura 27-2: Carrera aspirante	31

Figura 28-2: Primer Transistor	33
Figura 29-2: Transistor BJT.....	33
Figura 30-2: Estructura física del transistor JFET de canal N.....	34
Figura 31-2. Estructura del transistor MOSFET	35
Figura 32-2: Arduino	35
Figura 33-2: Optoacoplador.....	36
Figura 34-2: Fases de cavitación.	38
Figura 35-2: Ondas ultrasónicas.	38
Figura 36-2: Limpieza de inyectores por medio de ultrasonido.	39
Figura 37-2: Banco limpiador de inyectores.....	39
Figura 38-2: Pruebas de caudal inyectores GDI.	41
Figura 39-2: Pruebas patrones de rocío.	42
Figura 1-3: Maquina Blu Star	51
Figura 2-3: Escáner automotriz Sun.	52
Figura 3-3: Inyectores de tipo MPI.....	53
Figura 4-3: Inyector de tipo GDI.....	54
Figura 5-3: Circuito electrónico GDI para un inyector.....	59
Figura 6-3. Inyectores en paralelo.....	60
Figura 7-3: Esquema electrónico para inyectores GDI.....	62
Figura 8-3: Esquema Electrónico incluido en su interior un generador de pulsos	65
Figura 9-3: Placa electrónica	66
Figura 10-3: Simulación 3D	67
Figura 11-3: Circuito impreso en la baquelita	67
Figura 12-3: Circuito impreso en la baquelita.	68
Figura 13-3: Circuito final ensamblado.	68
Figura 14-3: Carcasa en Solidwork.	70
Figura 15-3: Carcasa en 3D para su impresión.....	71
Figura 1-4: Conexión del prototipo con un inyector convencional.	72

Figura 2-4: Señal del prototipo para activación del inyector.....	73
Figura 3-4: Inyector de tipo GDI conectado al multímetro.....	73
Figura 4-4: Resistencia del inyector de tipo GDI.....	74
Figura 5-4: Resistencia que hay en el multímetro.....	74
Figura 6-4: Conexión de los inyectores GDI en el prototipo.....	75
Figura 7-4: Datos ingresados en la interfaz del prototipo.....	76
Figura 8-4: Inyectores GDI colocados en la maquina convencional.....	76
Figura 9-4: Probetas colocadas para realizar pruebas.....	77
Figura 10-4: Señales del prototipo mostradas en el escáner.....	77
Figura 11-4: Valor de la resistencia después de las pruebas realizadas.....	78
Figura 12-4: Señal del inyector en WOT.....	79
Figura 13-4: Conexión del prototipo con el osciloscopio.....	80
Figura 14-4: Señal obtenida del prototipo en el osciloscopio.....	80
Figura 15-4: Tiempo de activación en el osciloscopio.....	81

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-2: Estrategia de reducción de consumo	14
Gráfico 2-2: Niveles de NOx.	17
Gráfico 3-2: Diferentes combustibles con su capacidad de azufre.	17
Gráfico 1-3: Diagrama etapas del proyecto.	43
Gráfico 2-3: Métodos generales de la investigación	44
Gráfico 3-3: Actividades para realizar	46
Gráfico 4-3: Diagrama de Gantt.....	47

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Manual de usuario
- ANEXO B:** DATASHEET del transistor 2N3906
- ANEXO C:** DATASHEET del transistor TIP122
- ANEXO D:** Código del Arduino

RESUMEN

El objetivo del presente estudio investigativo fue repotenciar un banco de pruebas de inyección indirecta del laboratorio de autotrónica mediante un sistema electrónico para el diagnóstico y lavado de inyectores del sistema de inyección directa (GDI). En esta investigación se analizó tiempos de apertura, tiempos de cierre, voltajes requeridos y señales de la maquina convencional como principio fundamental. Se utilizó elementos eléctricos como: transistores, microcontroladores, regulador de voltaje, optoacopladores para la fabricación del sistema electrónico, el mismo que está repotenciado para soportar un mayor consumo de corriente a diferencia de una máquina convencional, debido a la baja resistencia de la bobina interna que tienen los inyectores de tipo GDI y programado para generar pulsos de 0.1 a 3 milisegundos para el funcionamiento de los mismos con una señal de efecto hall, estos inyectores fueron montados en la maquina convencional y conectada al prototipo para que genere su activación. Los resultados obtenidos demuestran que el prototipo soporta consumos de corriente mayores a 30 amperios que representa 4 inyectores GDI conectados en paralelo, de igual manera en este tipo de inyectores se pueden realizar sus respectivas pruebas con tiempos de inyección cortos desde 0.1 hasta 3 milisegundos, los cuales genera el prototipo sin quemar sus bobinas internas. Se concluye que los inyectores de tipo GDI pueden trabajar con una señal de efecto Hall, una alimentación de 12 voltios y su tiempo de inyección no mayor a 4 milisegundos, para realizar las pruebas el prototipo se programó para no sobrepasar los 5 minutos y evitar sobrecalentamientos en el sistema. Se recomienda no exceder los 15 bares de presión al estar manipulando una máquina del laboratorio y no usar inyectores de tipo piezoeléctrico debido a que su estructura interna es delicada.

Palabras clave: <SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA (GDI)> <MICROCONTROLADOR> <TRANSISTOR> <INYECTORES GDI> <OPTOACOPLADOR>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

2255-DBRA-UPT-2021

2021-12-17

SUMMARY

This research aimed to repower a test bench of indirect injection from the autotronics laboratory through an electronic system for the diagnosis and direct injection system (GDI) injector flushing. In this research, opening times, closing times, required voltages, and conventional machine signals like fundamental principles. Electrical elements were used such as transistors, microcontrollers, voltage regulators, optocouplers for electronics manufacturing systems. The same one is repowered to support a higher current consumption unlikely a conventional machine. Due to the low resistance of the internal coil that has the GDI type injectors and programmed to generate pulses of 0.1 to 3 milliseconds for their operation with a hall effect signal. These injectors were mounted in the conventional machine and connected to the prototype to generate its activation. The obtained results show that the prototype supports current consumptions greater than 30 amps than represents 4 GDI injectors connected in parallel. In the same way, this type of injector can perform their respective tests with short injection times from 0.1 to 3 milliseconds, which the prototype generates without burning its internal coils. It is concluded that GDI type injectors can work with a Hall effect signal, a supply of 12 volts, and its injection time no longer than four milliseconds. To test the prototype. It was programmed not to exceed 5 minutes and to avoid overheating in the system. It is recommended not to exceed 15 bars of pressure when handling a laboratory machine and do not use piezoelectric type injectors because their internal structure is fragile.

Keywords: <DIRECT INJECTION SYSTEM (GDI)> <MICROCONTROLLER>
<TRANSISTOR> <GDI INJECTORS> <OPTOCOUPLER>



Firmado electrónicamente por:
PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA

INTRODUCCIÓN

En la inyección electrónica a gasolina el principal dispositivo que actúa como una válvula de paso y cierre de combustible es el inyector, puede haber mecánicos y electromagnéticos. En la actualidad ya no se usan los inyectores mecánicos, estos solo conforman una parte de la historia y la evolución de los inyectores. (Villavicencio Pino, 2012)

La repotenciación en los bancos de pruebas de inyección indirecta es muy importante en los talleres de servicio Automotriz debido a que los vehículos de inyección directa cada día son más en el mercado nacional e internacional.

El estudio del funcionamiento, señales y alimentación de los inyectores tipo GDI mediante fuentes bibliográficas confiables nos permitirá realizar un circuito electrónico para obtener voltajes a los que trabajan los mismos y sus señales para abrir y cerrar el inyector.

En una máquina convencional lavadora de inyectores se adaptará el prototipo realizado el cual nos permitirá lavar los inyectores de tipo GDI en la tina de ultrasonido y realizar su comprobación en las probetas de la misma máquina, no se cambiara la presión que ejerce para realizar las comprobaciones ya que al tener presiones demasiadas altas es un peligro para el usuario así que se trabajara con las presiones que ejerce la maquina convencional que son suficientes para realizar las pruebas en este tipo de inyectores GDI.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Hace más de 6 décadas, Bosch aplicó la tecnología de sistema GDI a los motores de los aviones. En 1952, un automóvil llamado Gutbrod también estaba equipado con un sistema similar, instalado en un motor de dos tiempos de 600 cc.

Debido a la gran contaminación que generan los vehículos de combustión interna y el gran consumo de combustible que algunos vehículos de gasolina generan, la marca Mitsubishi a diseñado, generado e implementado sistemas que nos ayude alcanzar una eficiencia alta reduciendo las emisiones de contaminantes de gas invernadero hacia la atmosfera. (Basshuysen, 2009)

La tecnología GDI en el mercado experimenta una expansión masiva y se calcula que pasara a nivel mundial de unos 5 millones de motores en 2010 a 37 millones en la actualidad. Esta previsión de que la cifra actual se multiplique por siete supondrá que en la actualidad prácticamente que la mitad de todos los motores de gasolina del mundo contaran con tecnología GDI. (Skala, 2014)

Varios fabricantes de automóviles han decidido fabricar motores GDI, este es un ejemplo obvio, el Mitsubishi (OUTLANDER) ha realizado algunas mejoras, como una reducción del 20% en el consumo de carburante, en su potencia se aprecia un incremento y se disminuye las emisiones de dióxido de carbono en un 10%, hemos visto que su cilindrada también se ve afectado porque ahora es más corta. (Lecuona, 2015)

1.2. Planeación del problema

En los últimos años, las diferentes marcas comerciales han decidido implementar esta tecnología en sus coches. Resulta que el número de coches va en aumento, por lo cual aumentara la demanda de mantenimientos para estos automóviles, por ende, es necesario la obtención de máquinas enfocadas a la inyección directa.

En los inyectores con esta tecnología es necesario desde 80 volts para su funcionamiento, en cambio los inyectores de inyección de tipo convencional solo se necesita pulsaciones de hasta 12 volts, en los inyectores GDI el valor de la resistencia son muy bajas por lo cual al momento de la activación se va a generar un aumento de calor por lo que se podría llegar a dañar la bobina, para evitar ese daño la computadora conecta y desconecta rápidamente de forma cíclica la señal positiva. (Villavicencio Pino, 2012)

Para la adquisición de máquinas especializadas en el diagnóstico y lavado de inyectores GDI se debe realizar una inversión significativa, ya que es una tecnología que tiene diferencias en comparación de los inyectores de inyección indirecta, lo cual va a generar una inversión en conseguir una maquina especializada en inyectores GDI por lo cual genera gastos y espacio en el taller.

1.3. Justificación

En la presenta investigación se realizara una repotenciación en un banco de pruebas de inyección indirecta mediante un sistema electrónico que genera los pulsos y tensión adecuada, con este cambio de señal de activación podremos realizar el diagnóstico y lavado de inyectores GDI, es un campo en el cual la inyección directa está creciendo muy rápidamente a nivel mundial, por lo cual cada taller debe estar equipado de todas las herramientas y maquinas necesarios para realizar un correcto mantenimiento, por tal razón, se aplica este proyecto para promover una competencia más justa entre talleres, que por motivos de inversión para un nuevo equipo los mismos tienen unas desventajas frente a otros.

Entre los diferentes cambios en los costos que existen en el mercado internacional por las materias primas, así como su elevada diferencia frente a los costos de los productos tecnológicos y de mayor valor agregado, la economía ecuatoriana se ha visto en la necesitada de diseñar, generar y construir sus propios productos tecnologías de calidad para el país, por lo que en nuestro caso la generación de un sistema electrónico para la mejora del banco de pruebas de inyección indirecta. (Mayorga Gutierrez & Núñez Freire, 2015)

En la actualidad más de un tercio de los vehículos ligeros que se encuentran en el mercado están equipados con la tecnología GDI, según las investigaciones se prevé que el mercado mundial de tecnología GDI crezca más del 10% cada año hasta el 2026, lo que generara una participación muy significativa en la parte de reparaciones de calidad de esta tecnología. (Redaccion Autopos, 2019)

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Repotenciar el banco de pruebas de inyección indirecta del laboratorio de Autotrónica mediante un sistema electrónico para el diagnóstico y lavado de inyectores del sistema de inyección directa (GDI).

1.4.2. Objetivo específico.

Investigar fuentes bibliográficas confiables para realizar la transformación de un banco de pruebas de inyección indirecta a uno de inyección directa ayudado por un módulo electrónico.

Diseñar un circuito eléctrico y electrónico para la generación de pulsos de inyección para el funcionamiento de los inyectores GDI.

Analizar en funcionamiento de un banco de pruebas de inyectores de inyección indirecta para el diagnóstico de inyectores GDI.

Elaborar un manual de operación adecuado para el correcto manejo del banco de pruebas de inyectores indirecta repotenciado.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

Introducción

Hace décadas anteriores en los motores antiguos la mezcla aire y combustible se proporcionaba por un dispositivo mecánico para la formación de combustión en el cilindro, pero este método no proporcionaba la información correspondiente de la mezcla ingresada al mismo.

En el transcurso del tiempo el carburador ha tenido un desarrollo muy grande para tener una eficiencia alta en el funcionamiento, pero con el transcurso de los años y que cada día se va descubriendo nuevas tecnologías y con la electrónica de por medio se ha podido reemplazar claramente al carburador, pero por otro lado las altas demandas de estos y los precios elevados para la adquisición y su nuevo mantenimiento se tenía nuevos inconvenientes con ello. Para ellos esos sistemas electrónicos solo se los podía localizar en vehículos de alta gama. (Ferrer, 2015)

Entre los sistemas que se ha encontrado tenemos por mandos mecánicos y electrónicos. En la inyección mecánica la gestión y regulación es por medio de las señales de entrada y salida por partes mecánicas, un claro ejemplo es: presión del combustible, aire de admisión. En comparación con los sistemas de inyección electrónica las señales básicas o principales son transformadas en señales eléctricas para que sea posible su utilización en un cálculo de señales de salida. En la actualidad, mediante un sistema electrónico los sistemas mecánicos pueden ser controlados y ejecutar acciones.

Para una mejor comprensión el sistema de inyección electrónica debemos saber que comienza en el tanque de combustible ya que hay se encuentra situado una bomba eléctrica que va a trasladar el combustible hacia un filtro y posteriormente a los conductos y galerías correspondientes para su debida inyección en el cilindro o en el múltiple de admisión, para se debe de tener un regulador de presión para que siempre este a la debida presión de combustible y pueda realizar un trabajo adecuado. (Ferrer, 2015)

Cuando el combustible se encuentra en el riel principal se logra un fácil camino de interacción con los inyectores ya que el combustible está a disposición de ellos para ser ingresados al cilindro. Para saber qué cantidad de combustible se necesita ingresar a la cámara de combustión se necesita de conocer la masa de aire que ingresa por la garganta de admisión hacia los cilindros, para ellos se necesita la instalación de un caudalímetro y también se requiere de una sonda que controle la temperatura del aire al ingreso para así poder informar la computadora y que calcule cuanto de combustible es necesario para la combustión. La función básica de la unidad de control es la de recibir señales proporcionadas por los sensores y transformarlas en señales de salida para que

ejecuten acciones los actuadores, mediante un cálculo y analice. Un ejemplo claro de toma de decisión por parte de la unidad de control es la de controlar el tiempo de inyección, la apertura de inyector, etc.

2.1. Principio de funcionamiento

Al momento que se va a dar arranque al coche, los pistones tienen a subir y bajar, los primeros movimientos del cigüeñal son enviados a la ECU los mismos que son captados por el sensor.

Cuando el pistón inicia su descenso genera un vacío en el colector de admisión, empieza a aspirar aire de la atmosfera y en el momento que pasa por los conductos también circulan por los sensores que informa de todo a la unidad de control, para luego enviar señales de activación a los inyectores para puedan trabajar abriéndose y cerrándose en un tiempo estima por la computadora para ellos realiza cálculos en tiempos muy cortos para logra una mezcla ideal y poder realizar un combustión perfecta. (BOSCH, 2010)

Cuando la mezcla es adecuada, su rendimiento es mejor y su economía también, por ende, las emisiones de gas contaminantes disminuyen.

2.2. Sistemas de inyección de combustibles

- K-Jetronic
- KE-Jetronic
- L-Jetronic
- LE-Jetronic
- LH-Jetronic
- Mono-Jetronic
- Motronic
- Mono Motronic
- Motronic ME con EGaS (acelerador Electrónico)
- Motronic MED – Inyección directa de Gasolina. (BOSCH, 2010)

2.3. Motores de combustión directa gasolina

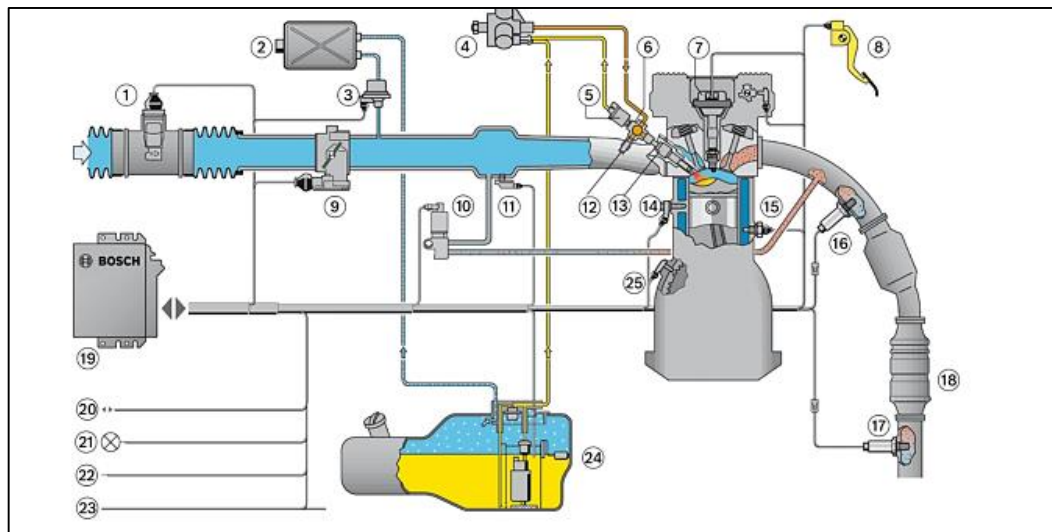


Figura 1-2: Sistema de Inyección Directa de Gasolina

Fuente: (BOSCH, 2010)

En el último siglo la tecnología de inyección directa se ha mejorado, para incrementar la producción de energía. Mitsubishi ha aplicado la tecnología de inyección directa a sus vehículos en Europa durante la última década.

En comparación con los motores diésel, el sistema ha gasolina tiene que superar grandes dificultades. A diferencia con los motores indirectos, los motores de inyección directa tienen un gran potencial en términos de ganancia de potencia, par, menor consumo de combustible y disminución de gases contaminantes. (Villavicencio Pino, 2012)

2.4. Modos de operación de inyección directa

- Mezcla homogénea.
- Mezcla estratificada.
- Mezcla homogénea pobre

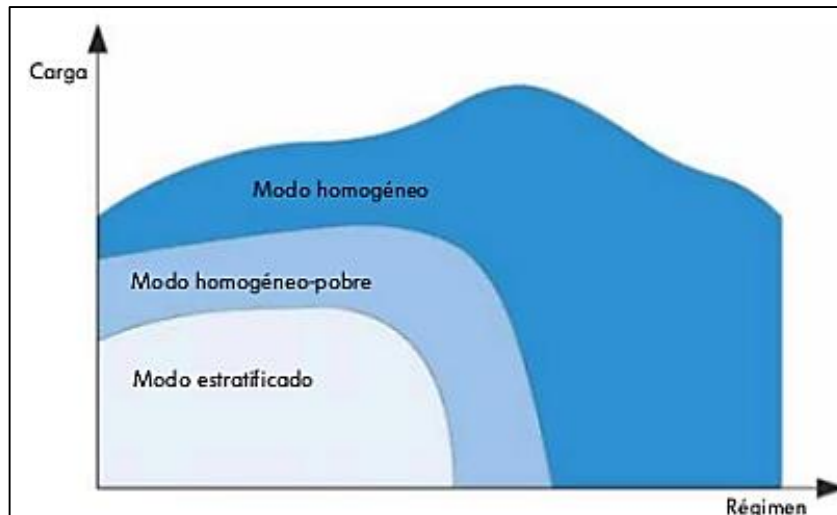


Figura 2-2: Modos de operación

Fuente: (Milla y Otros, 2019)

2.4.1. Mezcla homogénea.

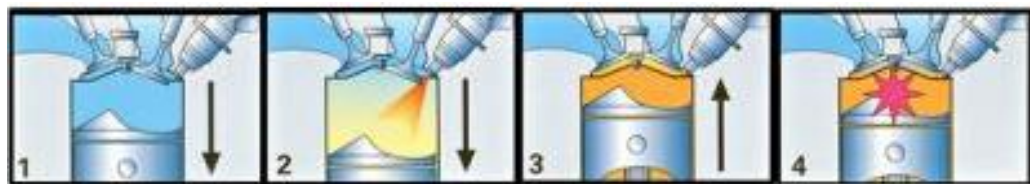


Figura 3-2: Mezcla homogénea.

Fuente: (SKYROCK, 2008)

Al tener un control inteligente, exacto de la inyección y así mismo tener una mezcla homogénea podemos magnificar su eficiencia en plena carga. Es necesario ajustar la mezcla para que se inyecte en el tiempo de admisión, y así, tener una inyección adecuada. También se impone este cambio en las leyes de la termodinámica, pero sin embargo a la disminución de la temperatura y un aumento del llenado del combustible. Por lo tanto, esto genera de forma directa beneficios como el aumento de potencia y torque, a diferencia de un sistema de inyección convencional.

Para una mezcla homogénea, se suministra combustible cuando el pistón desciende (admisión) para que podamos enfriar en el cilindro. En el inyector de combustible de alta presión, cambia el modo de funcionamiento de suministro de combustible a una forma cónica larga para distribuir el combustible por todo el cilindro. Cuando el cilindro se enfría, podemos evitar la detonación automática porque estamos trabajando bajo una fuerza de compresión extremadamente alta, es decir, podemos evitar el encendido automático del combustible, por lo que la temperatura aumentará rápidamente. (SKYROCK, 2008)

2.4.2. Mezcla estratificada

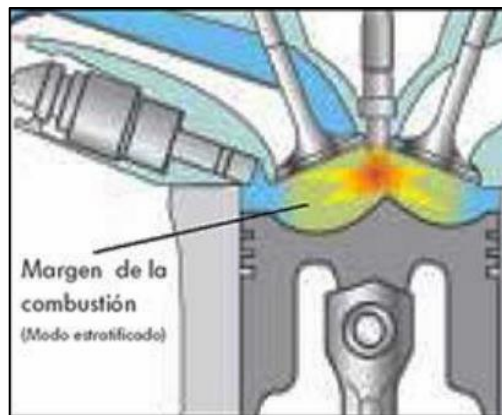


Figura 4-2: Margen de formación de la mezcla

Fuente: (Collaguazo Tacuri, 2013)

Para mezclas estratificadas en motores de inyección directa, se debe tener en cuenta que el motor está en movimiento o desplazamiento de cruce (circulando a velocidades de 80 a 120 km / h en carretera) y la carga es local (Milla y Otros, 2019). Para formar una mezcla estratificada, se completará en dos inyecciones. Esta es la primera vez que ingresará aire por la válvula de admisión, y se generará un remolino en la cámara de combustión, perpendicular a la dirección del aire que ingresa al cilindro. , para que podamos interactuar con una pequeña cantidad. Una vez que el pistón comprime la mezcla pobre que no puede encenderse en la bujía por flaqueza, se generará una segunda inyección. A través de esta inyección, toda la mezcla pobre podrá quemar, durante la segunda inyección, la temperatura en el cilindro es menor, por lo tanto, las emisiones de gases son reducidas.

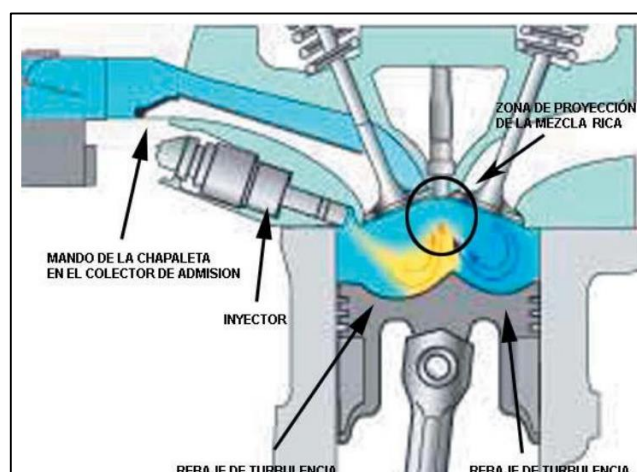


Figura 5-2: Mezcla estratificada.

Fuente: (Collaguazo Tacuri, 2013)

2.4.3. Mezcla homogénea-pobre

En la familia de curvas características, se encuentra entre el modo homogéneo y el modo estratificado. En la cámara de combustión, la calidad de la mezcla homogénea es realmente muy mala. La relación de aire y gasolina en ese momento era aproximadamente $\lambda = 1,55$. Por la misma premisa, la gestión se realiza en modo estratificado. (Collaguazo Tacuri, 2013)

Admisión

Al igual que en el modo estratificado, la válvula del colector de admisión está cerrada y la válvula del acelerador está completamente abierta. Por tanto, por un lado, se reduce la pérdida provocada por estrangulamiento, por otro lado, se obtiene un fuerte flujo de aire en el cilindro del motor. (Collaguazo Tacuri, 2013)

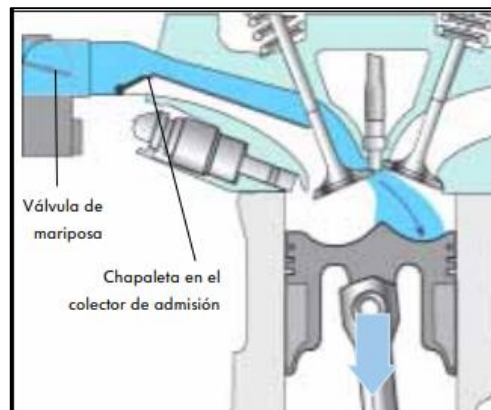


Figura 6-2: Admisión Mezcla Homogénea-pobre

Fuente: (Collaguazo Tacuri, 2013)

Inyección

Durante el ciclo de admisión, a partir del encendido, el combustible se inyectará directamente en el cilindro del motor a aproximadamente 300° APMS. La ECU del vehículo realiza los cálculos correspondientes para controlar la cantidad de combustible de modo que la relación aire/combustible sea aproximadamente $\lambda = 1,55$.

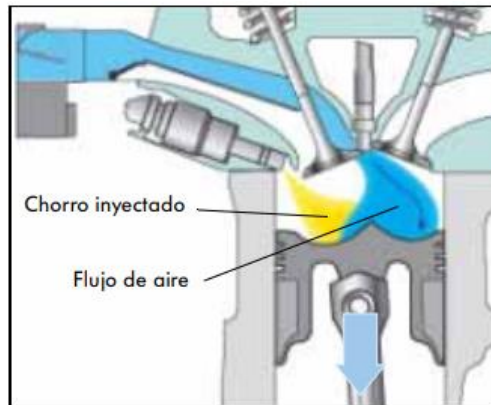


Figura 7-2: Mezcla homogénea pobre.

Fuente: (Collaguazo Tacuri, 2013)

Formación de la mezcla

Debido a que tiene una inyección de combustible muy temprana, se necesita más tiempo para preparar la mezcla en el momento del encendido, lo que da como resultado una distribución uniforme en la cámara de combustión.

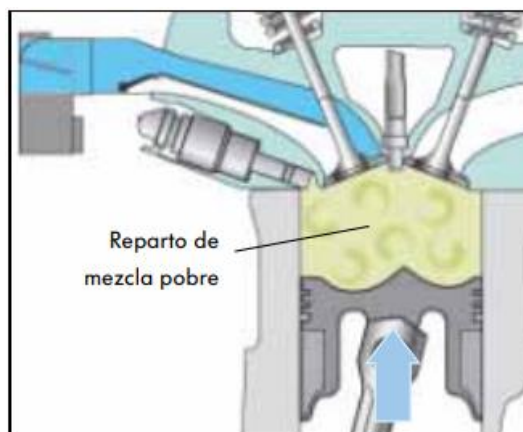


Figura 8-2: Formulación de mezcla

Fuente: (Collaguazo Tacuri, 2013).

Combustión

De manera similar, en el modo uniforme, dado que la mezcla se distribuye uniformemente, el momento de encendido se puede seleccionar libremente.

La combustión se genera en toda la cámara.

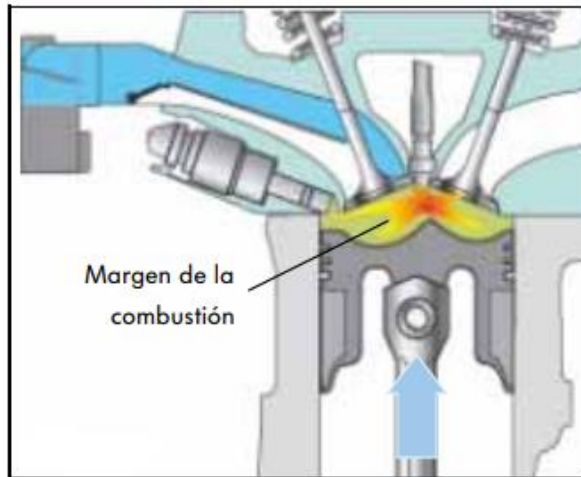


Figura 9-2: Combustión mezcla Homogénea-Pobre

Fuente: (Collaguazo Tacuri, 2013)

2.5. Sensores

Son componentes que quedan instalados en todos los ángulos del motor y se utilizan para enviar información a la centralita (señal de entrada). Ejemplos: Sensor de temperatura del refrigerante, etc.

2.5.1. Sensores en el sistema GDI

- Sensores de detonación.
- Sensores de baja presión.
- Sensores de alta presión.
- Sensores de revoluciones de cigüeñal (sensor CKP).
- Sensores de revoluciones del árbol de levas (sensor CMP).
- Sensores de temperatura.
- Módulo de pedal acelerador electrónico.
- Medidor de caudal de aire.
- Sonda Lambda (sensor de oxígeno).
- Medidor de caudal de aire (mecánico).
- Medidor de masa de aire.

- Interruptor de mariposa.
- Potenciómetro de mariposa. (BOSCH, 2010)

2.6. Actuadores

Son elementos que a través de la obtención de datos que emite la ECU, realizan el trabajo en el sistema de inyección, corrigiendo cantidades de carburando, punto de encendido, ralentí y entre otras cosas del sistema.

2.6.1. Actuadores en el sistema GDI

- Actuador de ralentí (marcha lenta).
- Válvula de ventilación del depósito de combustible.
- Cuerpo de Mariposa.
- Regulador de Calentamiento.
- Válvula reguladora de presión.
- Bomba de aire secundario.
- Válvula de inyección de alta presión.
- Válvula de descarga. (BOSCH, 2010)

2.7. Estrategias de reducción de consumo y emisiones contaminantes.

La refrigeración regulada electrónicamente, ayuda a minimizar en un 3% sobre el consumo (1).

El reglaje de repartición variable (2) y la recirculación de gases de huya (3) ya se emplean en varios motores, contribuyendo en una reducción del 5%.

La desactivación de cilindros (5) ayuda entre un 8 %, sin embargo, solamente tiene sentido en motores de cilindros diversas, para lograr conservar la regularidad cíclica de la marcha. En motores de 4 cilindros se requiere implantar árboles equilibradores para lograr una más grande suavidad de desempeño.

Al contar con una compresión variable (4) y con tiempos de repartición cambiantes (7) se necesitan elementos electro mecánicos de bastante buenas prestaciones, y un preciso control electrónico.



Gráfico 1-2: Estrategia de reducción de consumo

Fuente: (SOMESO, 2013).

Al final de los años los motores que se han desarrollado con funcionamiento de mezcla homogénea empobrecida (6), ayuda a reducir en un 10%, pero se han sustituido por los motores con inyección directa de gasolina. (SOMESO, 2013)

La versión mecánica y electrónica (8) puede reducir el control de apertura de la válvula hasta en un 12%. Otras tecnologías adicionales como parada del motor, reducción de peso, coeficiente de permeabilidad, aceite de última generación ayudan a su reducción. (SOMESO, 2013)

El sistema GDI (9), es hoy en día, la medida específica que ofrece el mayor potencial de reducción del consumo, de hasta un 20%.

El objetivo principal tiene como fin bajar las emisiones contaminantes y por lo tanto el consumo de combustible.

Las emisiones de gases contaminantes hacia la atmosfera se reducen hasta un 99% con la intervención de un catalizador trifásico.

En este punto técnico, se puede decir que estamos ante la posibilidad de un límite, es decir, la posibilidad de reducir aún más las emisiones y consumos en sistemas con formación de mezcla externa o inyección en el colector de admisión.

Este concepto se ha utilizado en motores diésel de inyección directa durante mucho tiempo, por lo que, en estos motores, el combustible llegará a tiempo y lugar para una combustión precisa.

Por este motivo, las marcas de automóviles se están desarrollando y en su totalidad están optando por tecnologías de inyección directa.

2.8. Objetivos de la inyección directa de gasolina.

El objetivo principal de estos motores es disminuir notablemente el consumo de carburante y la reducción en una gran parte de los principales gases contaminantes hacia la atmosfera como son los: óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono, mediante un catalizador trifásico.

El monóxido de carbono es el causante del efecto invernadero para disminuir este gas contaminante los motores deberían reducir el consumo del combustible, pensando en este problema los fabricantes de motores a implementado algunos sistemas similares a los motores diésel para lo cual la inyección se lleva a cabo en un momento y lugar exacto para así tener una mejor combustión. (Augeri, 2014)

2.9. Ventajas de la inyección directa

- Economía de combustible a través de:
 - Disminución en las perdidas por bombeo (estratificado, no estratificado)
 - Aumento de la relación de compresión (enfriamiento en la carga durante el efecto de inducción)
 - El octanaje más bajo (enfriamiento de carga con inyección)
 - Mayor eficiencia volumétrica (enfriamiento de la carga con inyección durante la inducción)
- Eliminación de la película de colector.
- Disminución del problema en arranque en frio.
- Tenemos un mejor control de la relación aire-combustible.

2.10. Desventajas de la inyección directa

- Complicación al momento de controlar la carga estratificada en un rango operativo requerido.
- Una mayor dificultad de la tecnología del manejo y control e inyección requerida para cambios de carga sin problemas.
- Tasa relativamente alta de formación de depósitos en el inyector o incrustaciones de ignición

- Emisiones de NOx relativamente altas.
- Aumento de las emisiones de partículas
- El catalizador de tres vías no se puede utilizar al máximo
- Un desgaste mayor debido a su a que trabaja con presiones altas para la combustión en el cilindro y una lubricación baja
- Los cilindros tienden a un mayor desgaste.
- Aumento de los requisitos de voltaje y potencia eléctrica de los inyectores y controladores
- Pérdida de presión en la bomba de alta. (Chincholkar, y otros, 2015)

2.11. Inconvenientes.

- El tratamiento de los gases de escape es muy importante para ver el buen funcionamiento del motor y en el sistema GDI es uno de las principales desventajas ya que existe diversos gases en la salida del escape. Los óxidos de nitrógeno producidos por el modo estratificado y la combustión del modo homogéneo pobre no pueden ser procesados directamente por el catalizador convencional de tres vías para convertirse completamente en nitrógeno. Solo después del desarrollo de un convertidor catalítico de almacenamiento de óxido de nitrógeno, estos modos de funcionamiento pueden cumplir con el estándar de emisiones de escape EURO 4. Los óxidos de nitrógeno ingresan a estos catalizadores a través de medidas específicas, y la mayoría de ellos se convierten en nitrógeno. (Sardiña., 2017)

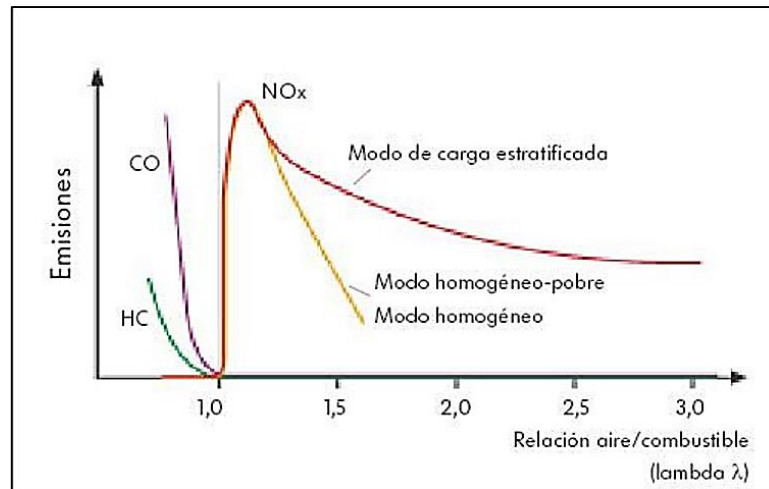


Gráfico 2-2: Niveles de NOx.

Fuente: (Sardiña., 2017)

El azufre en la gasolina es otro problema en este tipo de sistema. Debido a su similitud con el óxido nítrico.

El mismo también se acumula en el catalizador acumulador de y ocupa la posición de NOx. Mientras más elevado sea el contenido de azufre en la gasolina, más frecuentemente se debe regenerar el catalizador del acumulador, lo que resulta en un consumo adicional de combustible. La siguiente figura compara diferentes tipos de combustible en el mercado y muestra el efecto del contenido de azufre y cobre en la capacidad acumulativa de los catalizadores de acumulación de óxido de nitrógeno.

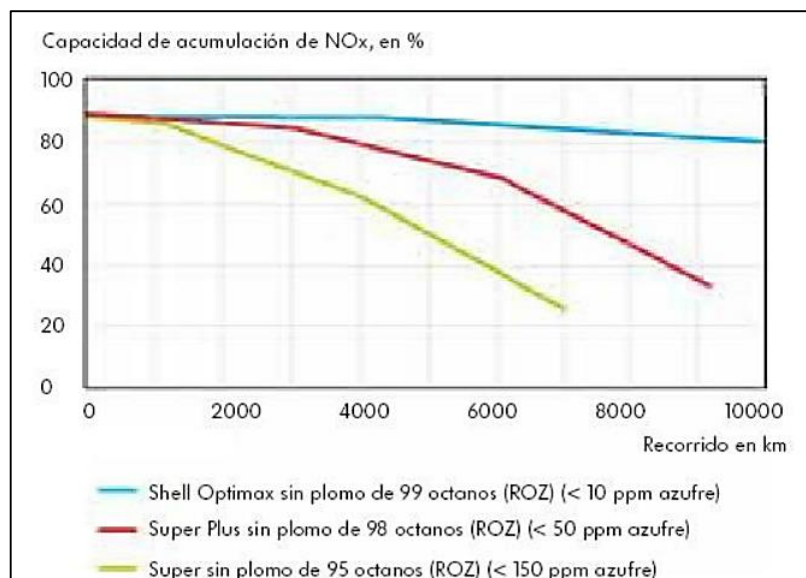


Gráfico 3-2: Diferentes combustibles con su capacidad de azufre.

Fuente: (Sardiña., 2017)

2.12. Esquema general de funcionamiento del sistema GDI.

Se observa los diferentes elementos que forman el sistema de inyección directa en la figura 10-2.

La admisión comienza con un sensor de volumen de aire que cumple la función del MAP. Existe una electroválvula colocada en bypass de dicho circuito que actúan de la siguiente forma: la electroválvula de derivación para equipos adicionales para compensar el aire adicional requerido debido a la activación de los componentes auxiliares del motor, y electroválvula de derivación para control de encendido/apagado.

Una válvula de control es la encargada de mantener la velocidad del motor en ralentí, esta desempeña una vía alterna de aire al cilindro para que este tenga suficiente aire para poder formar una mezcla ideal. Finalmente, cuando los óxidos de nitrógeno aparecen por la temperatura y la presión que se ejerce en el cilindro actúa la válvula EGR que permite la recirculación de los gases para que se limite de fabricación de NOx. Nos permite aumentar el rendimiento volumétrico la posición vertical de los colectores de admisión, gracias a la longitud de suministro y su cuidado pulimentado.

Para la alimentación del combustible al motor se comienza desde la parte del tanque ya que en su interior se encuentra colocada una bomba de baja presión, que permite circular el combustible por un filtro, después hacia un regular de presión y posteriormente hacia una segunda bomba de alta presión que mantendrá el combustible a una presión alta y constante. Un conjunto regulador de alta presión es el encargado de mantener la presión adecuada, para tener el combustible listo para ser ingresado a la cámara a través del inyector. Al final de su combustión y a la salida de los gases se encuentra un transformador catalítico para eliminar las partículas tóxicas que no fueron quemadas en el interior del cilindro

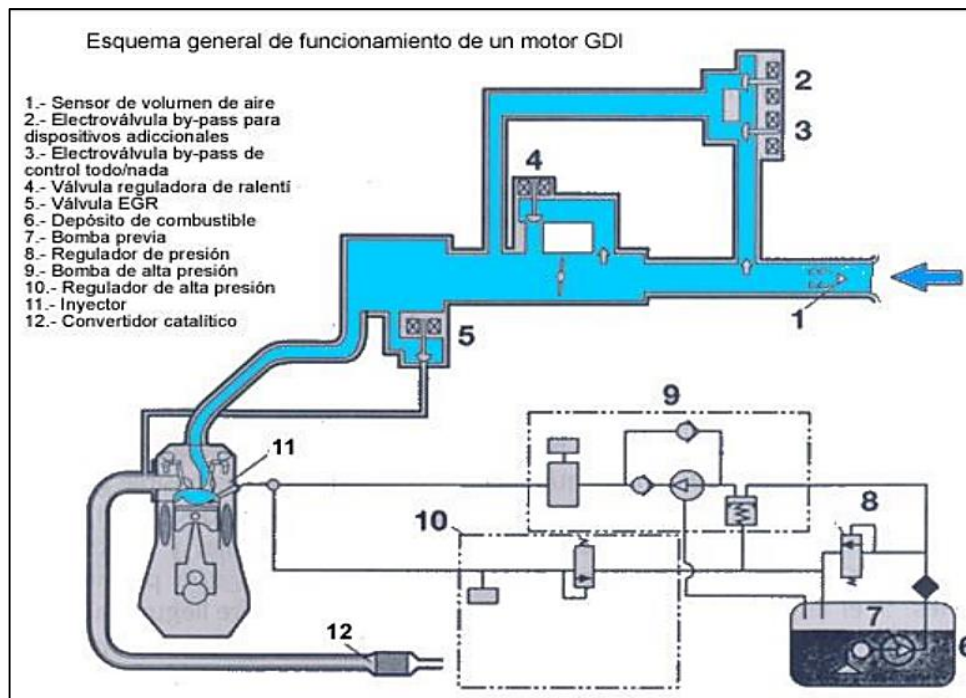


Figura 10-2: Esquema general del funcionamiento de inyección directa.

Fuente: (Sardiña., 2017).

2.13. Los inyectores de gasolina

Son válvulas electromagnéticas que poseen un pequeño agujero con una fina malla o micro filtro por el cual se pulveriza y pasa el combustible para abastecer la mezcla. Solo se mantiene abiertos entre 2 y 15 milisegundos alrededor, tratando en qué condiciones de trabajo está el motor.

El inyector está controlado por la unidad de control, que abrirá el inyector de combustible al enviar un pulso electrónico, lo que hará que el combustible pase por el pequeño orificio de medición debido a la presión del sistema de suministro de combustible.

Para su funcionamiento es necesario de 12 voltios de alimentación y su consumo de corriente depende de la resistencia interna de sus bobinas, si la resistencia es muy alta menor será el consumo de su corriente y viceversa. Los inyectores deben trabajar de una forma correcta ya que esto es muy importante para todo el sistema de inyección.



Figura 11-2: Inyectores de Gasolina

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.13.1. Constitución y funcionamiento.

En primer lugar, consta de una entrada de combustible, seguido de un micro filtro el cual pulveriza el combustible entrante y seguido de una bobina, muelle y otros elementos más importantes para su correcto funcionamiento el cual se especifica en la figura. Todos los inyectores de gasolina electromagnéticos pertenecen a esta estructura interna, independientemente de su tipo.

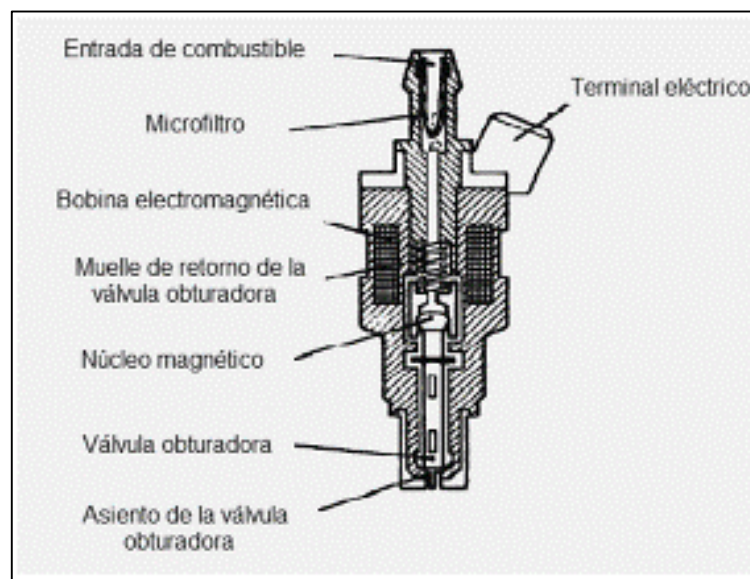


Figura 12-2: Constitución del inyector

Fuente: (Villavicencio Pino, 2012).

2.13.2. Tipos de inyectores

2.13.2.1. Válvulas de inyección (electromagnéticas)

Estas válvulas están designadas a cada cilindro del motor, las mismas están reguladas por un sistema eléctrico e inyectan gasolina antes de la admisión. En este momento, se levanta del asiento la punta de la boquilla del asiento de la válvula aproximadamente un 0,1 mm y se despacha el combustible mediante un orificio de precisión. Para realizar el montaje de la válvula de inyección es necesario de soportes especiales de piezas moldeadas. Con esto se evita tener burbujas de vapor mediante una capa aislante, teniendo así un mejor rendimiento de arranque con el motor a altas temperaturas. Para que no exista ninguna entrada y fuga de aire excesiva, la junta siempre debe reemplazarse antes de volver a montar las piezas. (BOSCH, 2010)



Figura 13-2: Inyectores electromagnéticos

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.13.2.2. Válvulas de inyección mecánica

La válvula K-Jetronic se abre a una presión de combustible definida con precisión (normalmente entre 3,5 y 4,1 bar). En este momento, la aguja que se encuentra en la válvula oscila a una alta frecuencia y es posible inyectar el combustible de forma adecuada, aunque con el menor caudal de inyección. Una válvula es destinada para cada cilindro, la misma que inyecta combustible directamente en la válvula de admisión.

En el comportamiento de los gases de escape depende directamente de cosas como la presión de apertura, el sellado, la pulverización, el consumo de combustible y el procedimiento del arranque. Para evitar la entrada de aire y fugas inadecuadas, las juntas tóricas siempre deben reemplazarse antes del montaje.

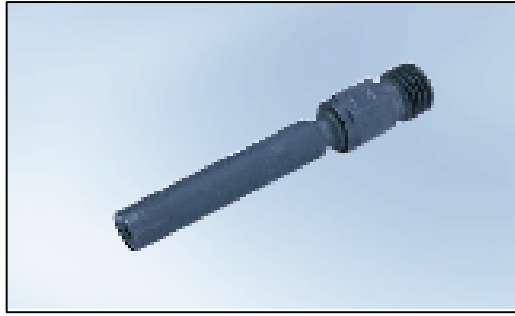


Figura 14-2: Inyector mecánico

Fuente: (BOSCH, 2010).

2.13.2.3. Valvulas de inyección Mono punto

La diferencia más clara que tiene con el sistema multipunto del Mono Jetronic y Mono Motronic es que se usa para su inyección una sola válvula para alimentar de combustibles a todos los cilindros del motor.

El inyector está instalado en la tapa del cuerpo del acelerador que inyecta combustible en el acelerador. Gracias a este correcto funcionamiento permite la reducción de los niveles de emisiones, sino que también alcanza un rendimiento mayor del motor con beneficio económico en ahorro de combustible.



Figura 15-2: Inyector Mono punto

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.13.2.4. Tubo distribuidor de combustible

El sistema de provisión del combustible está conformado por: el inyector, la bomba, el filtro y distribuidor de combustible, el regulador de presión, el cual es el encargado de hacer llegar al motor el caudal y presión necesaria de combustible para trabajar en cualquier condición. Se alimenta a todos los inyectores con una presión igual gracias al distribuidor de combustible.

Cuando hay cantidad de sobre combustible en el distribuidor el regulador de presión hace circular el sobrante hacia el tanque para libera presión. El regulador toma como referencia la presión de la línea de succión. Con esa presión típica y el paso por el distribuidor de combustible permite que no exista aire o burbujas de combustible y no puedan llegar hacia los inyectores.



Figura 16-2: Tubo distribuidor de combustible.

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.13.2.5. Inyectores de alta presión

Es el principal dispositivo para la inyección directa de gasolina, es alimento de combustible mediante una conexión hidráulica y se puede controlar por medio de corriente eléctrica.

Este dispositivo mide con mucha eficiencia la cantidad y el tiempo que se debe inyectar el combustible directamente en la cámara de combustión. Para calcular el volumen de combustible que será inyectado se necesita conocer la presión, el caudal y el tiempo que el inyector se encuentre abierto. En la geometría de los inyectores es necesario una adaptación perfecta para cada tipo de motor.



Figura 17-2: Inyector GDI

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.13.2.6. *Inyector piezoeléctrico*

Este tipo de inyectores son de alta velocidad con una carrera de aguja variable. Constan de una excelente estabilidad de pulverización y una gran resistencia al desgaste debido a que las boquillas que se abren hacia el exterior.

Tiene una línea característica de flujo de alta linealidad lo cual permite que su rango de medición sea muy amplio. Se puede utilizar para diferentes conceptos de combustión e inyección. Por medio de inyecciones rápidas, precisas y múltiples, se dan nuevas posibilidades para el proceso de inyección.

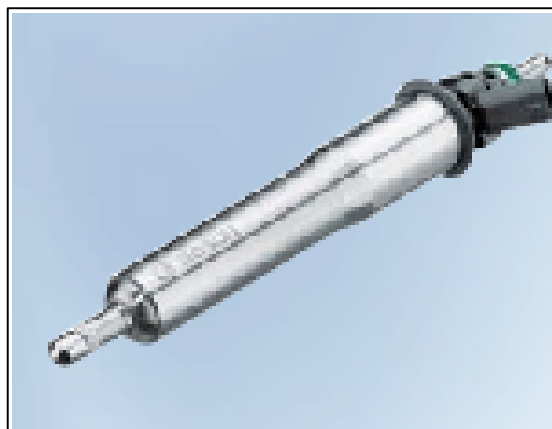


Figura 18-2: Inyector GDI Piezoeléctrico

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.13.3. Características del funcionamiento del inyector GDI

En los inyectores de alta presión la conexión entre el rail común y la cámara de combustión. Su función es dosificar y evaporar el combustible para que este y el aire se mezclen en un área específica de la cámara de combustión para lograr una quema perfecta.

La presión de trabajo de dichos inyectores puede superar los 100 bares, la resistencia de la bobina está bajo los 2 ohmios; por lo cual la existencia de la bobina es más baja y es activado por sistema Peak and hold.

El sistema Peak and hold regula la corriente de activación ya que al ser una resistencia interna bastante baja tiene un consumo elevado de corriente y esto podría calentar el bobinado de este solo cual generaría la quema del inyector o mal del sistema.

La activación del inyector GDI se da colocando una tensión alta de 80 Voltios (condensador situado en la ECU), este pico de tensión da una abrupta abertura del inyector, cuando el voltaje se agota por la descarga del capacitor el inyector se queda con 12 voltios y el costo de corriente se estabiliza en torno de los 5 A, ahí la bobina tiende a calentarse excesivamente por lo cual la ECU tiende a mandar unos pulsos para bajar la corriente a unos 2.5 A debido a que no se necesita tanta corriente para tener abierto el inyector, por lo cual la señal del inyector va a tener unos pulsos que terminara manejando una corriente menor y la bobina no se calentara. Este incremento y decrecimiento de la corriente garantiza una abertura y cierre más instantáneo. (Mayorga Gutierrez, y otros, 2015)

2.14. Circuito de alimentación

2.14.1. Conjunto bomba de combustible

Se encuentra ubicado en el interior del tanque de combustibles la bomba es un dispositivo de plástico. Esta encarga de succionar el mismo combustible que se encuentra dentro del tanque con la suficiente presión para enviarlo al inyector, el carburante pasara por un filtro.



Figura 19-2: Conjunto bamba

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.14.2. Bomba de combustible

Existe un pequeño motor eléctrico al interior del conjunto de la bomba, que es la encargada de succionar el combustible. Existen muchas diferencias entre varios tipos de bombas:

- Presión
- Caudal
- Corriente consumida por la bomba
- Forma
- Instalación en el vehículo (interna o externa)

Bosch y el fabricante del motor o del vehículo son los encargados de dar las especificaciones de cada bomba. La misma que es un componente de alta precisión.



Figura 20-2: Bomba de combustible

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.14.3. Pre filtro

Una bomba que trabaje sin un pre filtro absorberá las impurezas contenidas en el combustible y esto puede ser muy nocivo para el sistema.



Figura 21-2: Prefiltro

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.14.4. Filtro de aire

Mientras el filtro se encuentre con una gran cantidad de impurezas, mayor es el esfuerzo que se debe hacer para pasar el aire, lo que genera mayor consumo de gasolina, reduce la potencia del motor y daña otros componentes, como el dispositivo medidor de cantidad del aire.

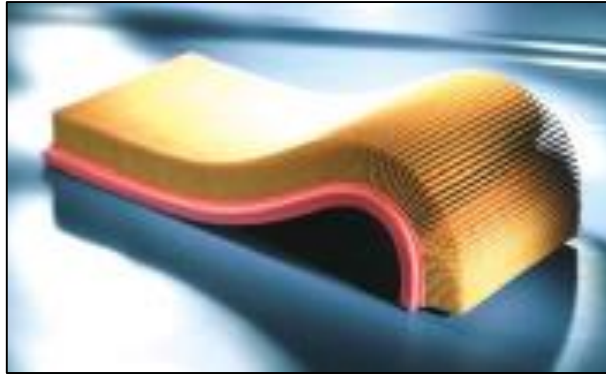


Figura 22-2: Filtro de aire

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.14.5. Bomba de alta presión de combustible.

Es el encargado de proporcionar combustible a alta presión en el sistema de alimentación. Puede proporcionar una presión de trabajo de 30 a 250 bares o de 100 a 2900 PSI, debido a que la bomba es impulsada mecánicamente por una leva de árbol de levas.

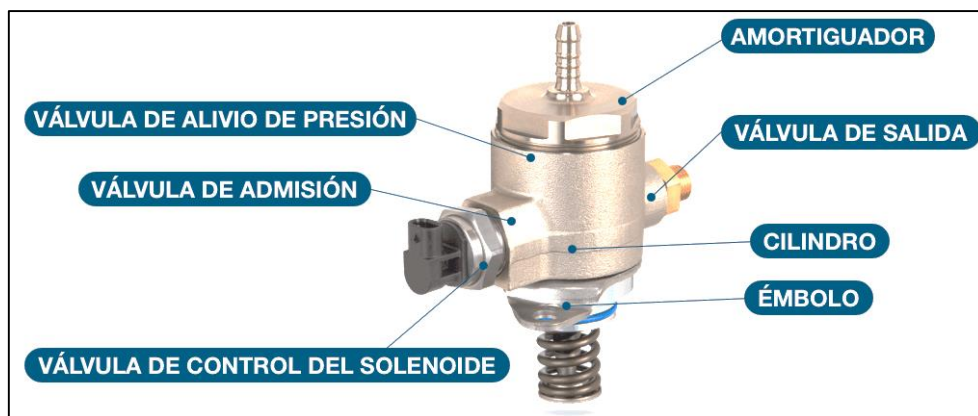


Figura 23-2: Bomba de alta presión

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.14.6. Bomba mono-embolo



Figura 24-2: Bomba mono- embolo

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.14.7. Bomba radial de alta presión.

La bomba es activada por el árbol de levas y constituye de tres pistones distribuidos cada 120°. La bomba debe cargarse con una presión de entrada de aproximadamente 4 Bar, necesario para el llenado completo. Enfríe la bomba con la misma cantidad de combustible que la bomba.

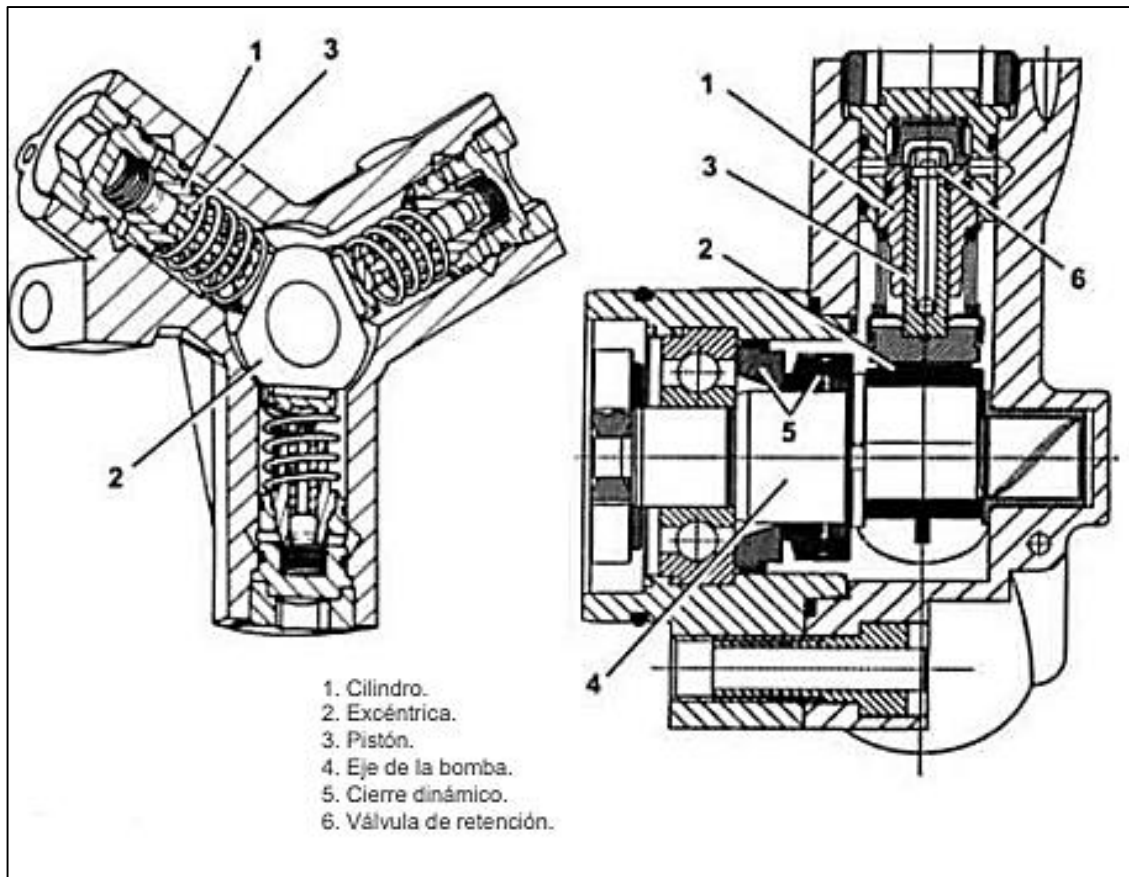


Figura 25-2: Bomba radial

Fuente: (BOSCH, 2010)

Funcionamiento de la bomba de alta presión radial

La etapa de trabajo es similar al sistema de un solo pistón, la diferencia es que el trabajo se distribuye a los tres pistones, por lo que debido a que el cambio de presión es pequeño, el volumen simple es pequeño y constante, es decir, más suave. Cada pistón es hueco, por lo que el combustible puede circular a través de ellos.

Carrera impelente

El volumen en el cilindro aumentará y la presión caerá cuando el embolo de la bomba se mueva hacia abajo. En el momento que el embolo empieza a subir la presión aumenta en el cilindro y la válvula de admisión se cierra, el combustible es enviado hacia el tubo distribuidor en el momento que la válvula de escape se abre, esto se debe a que la presión en el cilindro de la bomba es superior que en el tubo distribuidor.

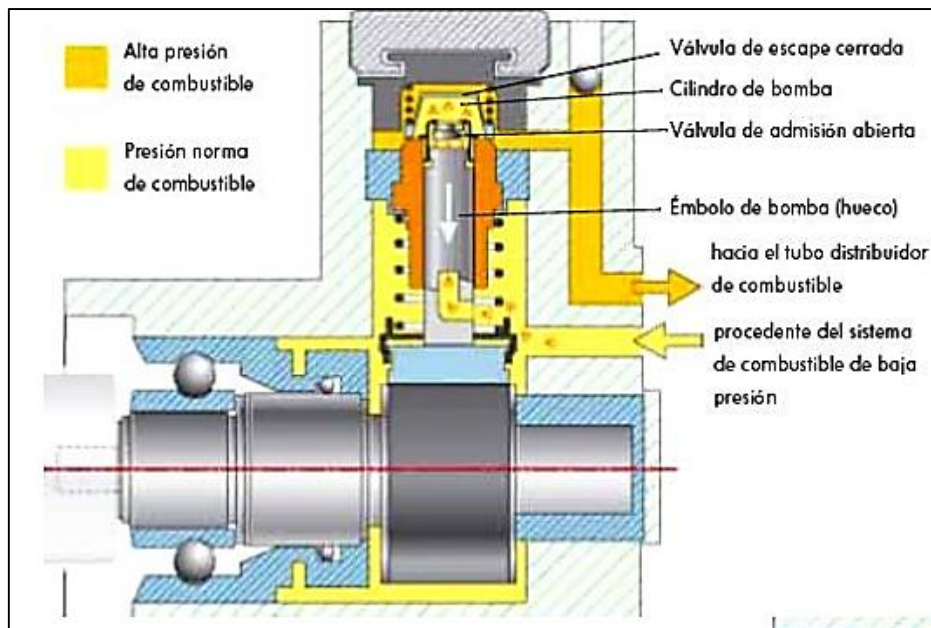


Figura 26-2: Carrera impelente

Fuente: (BOSCH, 2010)

Carrera aspirante

El volumen en el cilindro aumentará y la presión disminuirá en el momento que el émbolo se desplaza descendientemente en la bomba. Se permite que el combustible regrese cuando la válvula de admisión se abre y a su vez que la presión en el pistón hueco sea más alta que en el cilindro de la bomba,

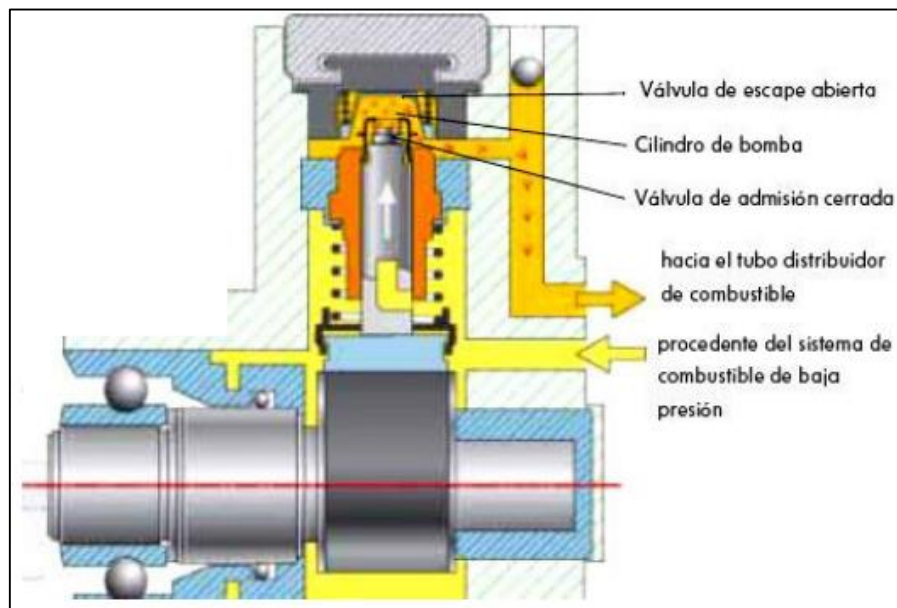


Figura 27-2: Carrera aspirante

Fuente: (BOSCH, 2010)

2.15. Comparación de los inyectores PFI vs inyectores GDI

Entre los inyectores GDI y MPI existen diferencias en su estructura y características.

Tabla 1-2: Diferencia entre inyectores MPI vs GDI

INYECTORES PFI	INYECTORES GDI
La resistencia en el bobinado en los inyectores es de 12 a 17 ohm.	Tiene una resistencia de bobinado menores de 2 ohm.
La presión a lo que trabajo los inyectores es de 5 barres.	La presión máxima que trabajan los inyectores es de 200 barres.
El modo de activación es con masa constante de la ECU	El sistema de activación es Peak and Hold
La ubicación que va colocados es en el múltiple de admisión	Van colocados directamente en la cámara de combustión.
No tiene estrategia de control de emisiones de gases nocivos.	Tiene varios de tiempos de modo de funcionamiento (estratificado, homogéneo y homogéneo-pobre)

Fuente: (Mayorga Gutierrez, y otros, 2015)

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

2.16. Transistores

El transistor, al ser un elemento de 3 terminales, puede laborar en diferentes configuraciones en funcionalidad del papel que cada terminal desempeñe relacionadas con lo demás del circuito. Dispositivo semiconductor de 3 capas que consta de 2 capas de material tipo n y una de materia tipo p o de 2 capas de material tipo p y una de material tipo n. El primero se denomina transistor npn y el según transistor pnp. Grosos de las capas externas son mucho más grandes que las de material del centro. El dopado de la capa central es mucho menor que el de las capas externas) disminuye la conductividad). Los terminales se identifican con E para emisor, C para colector y B para base. (OFEETs, 2009)



Figura 28-2: Primer Transistor

Fuente: (Mas-Torrent, 2009)

2.16.1. Transistor bipolar de unión

Se aplica la abreviatura BJT (bipolar junction transistor) a este dispositivo de 3 terminales. El término bipolar es ya que los huecos y electrones participan en el proceso de inyección hacia el material contrario polarizado.

Los transistores bipolares se construyeron con una fina capa de material semiconductor de tipo P entre 2 capas de material tipo N. a esta composición se le nombra N-P-N. si bien hay diferencias geométrías probables para la utilización de transistores bipolares, el análisis de dichos puede hacerse por medio de una composición simplificada. A todas las zonas semiconductoras usadas se les conecta un conductor para que sea viable su conexión a otros elementos de circuito como elementos activos, resistores, capacitores, inductores, etc.

Se llama a todos los conductores (terminales) y a las zonas semiconductoras a las que permanecen conectados como colector, base y emisor.

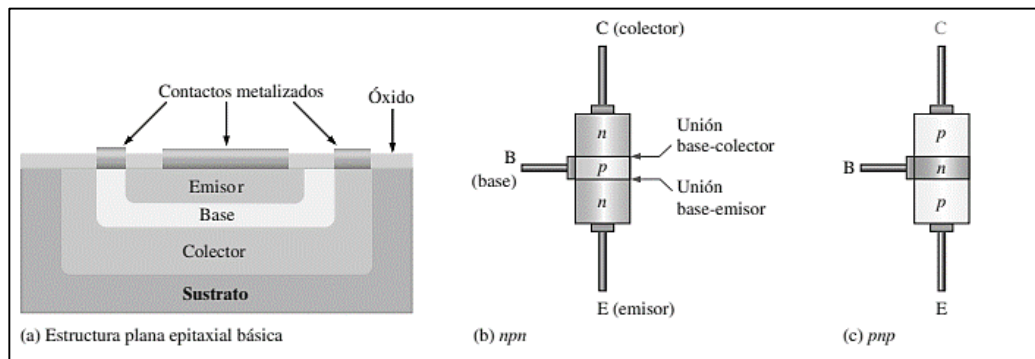


Figura 29-2: Transistor BJT

Fuente: (Floyd, 2008)

2.16.2. *Transistor de efecto de campo*

Transistor de efecto de campo o FET por sus siglas en inglés Field Effect Transistor. Prácticamente, su cometido es el mismo que el BJT, mantener el control de la corriente que hay entre 2 terminales usando un tercero para eso. La diferencia estriba en cómo se consigue este impacto de una manera tecnológica. En específico, se consigue por medio de la acción de un campo eléctrico, de allí su nombre. Así, hablamos de un factor de 3 terminales tal y como era el transistor bipolar.

Ya que el cometido del dispositivo es el mismo que el del BJT, se va a poder utilizar con las mismas metas que éste en un circuito electrónico: como interruptor o amplificador

2.16.3. **Transistor de efecto de campo de union o JFET por Junction Field Effect Transistor**

Composición física del transistor JFET de canal N. En ella, tenemos la posibilidad de ver los terminales de los que dispone: puerta (G), fuente (S) y drenador (D), así como los dopajes de cada parte del dispositivo. La parte central es de tipo N, en lo que los laterales son de tipo P.

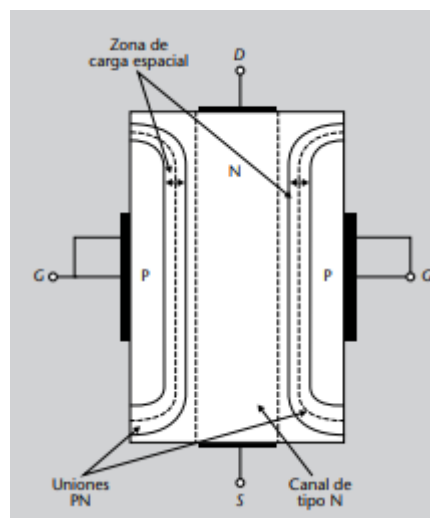


Figura 30-2: Estructura física del transistor JFET de canal N

Fuente: (Hernández, 2016)

2.16.4. *Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor o MOSFET por Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*

El modo de manejo electrónico de los transistores JFET y MOSFET es muy similar. En los dos casos, hablamos de regular el canal que se forma entre 2 terminales y por donde circula corriente por medio de la aplicación de tensión en un tercer terminal que obtiene el nombre de puerta. Este canal, en caso de existir, posibilita que haya una corriente I_D de portadores que acceden por la fuente y salen por el drenador. Tal como la situación del JFET, hablamos de electrones para un

semiconductor de tipo N y huecos para uno de tipo P. Por consiguiente, se trata además de un dispositivo unipolar.

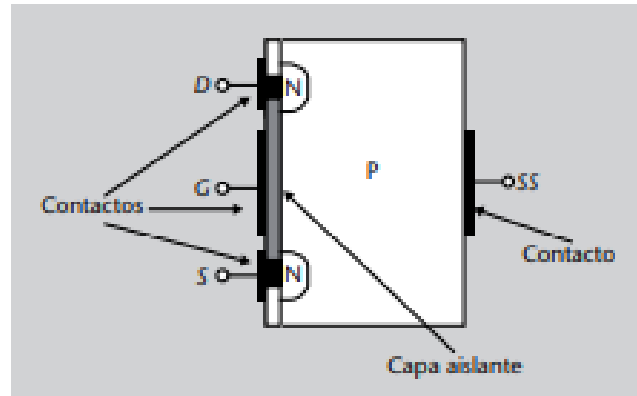


Figura 31-2. Estructura del transistor MOSFET

Fuente: (Hernández, 2016)

2.17. Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónicos de hardware independiente o código abierto, comprendida por una placa y un microcontrolador, con la probabilidad de desarrollo, construida para hacer más simple la utilización de la electrónica en proyectos de diferentes aplicaciones. El hardware está equipado con un microcontrolador Atmel AVR y con diversos puertos de entrada/salida. El programa se lleva a cabo con el lenguaje de programación Arduino Programming language (Wiring) y el Arduino Development Environment (Processing).

El programa de Arduino es compatible con plataformas como Windows, Macintosh y Linux. (Analuca, y otros, 2013)

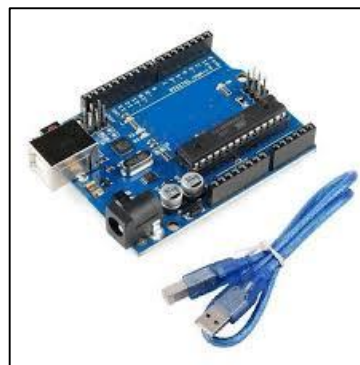


Figura 32-2: Arduino

Fuente: (Floyd, 2008)

2.18. Optoacopladores

También conocido con el nombre de optoaislador, es un circuito electrónico funciona como un interruptor aislado ópticamente. Esto permite una conexión eléctricamente aislada entre 2 circuitos que operan a varios voltajes.

Una de sus ventajas es su aislación eléctrica entre la carga y la electrónica de control. La única conexión entre ambos recursos es la luz led que activa a su fototransistor. (Floyd, 2008)

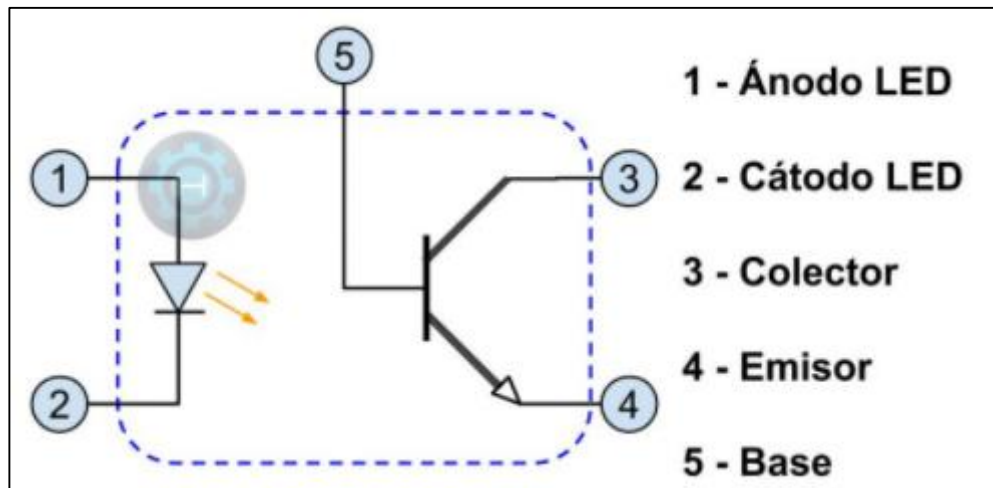


Figura 33-2: Optoacoplador

Fuente: (Floyd, 2008)

2.19. Banco de limpieza de inyectores convencionales “LAUNCH”

Funciones de la máquina LAUNCH

- **La limpieza ultrasónica:** su principal funcionamiento es para limpiar varios inyectores al mismo tiempo por el limpiador ultrasónico, y retira el carbono depositado en el inyector completamente.
- **La prueba de uniformidad:** para comprobar la uniformidad de inyectar cantidad de cada inyector.
- **El ensayo de estanquidad:** se usa para verificar el sellado y las condiciones de goteo de inyectores a una presión alta.
- **La prueba de flujo inyectando:** su función es verificar la cantidad inyectando del inyector en 15 segundos de inyección constante. (Nato., 2012)

2.20. Mantenimiento de inyectores

- **Mantenimiento de inyectores vía cánister.**

Es aconsejable hacer esta clase de mantenimiento en el sistema de inyección cada 10 000 Km para borrar las impurezas del inyector mediante una bomba de alta presión vía cánister gracias a aditivos de aseo para inyectores. (Nato., 2012)

El cánister es un tipo de recipiente donde se coloca un aditivo limpiador, el procedimiento consiste en desconectar el tren de inyección, donde se conecta el cánister, se presuriza y se permite el paso del aditivo hacia los inyectores.

Con el motor encendido y con tiempo querido de 5 min se consumirá el aditivo limpiador. Existirá cascabeleo por el bajo octanaje del aditivo. Al instante de terminarse el aditivo en el interior del recipiente el motor se apagará y se dará por terminada el aseo. (Nato., 2012)

- **Aditivo limpiador de inyectores.**

- Función:

Limpia los inyectores tapados y la cámara de combustión.

Incrementa la potencia del motor y la eficiencia de la combustión.

- Beneficios:

Mejora la atomización del combustible.

Elimina los residuos de los inyectores, válvulas y cámara de combustión.

Ayuda a eliminar fallas en el encendido.

- **Mantenimiento de inyectores vía ultrasonido.**

Todos los inyectores de combustible son micro válvulas que pueden regular la gasolina que ingresa al motor de cualquier vehículo con un sistema de combustión interna. Estos inyectores han funcionado durante un año o 20.000 kilómetros, se ven afectados por el material adherido a la pared interior, lo que conduce a una mala mezcla dentro de la cámara de combustión. (Nato., 2012)

La única forma de eliminar todos estos depósitos es mediante limpieza ultrasónica o limpieza por cavitación, que funciona de la siguiente manera:

En la etapa de baja presión (fase A), se generan burbujas enormemente grandes dentro del líquido de limpieza del inyector y las burbujas se agrandan en la etapa de baja presión acústica. (Nato., 2012)

Esta formación de pequeñas burbujas es cavitación. En la segunda fase de compresión ultrasónica (fase B), la gran presión ejercida sobre la burbuja recién expandida la comprime, incrementando de esta forma en monumental medida la temperatura del gas contenido en ella (fase C), hasta que la burbuja colapsa la temperatura del gas interno. Ellos (fase C), hasta que las burbujas estallan solas y revientan, y después descargan mucha energía (fase D). (Nato., 2012)

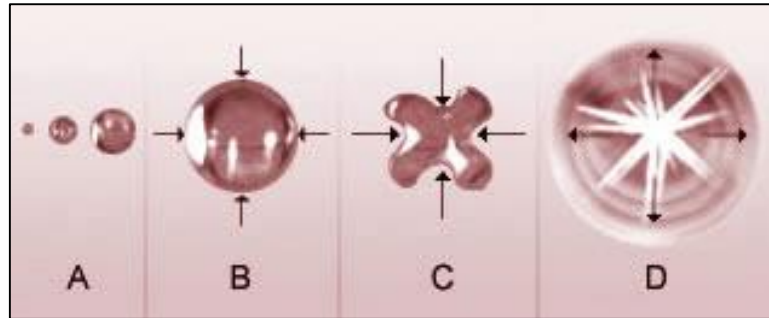


Figura 34-2: Fases de cavitación.

Fuente: (Nato., 2012).

La misma energía causada por la explosión de la burbuja golpeará el área del inyector por dentro y por fuera a lo largo de la relación de aseo entre el interior y el exterior.

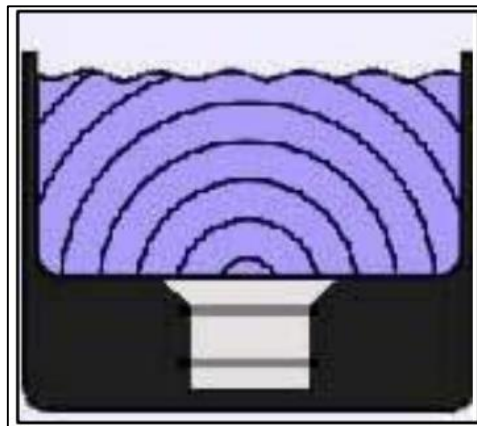


Figura 35-2: Ondas ultrasónicas.

Fuente: (Nato., 2012).

En la parte sólida del inyector realizaremos un micro-barrido a muy alta frecuencia (unas cuarenta mil veces por segundo en una máquina funcionando a 40 KHz), y un líquido limpiador con propiedades químicas.



Figura 36-2: Limpieza de inyectores por medio de ultrasonido.

Fuente: (Nato., 2012).

2.21. Banco de limpieza de inyectores GDI “WURTH”

Equipo para prueba y limpieza de inyectores GDI y convencionales a gasolina.



Figura 37-2: Banco limpiador de inyectores.

Fuente: (Wurth, 2020).

Principales ventajas

- Testeo de inyectores GDI.
- Limpieza por ultrasonido.
- Ciclos desde 1.000 hasta 15.000 rpm.
- Adaptadores eléctricos y mecánicos.

Características.

- Equipo con múltiples funciones para limpieza y testeo.

- Identificación de inyectores GDI o baja impedancia, enviando un pulso de voltaje adecuado para su activación y no generando daños o sobrecargas que los puedan dañar.
- Adaptadores mecánicos y eléctricos especiales para inyectores GDI.
- Bomba de presión con capacidad de 10 Bar.
- Limpia inyectores de autos y motos por medio de cuba de ultrasonido.
- Prueba el funcionamiento de los inyectores permitiendo observar el patrón de rociado y el caudal inyectado, a través del llenado de las probetas.
- Funciona con 110 o 220 Volts.
- Los sensores de temperatura permiten que el equipo no se recaliente y se apaga evitando daños por olvido.
- Dimensiones (cm): 30 x 41 x 52.
- Peso: 7,26 Kg.

2.22. Pruebas de Producción de los Fabricantes de Inyectores.

Varios fabricantes de inyectores entre ellos Bosch y Denso quienes fabrican y diseñan los inyectores de alta presión. Para el proceso de elaboración de ellos, se prueban constantemente para ver el correcto funcionamiento y también funcionan en condiciones difíciles en comparación del trabajo habitual que se va a hacer en el motor. Estas pruebas son esenciales para que un inyector funcione correctamente y en algunos casos pueda soportar tolerancias altas por intervalos de tiempo adecuados. Además, no solo desde la base de la válvula, también se revisa en el contorno del cuerpo de la válvula y las conexiones eléctricas, se verifica si existe alguna fuga en el inyector. No se admite ninguna fuga que pueda haber, pero la posibilidad de que esto suceda es muy pequeña, en cualquier caso, el inyector debe ser probado durante el proceso de producción. (ASNU, 2015)

2.22.1. Ajuste de recorte de combustible.

El inyector GDI tiene las mismas funciones básicas que cualquier inyector electrónico, pero ahora es más exigente y preciso. Un ejemplo simple es el inyector del puerto de admisión, que funciona con una relación aire/combustible de 14: 1; los inyectores GDI funcionan en una relación de 40: 1 y algunos inyectores piezoeléctricos funcionan a una alta velocidad de 60: 1. La pérdida de cualquier cantidad de combustible a estos niveles afectará adversamente al motor. Para resolver este problema, el sistema de gestión del motor ha sido diseñado para ajustar el (reducción de combustible) ajustando el suministro de combustible a cada cilindro para mantener un volumen de entrega igual. Los ajustes de combustible tienen la posibilidad de indemnizar las diferencias en el abastecimiento de combustible; no enmiendan la causa de los cambios en el abastecimiento

de combustible. Una vez que el problema se convierte en un problema a extenso plazo con el sistema, la causa del cambio debería investigarse y destacarse en el enumerador del transporte. (ASNU, 2015)

2.23. Caudales.



Figura 38-2: Pruebas de caudal inyectores GDI.

Realizado por: (ASNU, 2015).

La característica más importante del inyector GDI no es el caudal del inyector, sino la distribución y atomización del combustible que constituyen el patrón de pulverización del inyector. ASNU tiene experiencia en el análisis de inyectores GDI la diferencia de caudal entre los mejores y peores inyectores de estos inyectores es tan alta como el 15%, pero el motor sigue funcionando sin problemas. El desarrollo del sistema de administración del motor supone que ahora es viable ajustar el caudal de un solo inyector e indemnizar cualquier deficiencia en la capacidad del inyector para proporcionar la porción idónea de combustible. Esto es ideal en teoría, pero no en la práctica. Esta función no puede solucionar el problema, lo que está haciendo es compensar el suministro de combustible, aunque el vehículo funciona bien a corto plazo, a largo plazo este problema debe solucionarse cuando el sistema de gestión del motor llegue al máximo. Ajuste el nivel de tolerancia y verifique que la luz del motor esté encendida. (ASNU, 2015)

2.23.1. Patrones de rocío: Distribución del Combustible y atomización.



Figura 39-2: Pruebas patrones de rocío.

Fuente: (ASNU, 2015).

El patrón de rocío del inyector está diseñado para tener un ángulo de entrega muy específico. En otros términos, el combustible es dirigido de una forma correcta y adecuada a la cámara de combustión para una combustión eficiente. Cualquier interrupción en la distribución correcta del combustible puede afectar negativamente el proceso de combustión en el cilindro. (ASNU, 2015)

El ajuste de combustible provocado por el jefe de rocío erróneo es el incremento en el contenido de combustible, pues el sistema de gestión del motor estima el problema como un grado de flujo insuficiente y cree que el motor requiere más combustible, y una vez que realmente tiene la porción adecuada de combustible, sencillamente no rocía. El cilindro ahora tiene exceso de combustible, lo que no solo agrava el problema, sino que también origina más combustible en el proceso. (ASNU, 2015)

Ahora, hay un exceso de combustible en el cilindro, lo que puede causar acumulación de carbón en el pistón, combustión excesiva en la parte superior del pistón, estructura interna pegajosa y respuesta lenta de cualquier válvula o componente de recirculación de gas, y bloquear y dañar el tubo de escape. (ASNU, 2015)

CAPITULO III

3. METOLOGIA

Introducción

En el siguiente capítulo analizaremos la metodología que se empleará para llevar a cabo los objetivos planteados, se describirá en qué forma se puede realizar la implementación o adaptación del sistema tradicional del lavado de inyectores para los inyectores GDI mediante un circuito electrónico.

El diseño de investigación a utilizar en este proyecto técnico es de tipo experimental ya que mediante el desarrollo de experimento y pruebas se obtiene resultados de: tiempos de apertura, tiempos de cierre, voltajes retenidos y señales de la maquina convencional.

3.1. Diagrama de etapas del proyecto.

Mediante la implementación de graficas secuenciales se representa el procedimiento que se aplicara para la obtención de cada etapa, el mismo que esta ordenado por fases.

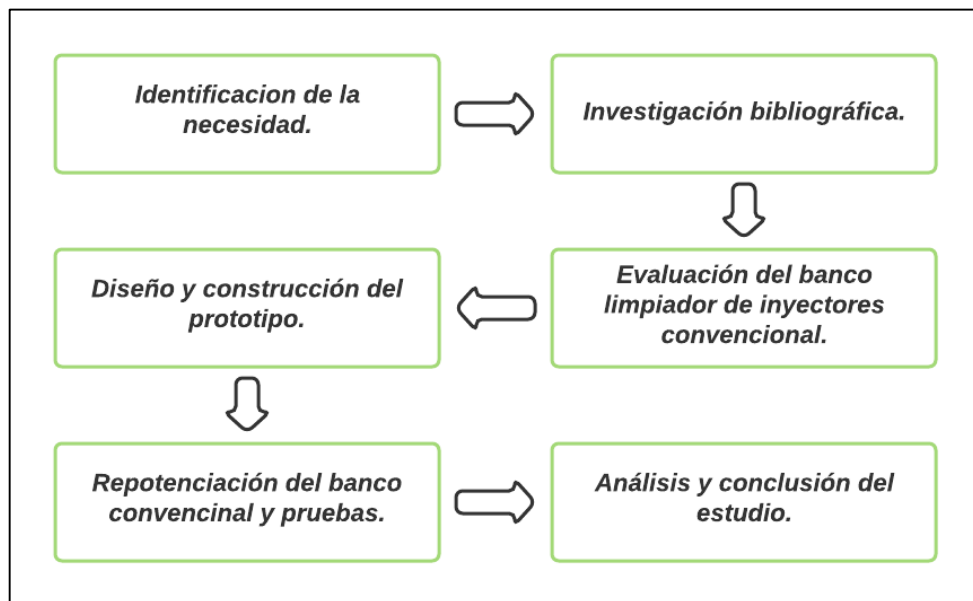


Gráfico 1-3: Diagrama etapas del proyecto.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

3.2. Metodología de la investigación a realizar.

TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.

Los métodos existentes se pueden considerar generales para todas las ramas de la ciencia, ya que los procedimientos aplicados en las diferentes etapas del proceso de investigación con mayor o menor énfasis, según el momento en que éste se desarrolle. Los métodos se detallan a continuación.

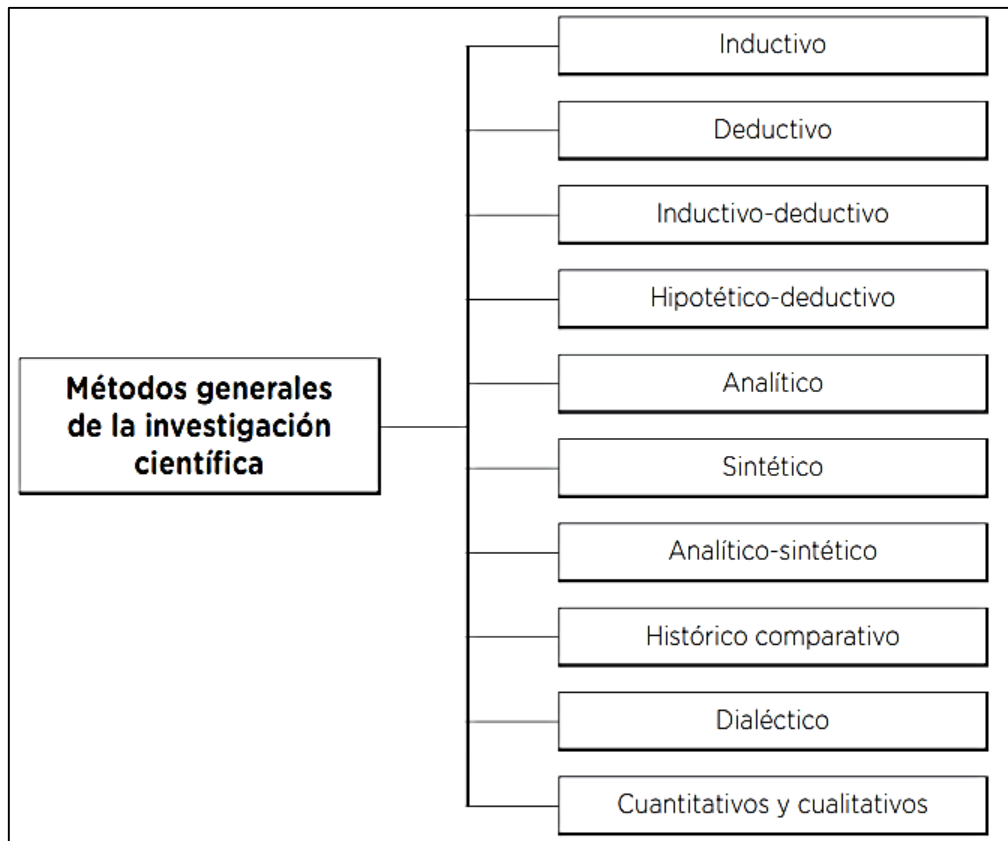


Gráfico 2-3: Métodos generales de la investigación

Fuente: (Lenin, 2014)

En el trabajo de investigación, de los métodos generales se utilizó los siguientes:

3.2.1. Método deductivo.

Consiste en encontrar principios desconocidos a partir de los conocidos, también sirve para descubrir consecuencias desconocidas a partir de lo conocido.

Se observa al modificar los tiempos de las pruebas a partir de los cálculos realizados, se analiza la variación de tiempos de trabajo, consumo de corriente y resistencias. (Lenin, 2014)

3.2.2. Método inductivo.

Es el razonamiento partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales. En el proyecto se aplica un método inductivo completo, dado que la conclusión sacada del estudio se basó en cuanto a todos los elementos que conforma el objeto de investigación. (Lenin, 2014)

3.2.3. Método sintético.

El investigador sintetiza las superaciones en la imaginación para establecer una explicación tentativa, que someterá a prueba. En el transcurso de pruebas de las diferentes opciones que tiene el banco limpiador, se trató de modificar de manera ilógica, para observar que sucedía con el inyector a prueba, de allí también se observó resultados nuevos no esperados. (Lenin, 2014)


3.2.4. Método analítico.

Se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. Al variar aspectos en la programación, se observó con instrumentos de medición como osciloscopio, voltímetro, amperímetro. (Lenin, 2014)

3.2.5. Método Matemático.

Este se aplica en cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y estas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, en el proyecto se pudo asumir que es un complemento del método de medición ya que con los resultados obtenidos en la práctica se observó lo acertado que estuvieron en los resultados obtenidos a base de los cálculos matemáticos aplicados a la electrónica e hidráulica. (Lenin, 2014)

3.3. Planificación o cronograma de actividades.



Nombre	Fecha de in...	Fecha de fin
• INICIO	26/10/20	26/10/20
• Revisión bibliográfica sobre el sistema de inyección indirecta.Revisión bibliográfica sobre el sistema de inyección indirecta.	26/10/20	30/10/20
• Recopilación de información.	2/11/20	6/11/20
• Investigar sobre el funcionamiento, señales y alimentación de un inyector tipo GDI.	9/11/20	13/11/20
• Realizar el respectivo documento de investigación.	16/11/20	20/11/20
• Indagar sobre el tipo de programación y como aplicarla en un sistema electrónico.	23/11/20	27/11/20
• Estudio de cada de uno de los componentes que conformaran el circuito electrónico.	30/11/20	4/12/20
• Buscar un proveedor de confianza para poder adquirir los inyectores tipo GDI y demás componentes.	7/12/20	11/12/20
• Diseño del sistema electrónico en el software.	14/12/20	18/12/20
• Construcción del sistema electrónico con cada uno de sus componentes obtenidos y estudiados.	21/12/20	25/12/20
• Realizar la programación necesaria para el sistema y su parte de interfaz.	28/12/20	1/01/21
• Diseño en el software y construcción del cuerpo donde se ensamblará todo el sistema e interfaz del prototipo.	11/01/21	15/01/21
• Realización de pruebas con el sistema en los inyectores tipo GDI.	18/01/21	22/01/21
• Análisis de datos obtenidos con el prototipo y corrección de fallas en el mismo.	25/01/21	29/01/21
• Revisar el documento de investigación y realización del manual de usuario del prototipo.	1/02/21	5/02/21
• Conclusión de resultado final en el correcto funcionamiento de la repotenciación del banco de pruebas sobre los inyectores tipo...	8/02/21	12/02/21
• Revisar y corregir información sobre el trabajo realizado.	15/02/21	24/02/21
• FIN	25/02/21	25/02/21

Gráfico 3-3: Actividades para realizar

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

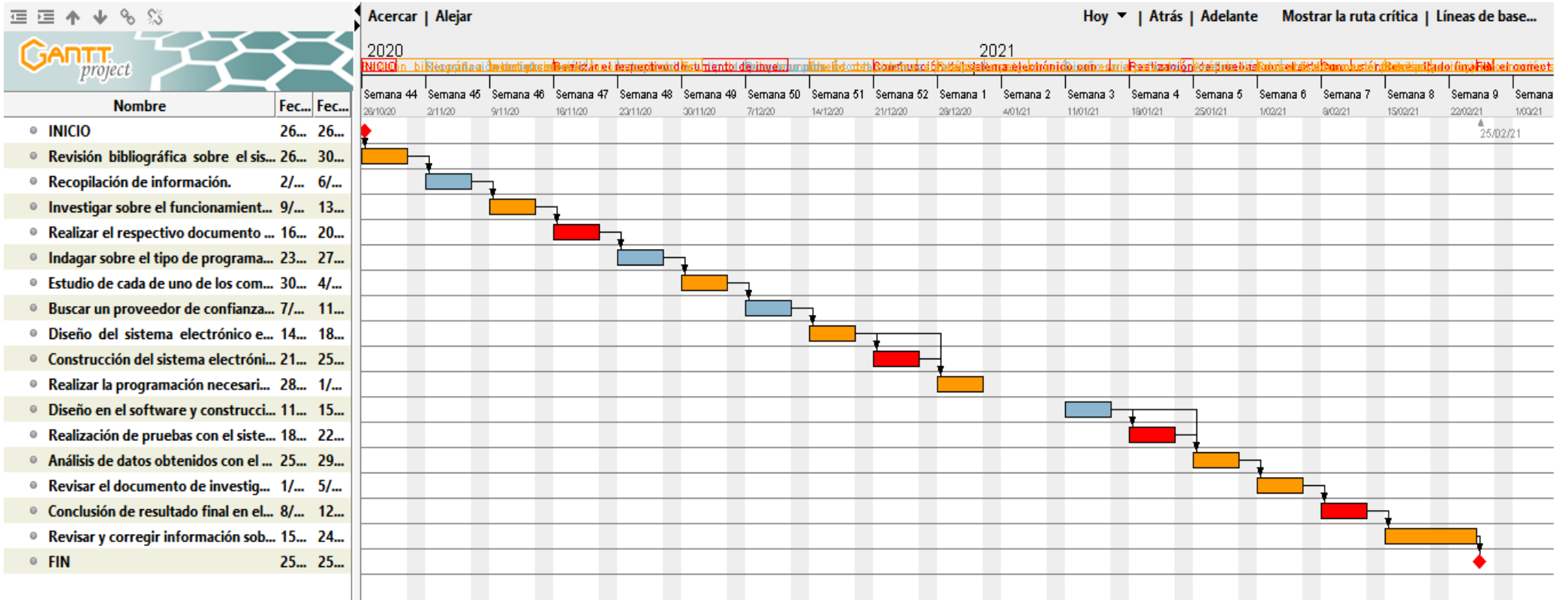


Gráfico 4-3: Diagrama de Gantt.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

3.4. Recursos y materiales.

Fue necesario de varios materiales y equipos tanto para su construcción como para la realización de las diferentes pruebas del trabajo técnico, los cuales detallaremos a continuación.

3.4.1. Materiales

En la siguiente tabla se detalla los materiales más representativos que fueron necesarios para la materialización del proyecto:

Tabla 1-3: Descripción de los elementos y materiales para la construcción del prototipo.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Líquido lavador de inyectores	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza de inyectores.• Reduce emisión de gases contaminantes.• Reduce consumo de combustible.• Restaura la potencia del motor.	Indicado para limpiar los inyectores de motores a gasolina con la ayuda de una máquina de ultrasonido.
Transistores	<p>Básicamente constan de tres pines o cables. Cada pin o cable es responsable de una tarea diferente:</p> <p>Emisor: Desde donde entra el flujo eléctrico al interior encapsulado del transistor.</p> <p>Base: La que modula el flujo entre emisor y colector.</p> <p>Colector: Hacia donde fluye la corriente una vez que ha sido modulada por la base.</p>	Son dispositivos electrónicos semiconductores, como parte de un determinado circuito electrónico, responsables de transmitir señales de salida en presencia de señales de entrada.
Optoacopladores	Las características más usadas son las siguientes:	Es un elemento con emisor y receptor, el dispositivo almacena los dos dispositivos en el mismo

	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento de alto voltaje. • Aislamiento de ruido. • Ganancia de corriente. 	cuerpo, pero el aislamiento eléctrico entre ellos evita descargas accidentales o lecturas falsas causadas por ruido eléctrico.
Arduino NANO	<ul style="list-style-type: none"> • Micro controlador: Atmel atmega328 • Voltaje de operación: 5 V • Voltaje de entrada: 7-12 V • Voltaje máx/mín : 6-20 V • Ent/Sal digitales I/O: 14 • Canales PWM: 6 • Entradas analógicas: 8 • Memoria flash: 32 KB • Memoria SRAM: 2 KB 	Es una plataforma de creación electrónica de código abierto, que se basa en hardware y software gratuitos, que es flexible y fácil de usar para creadores y desarrolladores.
Baquelita electrónica.	<p>Constante de permitividad dieléctrica (Er).</p> <p>Temperatura de transición de vidrio, es la temperatura en la que la fibra pierde sus propiedades y se vuelve frágil como el vidrio.</p> <p>Expansión en el eje X y Y en una proporción de partes por Millón debido a la temperatura.</p>	Es una tarjeta o placa de circuito impreso que se utiliza para soportar y conectar componentes electrónicos con trayectorias o trazas de cobre para que el mismo pueda funcionar bajo demanda.
Elementos de soldadura electrónica.	La soldadura implica unir dos piezas de metal (generalmente cobre, latón o hierro) a través de un metal de relleno (generalmente estaño) para proporcionar continuidad eléctrica entre los metales que se unirán. Esta combinación debe brindar la menor resistencia posible a la transmisión de corriente, para lograr la mejor conexión eléctrica.	En el campo de la electrónica, según la aplicación, el sistema más utilizado para asegurar el flujo de corriente entre los diferentes componentes del circuito es la soldadura de estaño o aleación de estaño.

Resistencias eléctricas.	Es una medida de la oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico. Su unidad de medida es el ohmio (Ω).	Se llama resistencia al opuesto de la corriente que fluye a través del conducto.
Condensador eléctrico.	Tiene dos placas de metal paralelas que no están conectadas entre sí. Las dos placas del condensador están separadas por un aislamiento no conductor, este medio se conoce comúnmente como dieléctrico.	También llamado capacitor, es un dispositivo que puede almacenar energía a través de un campo eléctrico. Este se clasifica como un componente pasivo porque no tiene la capacidad de amplificar o cortar la corriente.

Fuente: (ELECLAM2018, 2020)

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

3.4.2. Equipos y herramientas

Para el trabajo técnico fue necesario la utilización de varios equipos, para realizar las pruebas, así como para su construcción los cuales detallaremos a continuación:

Tabla 2-3: Descripción de equipos y herramientas utilizados en la realización del proyecto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Maquina limpiadora de inyectores MPI	1
Osciloscopio	1
Multímetro	1
Inyectores de tipo convencional.	4
Cautín	1
Impresora 3D	1

Computadora portátil	2
Inyectores de tipo GDI	2
SOFTWARE	
Solidworks	1
Arduino	1
Proteus	1

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Maquina limpiadora de inyectores MPI:



Figura 1-3: Maquina Blu Star

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Capacidad para limpiar hasta 4 inyectores de tipo MPI ya sean de 12 V o 5 V conectados en paralelo mediante ultrasonido con una variación de trabajo de 19 ms hasta 80 ms y consta de una presión de 6 BAR para las respectivas pruebas de caudal, alimentación de 12 V, la maquina es marca Blu Star, se encuentra en los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Osciloscopio Automotriz:



Figura 2-3: Escáner automotriz Sun.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

Es un instrumento que puede visualizar señales eléctricas y estimar sus diferentes parámetros: frecuencia, período, amplitud, máximo y mínimo.

En un osciloscopio automotriz, puede ver gráficamente los cambios en la señal a lo largo del tiempo, en las pruebas realizadas se utilizó el escaner automotriz marca Sun PDL5600 que se encuentra en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Automotriz el mismo que consta de un osciloscopio.

El PDL 5600 cuenta con todas las funciones de los escáneres SUN: profundidad de pruebas, inicio rápido y una pantalla táctil de 8 pulgadas. Adicionalmente cuenta con un osciloscopio integrado de 2 canales de alta velocidad (6 MS/s) con guías de componentes guiados para realizar pruebas de elementos paso a paso. (SUN, 2019)

Características principales:

- Cobertura Global: Vehículos americanos, asiáticos, chinos, europeos y locales.
- Cable único OBD sin necesidad de adaptadores o llaves para 12V y 24V.
- Base de datos de vehículos diseñada especialmente para américa latina.
- Menú gráfico de navegación simple e intuitiva en un equipo robusto.
- Inicio rápido: Listo para diagnosticar en menos de 5 segundos.
- Osciloscopio de 2 canales de alta velocidad.
- Actualizaciones por medio tarjeta Micro SD

Inyectores de tipo convencional:



Figura 3-3: Inyectores de tipo MPI.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

Para el sistema de inyección de combustible los inyectores son los componentes principales para la formación de una mezcla ideal y por ende la transformación de la energía para que el vehículo pueda moverse por cualquier zona, la función del inyector es la de proporcionar a cada cilindro una cantidad determinada en el tiempo exacto para formar una mezcla adecuada y así poder quemarla y generar movimiento.

Los inyectores utilizados en la práctica son de tipo MPI del un vehículo marca Chevrolet modelo Corsa Evolution.

Características principales:

- La resistencia en el bobinado en los inyectores es de 12 a 17 ohm.
- La presión a la que trabajan los inyectores es de 5 bares.
- El modo de activación es con masa constante de la ECU
- La ubicación que se colocan es en el múltiple de admisión.

Inyectores de tipo GDI



Figura 40-3: Inyector de tipo GDI

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

GDI significa "inyección directa de gasolina". Como sugiere el nombre, funciona a través de un inyector que logra inyectar combustible directamente en el cilindro en lugar de la válvula de admisión, que hasta ahora utilizan la mayoría de los vehículos con motores de inyección multipunto. (Feito, 2019)

Características principales:

- Tiene una resistencia de bobinado menores de 2 ohm.
- La presión máxima que trabajan los inyectores es de 200 barres.
- El sistema de activación es Peak and Holg.
- Van colocados directamente en la cámara de combustión.

3.4.3. Recursos humanos

Para el desarrollo del trabajo técnico de titulación “REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN INDIRECTA DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA MEDIANTE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DIAGNÓSTICO Y LAVADO DE INYECTORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA (GDI)”, lo más relevante es obtener una bibliografía real y contundente, establecer los métodos de investigación y las capacidades de los señores: Chadán Tintín Christopher Erick y Coque Guanopatún Jhonatan Efraín, quienes son los responsables de la investigación del proyecto.

Cabe destacar que contamos con sugerencias y asesoramiento del Ing. Javier Gavilanes en calidad de director del trabajo técnico de titulación y la ejecución del prototipo, así como la participación de otros ingenieros de forma directa o indirecta involucrados en el desarrollo de este.

3.4.4. Recursos económicos.

Para ejecutar el proyecto de manera efectiva, el contenido de este capítulo está bien organizado para que pueda analizarse y optimizar el uso de recursos, tales como: materiales, tecnología, mano de obra y recursos que son fundamentales para la ejecución de este trabajo práctico.

Costos directos.

Son aquellos gastos que influyen de manera directa en el desarrollo del proyecto, los cuales detallamos en las siguientes tablas:

- **Materiales**

Tabla 3-3: Descripción de los valores para los diferentes materiales utilizados.

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Valor total
Condensador C1	\$2,00	1	\$2,00
Resistencias	\$0,25	34	\$8,50
Circuito integrado U1	\$7,50	1	\$7,50
Circuito integrado U2-U5	\$1,50	4	\$6,00
Transistores	\$0,30	12	\$3,60
LCD 2x16	\$8,00	1	\$8,00
TOTAL			\$35,60

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

- **Equipos y herramientas.**

Tabla 4-3: Descripción de los valores para los diferentes equipos y herramientas utilizados.

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Valor total
Plancha baquelita	\$7,00	1	\$7,00
Acido férrico	\$2,00	1	\$2,00
Pulsadores	\$1,00	4	\$4,00
Estaño	\$2,00	1	\$2,00
Crema de soldar	\$1,00	1	\$1,00
Cautín	\$5,00	1	\$5,00
Alicate	\$1,50	1	\$1,50

Conectores	\$0,60	8	\$4,80
Fuente 12V	\$8,00	1	\$8,00
Inyector de tipo GDI	\$250	1	\$250
Software (proteus, solid y arduino)	\$20,00	1	\$20,00
TOTAL			\$305,30

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

- **Mano de obra**

Tabla 5-3: Descripción de los valores de la mano de obra utilizada.

Descripción	Precio por hora	Horas trabajadas	Valor total
Asesoría profesional sobre el sistema GDI.	\$30,00	10	\$300,00
Impresión 3D carcasa.	\$6,00	6	\$36,00
Corte a laser de la tapa	\$60,00	0,033	\$2,00
TOTAL			\$338,00

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Costos indirectos

Son costos que no están relacionados directamente con el desarrollo del proyecto, pero son fundamentales, ya que generan gastos imprevistos, que los detallamos en la siguiente tabla:

Tabla 6-3: Descripción de los costos indirectos realizados en el proyecto.

Descripción	Precio x 2	Cantidad	Valor total
Visitas a la Escuela para la realización de pruebas.	\$10,00	5	\$50,00
Alimentación en las visitas.	\$8,00	5	\$40,00
Impresiones de documentos	\$40,00	----	\$40,00
Imprevistos	\$20,00	1	\$20,00
TOTAL			\$150,00

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

Costo total del proyecto.

En función a los costos tanto directos como indirectos, se realiza una sumatoria total para conocer la inversión realizada en el proyecto, detallada en la siguiente tabla:

Tabla 7-3: Costos totales en la realización del proyecto.

Costos totales	
• Costos directos	
Materiales	\$35,60
Equipos y herramientas	\$305,30
Mano de obra	338,00
• Costos indirectos	
Total, de costos indirectos	\$150,00
INVERSION TOTAL	\$828,9

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

3.5. Desarrollo del proyecto

3.5.1. Circuito electrónico para un inyector

3.5.1.1. Cálculo de consumo de corriente para un inyector

En cada circuito hay un consumo de corriente por parte del consumidor para ello debemos tener en cuenta la capacidad que puede resistir el consumidor o alguna alternativa de protección para que no se pueda dañar o quemar el dispositivo.

En la elaboración del proyecto realizamos el cálculo de corriente necesario para que el inyector funcione y no se pueda quemar, utilizando la ley de ohm verificaremos la capacidad de corriente que debe pasar dentro del consumidor o que dispositivo se debe colocar para que los dispositivos no se lleguen a dañar.

Ley de ohm

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Donde:

I = Intensidad

V = Voltaje

R = Resistencia

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12 \text{ v}}{1,69 \text{ ohm}}$$

$$I = 7,1 \text{ amp}$$

3.5.1.2. Cálculo de potencia para la activación de un inyector

Debemos de tener en cuenta cuanto es el consumo de energía de cada uno de los inyectores por lo cual se debe realizar un cálculo para así poder escoger los componentes necesarios y adecuados para la fabricación de la tarjeta electrónica.

Ley de watt

$$P = V \times I \quad (2)$$

$$P = R \times I^2 \quad (3)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (4)$$

Donde:

P = Potencia

I = Intensidad

V = Voltaje

R = Resistencia

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{12^2 v}{1,69 ohm}$$

$$P = 85,21 watt$$

3.5.1.3. Diseño del circuito electrónico para un inyector

Se elaboró un diseño del circuito electrónico en un software para circuitos electrónicos (proteus), un circuito electrónico para el funcionamiento de un inyector, de manera que el banco de pruebas de los inyectores tradicionales envía una señal mediante el cual es recibido por un integrado (optoacoplador) que pueda generar pulsos eléctricos, y así transformar en pulsos que se puede utilizar en los inyectores GDI, mediante un fuente externa de 12 voltios y 2.5 amperios y pulsos eléctricos que sean pequeños, podre activar lo inyectores GDI abriendo y cerrando para observar el funcionamiento de ellos.

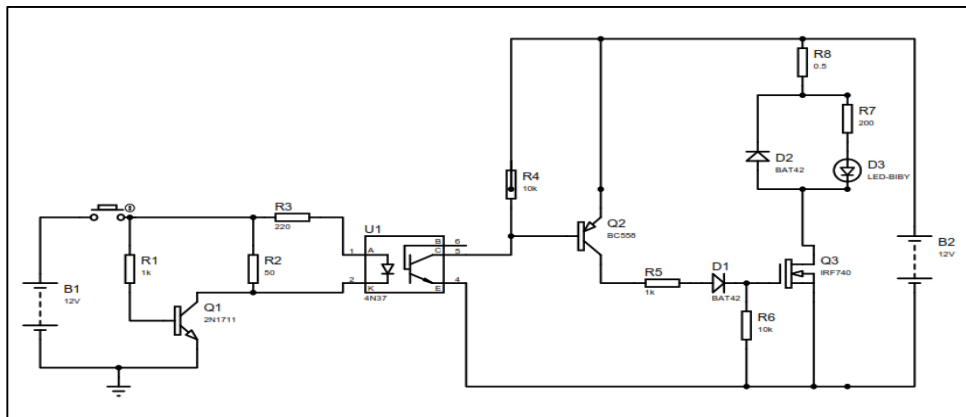


Figura 5-3: Circuito electrónico GDI para un inyector

Realizado por: Coque J; Chadán E. 2021

3.5.2. Circuito electrónico para 4 inyectores

3.5.2.1. Cálculo de consumo de corriente para cuatro inyectores

Debemos tener en cuenta el consumo de corriente que se va a generar al momento de conectar los 4 inyectores, que se van a colocar en paralelo ya que así la tensión será la misma para cada uno de los inyectores, por ende, se debe realizar el cálculo indispensable para entender cuanta corriente va a llegar a los inyectores.

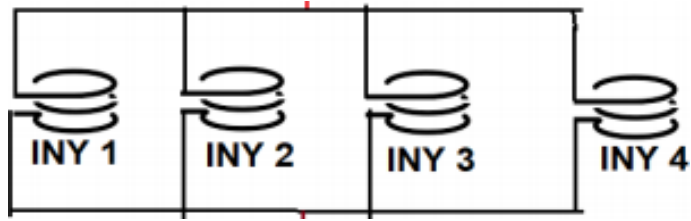


Figura 6-3. Inyectores en paralelo

Realizado por: Coque J; Chadán E. 2021

Resistencia total en paralelo

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (5)$$

Donde:

R₁= Inyector 1

R₂= Inyector 2

R₃= Inyector 3

R₄= Inyector 4

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{1,69} + \frac{1}{1,69} + \frac{1}{1,69} + \frac{1}{1,69}}$$

$$RT = \frac{1}{\frac{4}{1,69}}$$

$$RT = 0,4225ohm$$

Ley de ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

I = Intensidad

V = Voltaje

R = Resistencia total

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12 \text{ v}}{0.4225 \text{ ohm}}$$

$$I = 28,40 \text{ amp}$$

3.5.2.2. Cálculo de potencia para la activación de 4 inyectores

Debemos de tener en cuenta cuanto es el consumo de energía de cada uno de los inyectores por lo cual se debe realizar un cálculo para así poder escoger los componentes necesarios y adecuados para la fabricación de la tarjeta electrónica.

Ley de watt

$$P = V \times I$$

$$P = R \times I^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

P = Potencia

I = Intensidad

V = Voltaje

R = Resistencia

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{12^2 \text{ v}}{0,4225 \text{ ohm}}$$

$$P = 340,83 \text{ watt}$$

3.5.2.3. Diseño del circuito electrónico para cuatro inyectores

Basándose en el modelo anterior del funcionamiento para un inyector se realizó la unión de componentes electrónicos para lograr que funcionen los cuatro inyectores, conectados a una sola señal que nos envíe el lavador de inyectores tradicional, así lograr que se generen pulsos electrónicos con una potencia diferente a la que trabaja un banco de pruebas tradicional.

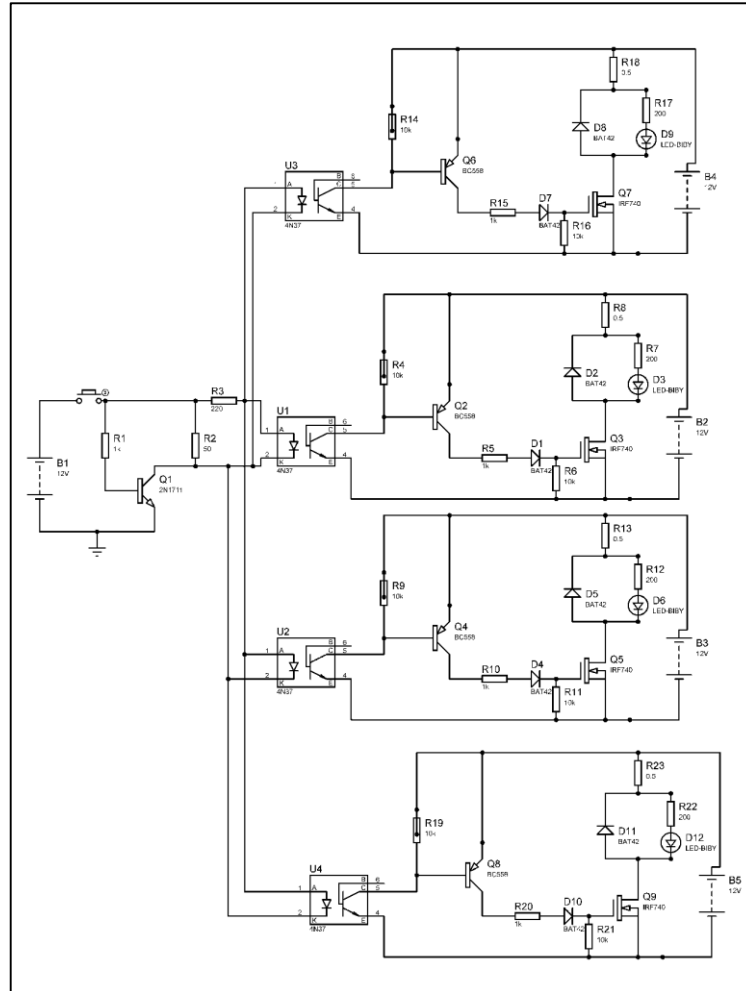


Figura 7-3: Esquema electrónico para inyectores GDI

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

3.5.2.4. Análisis de ganancia del Optoacoplador

Para el funcionamiento del optoacoplador la señal o potencia que ingresa en el circuito debe ser pequeña para pueda manejar otro circuito con una protección eficaz ya que el dispositivo es un puente entre dos circuitos y así proteger el circuito mediante un consumo de potencia menor a la del circuito que se lo va a manejar.

Para la realización del circuito electrónico si incluyeron optoacopladores para recolectar la señal de los bancos de pruebas y así poder mandar señales a los inyectores para que puedan funcionar, pero eso si con una potencia diferente ya que estos dispositivos trabajan a diferente potencia.

Para el ingreso de nuestro optoacoplador la potencia de ingreso es de 0,01 mw y se le amplifica a 0,3mw eso nos quiere decir que su relación de amplificación es de 30 veces.

3.5.2.5. Análisis de ganancia de los transistores

Para tener en cuenta que tipos de transistores se debe colocar para la elaboración del circuito electrónico se debe hacer un análisis previo de potencia, para lo cual debemos realizar un cálculo de ganancia de los transistores y optoacoplador componentes.

$$Av = \frac{P_o}{P_i} \quad (6)$$

Donde:

Av = sistema de amplificación

Po = Potencia de salida

Pi = Potencia de entrada

El optoacoplador nos entrega una potencia de entrada de 0,01 mw, y la potencia de salida que se necesita para que pueda funcionar un inyector es de 85,21 w

$$Av = \frac{P_o}{P_i}$$

$$Av = \frac{85,21 W}{0,01 \times 10^{-3} W}$$

$$Av = 8.851 000$$

Entonces necesitamos identificar cada una de la ganancia de nuestros componentes electrónicos para que pueda funcionar nuestro inyector, en el optoacoplador tiene un factor de ganancia máximo de 100 veces, el transistor 2N3906 tiene favor de ganancia máximo de 200 y el transistor TIP 122 tiene un factor de ganancia de 1000 lo que nos da como resulta una ganancia de 20.000 000 para el funcionamiento del circuito para el funcionamiento del inyector GDI.

3.5.3. Diseño electrónico con generador de pulsos

Existen varios lavadores de inyectores que para la realización del trabajo generan pulsos en intervalos de tiempo muy cortos con los cuales podríamos dañar los inyectores GDI, por lo cual se adoptó un diseño que en su interior exista un integrado (Arduino) que puedan ser programable para generar pulsos mejor de a 3ms para lo cual no se pueda dañar el inyector GDI que tiene una resistencia muy baja, ya que el modo de trabajo de estos inyectores son con una potencia alta abren y cierran muy rápidamente y no sé qué gracias a las pulsación rápidas que se generan por el integrado, se colocó también una pantalla LCD para verificar el tiempo de pulsaciones y el tiempo en que se demora el modo de trabajo, con la ayuda de dos potenciómetros pueden variar el tiempo de pulsación que genere el Arduino, y el tiempo que puede estar activo realizando la prueba.

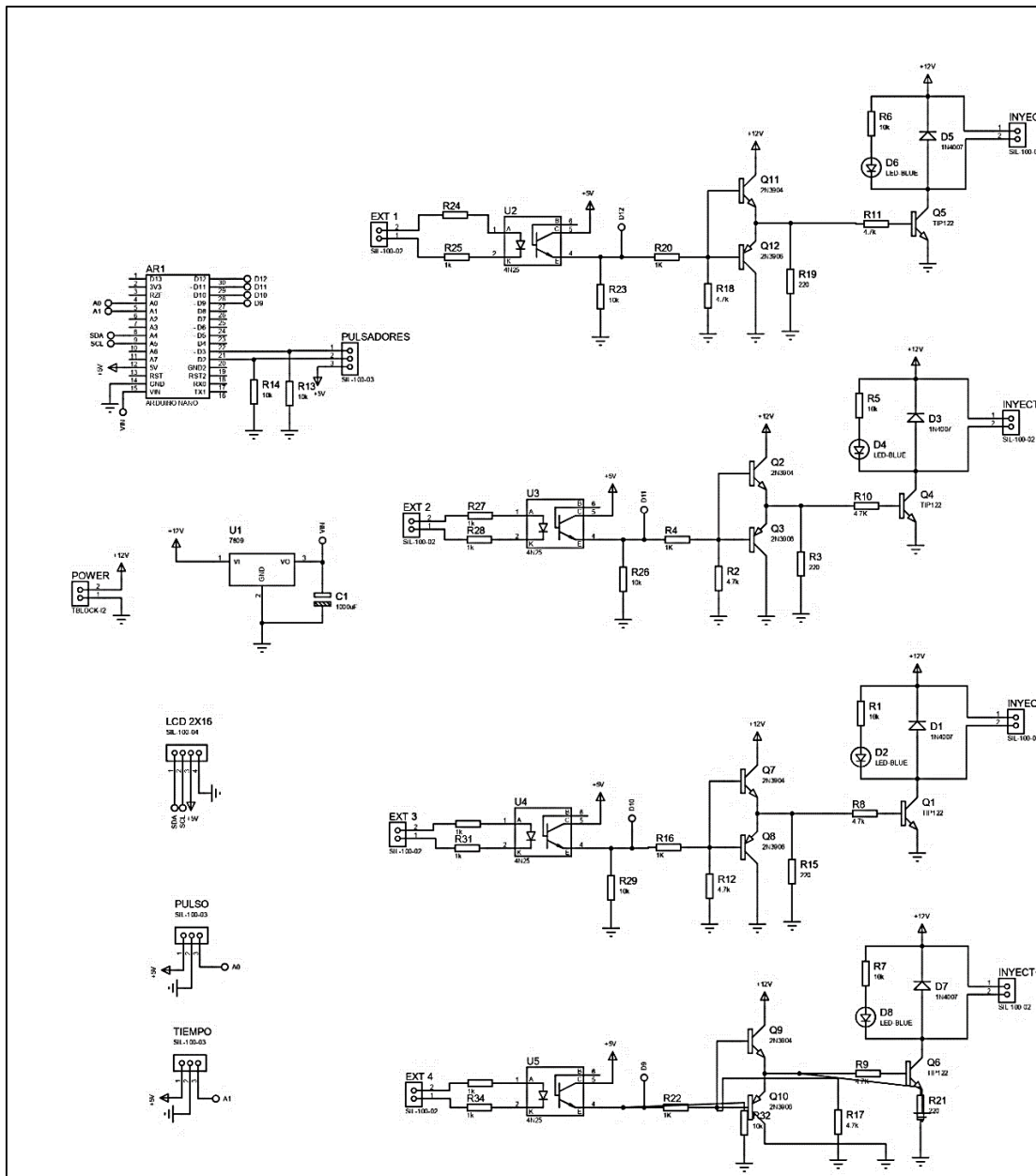


Figura 841-3: Esquema Electrónico incluido en su interior un generador de pulsos

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

3.5.4. *Diseño de la placa con generador de pulsos en su interior*

Para la generación de la placa se necesitó la ayuda del software electrónico que nos genere como van a ir instalados los componentes y manualmente hacemos las conexiones debidas para que ninguna conexión coque con otra.

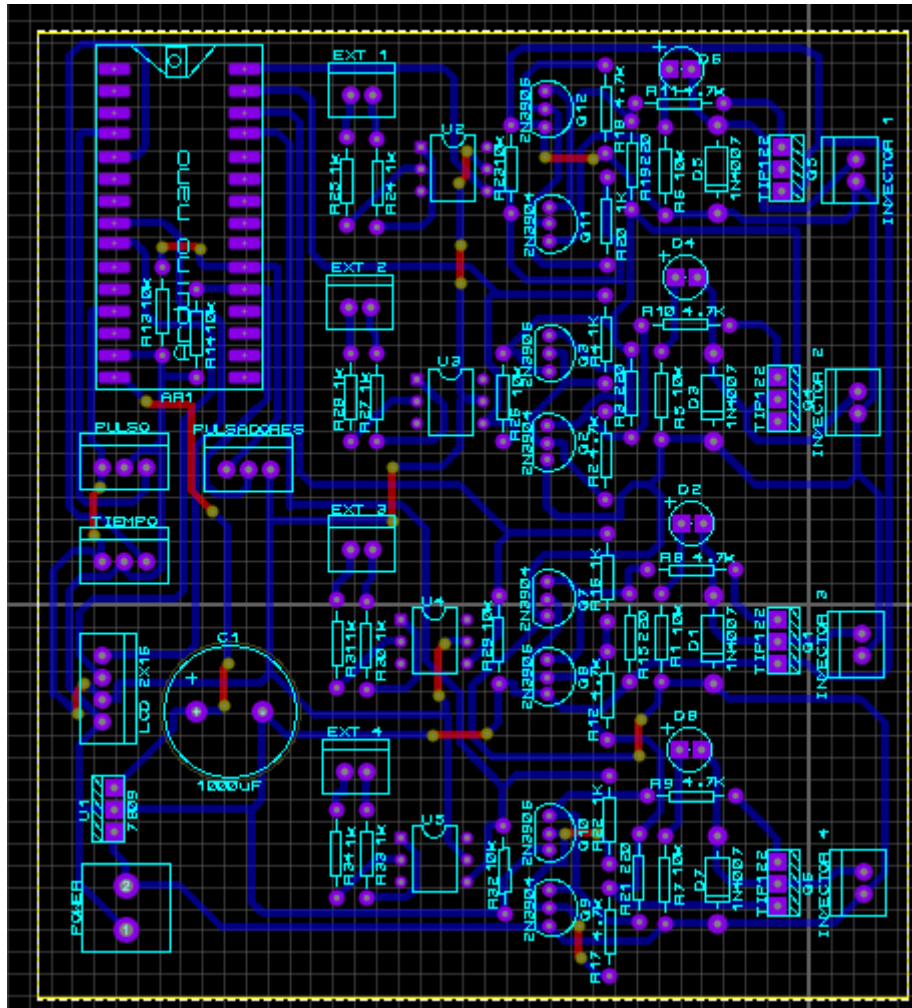


Figura 9-3: Placa electrónica

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

3.5.5. Circuito en 3D

Para una mayor visualización de los componentes que va a ir dentro de la placa electrónica se puede generar una simulación en 3D de cómo va a ir cada uno de los componentes en la placa y observar si no existe choques entre las conexiones

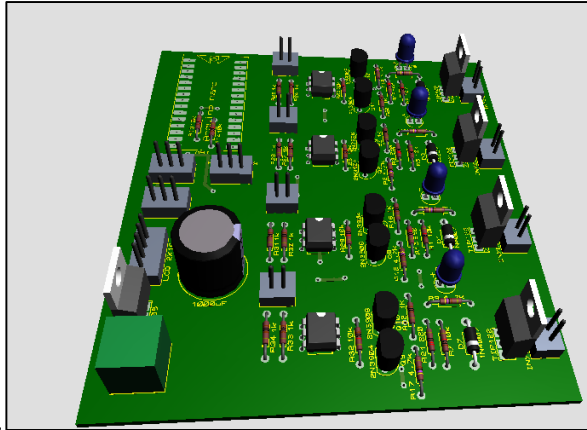


Figura 10-3: Simulación 3D

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

3.5.6. *Ensamble del circuito electrónico.*

Una vez realizado el circuito en los softwares pertinentes al igual que sus simulaciones se procede a imprimir el circuito base en la baquelita, en la cual se realizará el ensamble de todos los elementos electrónicos.

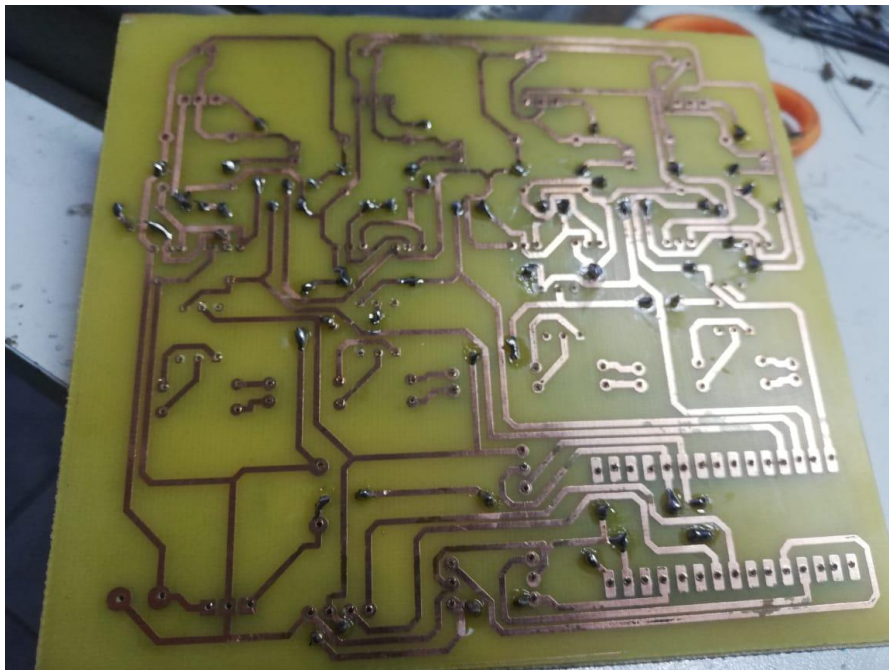


Figura 11-3: Circuito impreso en la baquelita

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Después se debe colocar de forma correcta cada uno de los elementos electrónicos, guiándonos en el software que se realizó anteriormente. Una vez colocados correctamente se procede a ir soldando cada uno de ellos.

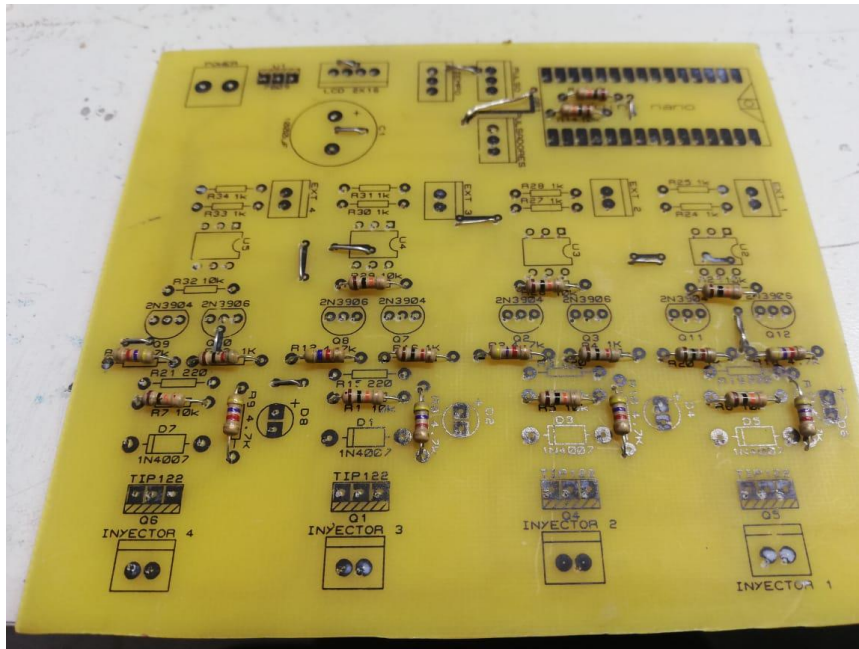


Figura 12-3: Circuito impreso en la baquelita.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

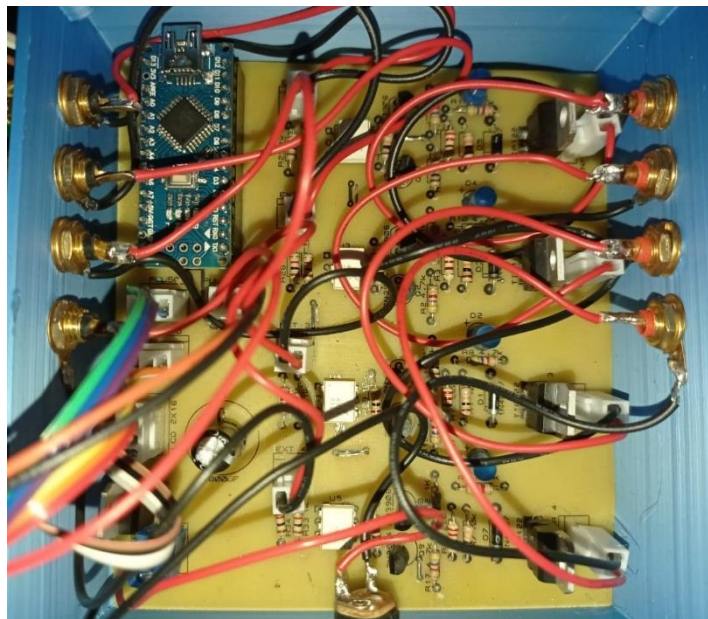


Figura 13-3: Circuito final ensamblado.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021.

3.5.7. Construcción de la carcasa del circuito electrónico

Para poder ensamblar el circuito y sus componentes es necesario la fabricación de una carcasa donde ubicar todos los elementos, la misma que debe tener las propiedades para soportar el funcionamiento de este y el tiempo de uso para que no se pueda averiar.

Selección del material a utilizar.

Se analizó 2 diferentes tipos de materiales para la fabricación del cuerpo del circuito electrónico, para saber sus características y el tiempo que va a llevar su fabricación para ello se detalla a continuación.

Tabla 2-3: Características para la selección del correcto material.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
Latón	<p>Cuando se calienta cerca del punto de fusión, todos los tipos de esta aleación se vuelven frágiles.</p> <p>El latón es más duro que el cobre, pero es fácil de mecanizar, estampar y fundir. Tiene las características de resistencia a la oxidación, resistencia a las sales alcalinas y ductilidad, por lo que se puede enrollar en láminas delgadas. Su ductilidad varía según la composición y la temperatura, e incluso si se mezcla con una pequeña cantidad de otros metales, su ductilidad también es diferente.</p>
Filamento PLA	<ul style="list-style-type: none">• Es inodoro, permanente, claro y brillante.• Es altamente resistente ante la humedad y la grasa.• Es similar al polietileno en cuanto a desarrollar barreras para sabores y olores.• Es suficientemente extensible y elástico.• Su nivel de inflamabilidad es muy bajo lo que lo hace estable a la luz UV.• Aunque es flexible el PLA 3D puede formularse a fin de que sea rígido.• Puede polimerizarse con otros materiales.• Su proceso de fabricación puede variarse a fin de adoptar características mecánicas.

Fuente: (abax3d, 2020)

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Analizando las características de cada uno de los materiales que se podría utilizar para la fabricación, se tomó en cuenta la factibilidad de dicho material, el tiempo de su manufactura y su aislante del circuito se decidió que el mejor material para ello sería el filamento PLA.

3.5.7.1. Diseño de la carcasa.

El diseño se realizó en el software Solidworks, tomando en cuenta que es un diseño sencillo para cuidar el circuito electrónico y ensamblar toda su interfaz de programación, el mismo que luego será impreso en 3D.

La carcasa se basa con las medidas del sistema electrónico y sus mandos de operación, así como su pantalla LCD.

Basándonos en una forma rectangular con medidas de 12 x 11 cm. Estas medidas se procedieron a poner en el plano del software para luego extruir con una medida de 4,5 cm sin relleno y con un grosor de 4 mm, se redondeó las esquinas del rectángulo y a perforar 4 orificios de 5 mm de diámetro en la cara extruida de 11 cm y lo mismo en su cara frontal, los cuales ocuparemos para la entrada y salida de las señales del prototipo. En la otra cara realizamos un orificio de 1 cm de diámetro para el ingreso de la entrada a la fuente de alimentación.

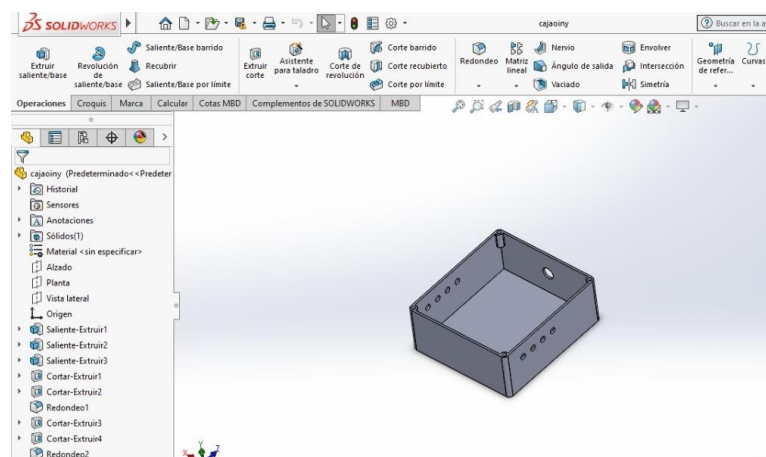


Figura 14-3: Carcasa en Solidwork.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

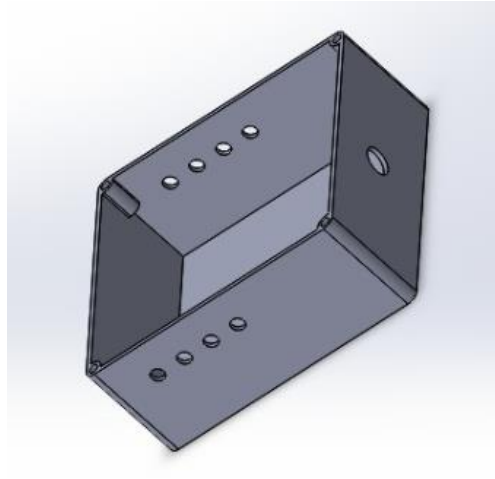


Figura 15-3: Carcasa en 3D para su impresión

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Obtención de resultados

4.2. Pruebas del prototipo con inyectores de tipo convencional.

En primera parte, para la revisión de buen funcionamiento del prototipo como la entrega de una señal correcta, se empezó comprobando con un inyector tradicional ya que con este tipo de inyector no tendremos ninguna perdida, sino que comprobaremos la existencia de la señal de apertura que nos envía la máquina para que pueda circular el combustible por el inyector, con ello evidenciamos los pulsos de inyección y observamos si son los adecuados para el funcionamiento de los inyectores GDI en caso contrario realizamos las debidas correcciones y mejoras para alcanzar un trabajo adecuado.



Figura 1-4: Conexión del prototipo con un inyector convencional.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Al momento de conectar el inyector al prototipo y generar los pulsos de inyección se evidenció que no había un sobrecalentamiento del inyector, también se le colocó el osciloscopio para la obtención de las señales de voltaje y tiempo de apertura que se está enviando para su funcionamiento. Se ratificó su activación y desactivación entrando en el modo de operación lo que es indispensable ya que con esto podremos utilizarlo para la limpieza de los inyectores con la ayuda de una tina de ultrasonido, así realizar la circulación del líquido lavador de inyectores por el interior de cada uno de ellos.



Figura 2-4: Señal del prototipo para activación del inyector.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

4.3. Pruebas del prototipo con inyectores de tipo GDI

Al comprobar que nuestro sistema electrónico consta de los tiempos de pulsos, voltajes y forma de señal correcta, continuamos con la medición de la resistencia que tiene el inyector GDI, el mismo que debe tener una resistencia muy baja o menor a 2 ohmios, ya que estos inyectores son de tipo bobinado con los cuales puede trabajar nuestro prototipo. El inyector que se usó para las pruebas es de un motor Volkswagen golf de 1.6 lt.

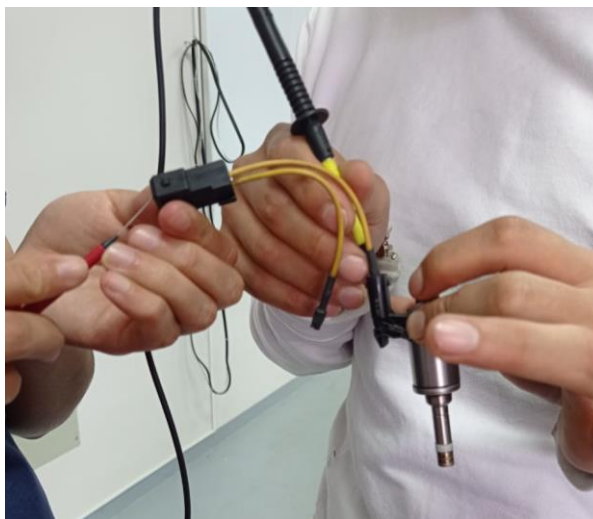


Figura 3-4: Inyector de tipo GDI conectado al multímetro.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021



Figura 4-4: Resistencia del inyector de tipo GDI.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

La resistencia del inyector es de 1.77 ohm, pero como estamos trabajando con valores muy bajos debemos restar la resistencia que existe en los terminales del multímetro para obtener valores más precisos y reales del mismo.



Figura 5-4. Resistencia que hay en el multímetro

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

La resistencia que existe en los terminales del multímetro es de 0.08 ohm, entonces la resistencia del inyector es:

$$R_i = R_t - R_m$$

$$R_i = (1.77 - 0.08) \text{ ohm}$$

$$R_i = 1.69 \text{ ohm.}$$

Al verificar que los inyectores si son de tipo bobinado, se procede a conectar a la maquina para ver el funcionamiento de estos, en el caso de la prueba se conectaron dos inyectores para analizar y observar el funcionamiento del par de inyectores.

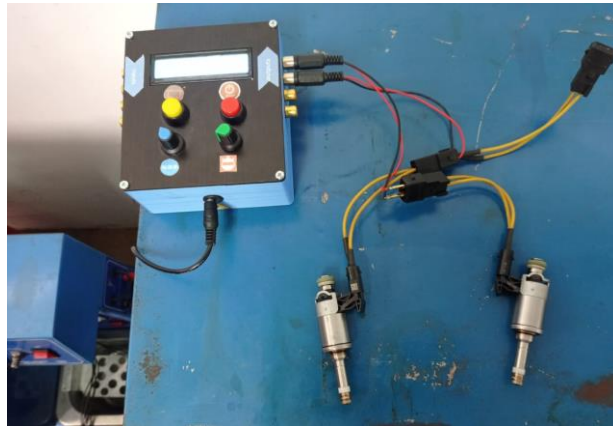


Figura 42-4: Conexión de los inyectores GDI en el prototipo.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

El prototipo esta diseñado para trabajar de dos formas:

- **Modo exterior:** Con la señal de la maquina limpiadora de inyectores convencional, si la misma tiene el modo de prueba ya que trabaja con valores muy bajos en su señal de activación (no mayores a 5ms).
- **Modo interno:** Diseñado con una señal para enviar pulsos de 12 V con un tiempo de activación de 1 a 3 ms.

En esta prueba se utilizó una maquina que no tenia el *modo de prueba* para los inyectores, ya que es una maquina muy antigua, y los pulsos minimos que genera es de 19 ms los cuales quemarian el inyector GDI si los usamos para los mismos.

Se procedió a usar el modo interno con un tiempo de activación entre 1.2 y de 2 ms para hacer que inyector funcione correctamente. Con un tiempo de lavado de 5 minutos.



Figura 7-4: Datos ingresados en la interfaz del prototipo.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Los inyectores fueron puestos en la tina de ultrasonido y en las probetas para poder verificar que el líquido limpiador de inyectores circule por interior de los mismos y así comprobar que se encuentren activando y desactivando según los tiempos establecidos en el prototipo.

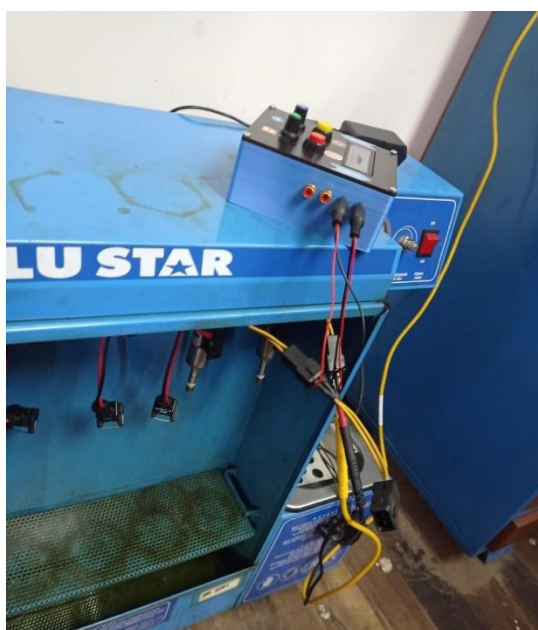


Figura 8-4: Inyectores GDI colocados en la maquina convencional.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021



Figura 943-4: Probetas colocadas para realizar pruebas.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Las graficas en el osciloscopio fueron las esperadas con los tiempos, forma de señal y voltaje que se programó anteriormente en la interfaz del prototipo.



Figura 1044-4: Señales del prototipo mostradas en el escáner.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

El prototipo no presento ningún tipo de sobrecalentamiento y los inyectores se procedieron a medir su resistencia para conocer que no se dañaron ni presentaron ningún tipo de falla.



Figura 1145-4: Valor de la resistencia después de las pruebas realizadas

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

La resistencia interna del inyector se mantiene en 1.77 ohm, por lo tanto, los inyectores no se quemaron ni se dañaron al ser realizados las pruebas con el prototipo, el mismo que está funcionando en óptimas condiciones enviando los pulsos, valores correctos para poder limpiar y realizar pruebas en cualquier maquina limpiadora de inyectores de tipo convencional.

4.4. Análisis de resultados.

Las señales requeridas para el funcionamiento del prototipo están basadas en el tiempo y el voltaje para abrir el inyector GDI, lo cual fue analizado en trabajo con el acelerador al máximo.

El osciloscopio fue calibrado de la siguiente forma:

Tiempo base: $500 \text{ Useg/div} = 0,5 \text{ mseg/div}$.

Voltaje base: 20 V/div

Trigger ascendente 45 V

Los tiempos de activación son tan cortos que no sería posible determinarlos con multímetro o con una punta lógica.

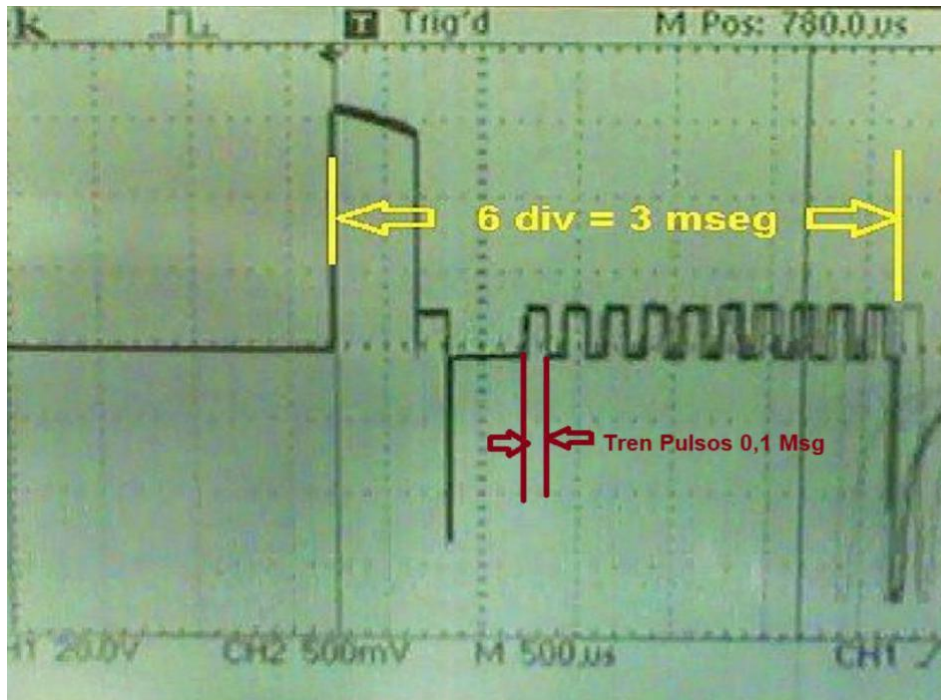


Figura 1246-4: Señal del inyector en WOT.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

En la figura 61-4 se observa como funciona un inyector de tipo GDI, en la señal cuadrada mas alta podemos observar un consumo de corriente de hasta 65 V y un tiempo de 0.45 ms. de activación la misma que funciona para activar el inyector, después podemos observar una caída de corriente la misma esto se debe a que el inyector es de tipo bobinado. Luego tenemos el tren de pulsos, esto es como trabaja el inyector cuando se mantiene acelerado, el mismo que con una señal de 12 V se mantiene constante y con un tiempo de activación de 0.1 ms.

En el eje del tiempo tenemos un total de 6 div que esto nos equivale a un tiempo total de 3 ms. en una acelerada a fondo. Con todos estos datos, la forma en la que trabaja nos basamos en la señal y tiempos que va generar nuestro prototipo para enviar los pulsos al inyector GDI.

El arduino esta programado para generar una señal cuadrada con tiempos de activación maximos de 3 ms. Para que el inyector no funcione por mucho tiempo y no se pueda dañar o quemar, la señal que se envia es de 12 V para que el inyector pueda activarse y se puede apreciar cuando el inyector esta trabajando en forma constante (tren de pulsos).



Figura 13-4: Conexión del prototipo con el osciloscopio.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

El prototipo se programado en su máximo tiempo de pulsos como es de 3 ms. para conocer si existe una pequeña variación o margen de error respecto al equipo con el que nos encontrábamos trabajando, el voltaje de este es constante que equivale a 12 V.

Para la obtención de datos y la forma de señal del prototipo se debe calibrar el osciloscopio de la siguiente manera:

Tiempo base: 20 mseg/div.

Voltaje base: 2 V/div.



Figura 14-4: Señal obtenida del prototipo en el osciloscopio

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

Se procedió a calcular el tiempo de activación que nos representa en el osciloscopio para poder conocer si existe alguna diferencia entre los valores calculados.



Figura 15-4: Tiempo de activación en el osciloscopio.

Realizado por: Chadán E; Coque J. 2021

El tiempo que marca en el osciloscopio la señal de activación es de 3.62 ms., cuando el prototipo esta programado para enviar los pulsos con un tiempo de 3 ms., por lo tanto, existe una diferencia o margen de voltaje de +0.62 ms. con relación al prototipo.

4.5. Especificaciones técnicas.

Características incluidas

En la activación de los inyectores GDI tienen que ser controlado por un sistema electrónico de control que envíe la información adecuada para el buen funcionamiento, para los cuales se implementaron diferentes componentes que serán detallados de la siguiente manera.

Microprocesador Arduino nano:

Es el encargado de generar un pulso para la activación y desactivación para el funcionamiento de los consumidores en pocos intervalos de tiempo, el tiempo que necesita un inyector es muy corto para que no se pueda dañar, el microprocesador lo hace en intervalos pequeños y tiene tiempos de funcionamiento de máximo 5 minutos que igual es controlado por el mismo.

Optoacoplador (4N25):

Es un dispositivo que tiene como función la de conectar dos diferentes circuitos mediante un diodo emisor de luz y un fototransistor que recibe la señal y lo amplifica para así poder manejar otro circuito que puede tener una potencia de trabajo mayor.

Fuente de voltaje:

Esta alimentado a una fuente de voltaje de 110V

Dimensiones:

Sus dimensiones son 109 x 120 mm y tiene un espesor de 45 mm.

Material:

Está fabricado de un material de filamento PLA para la impresión 3D

Modos de funcionamiento:

Externo: recolectando la señal del lavador de inyectores se puede adaptar para que funcionar inyectores GDI ya que tuene un circuito de alimentación diferente a la del banco de pruebas de inyectores.

Interno: con la ayuda del microcontrolador se genera un pulso de activación adecuado para los inyectores GDI.

CONCLUSIONES

- El presente trabajo muestra la base bibliográfica necesaria para comprender para la transformación de un banco de pruebas de inyección indirecta a uno de inyección directa, los conceptos tratados se basan en el estado del arte existente y en las sugerencias de expertos en los temas asociados a la electrónica, programación e inyección directa.
- Se diseñó un circuito que pueda generar pulsos electrónicos con un intervalo de activación para los inyectores de 0,1 a 3 ms. y también pueda funcionar de manera externa con la señal del banco de pruebas de inyectores, para así analizar el funcionamiento de los inyectores GDI.
- Los bancos de pruebas de inyectores de inyección indirecta realizan o envían pulsaciones en tiempos muy largos para la activación de los consumidores y así realizar un diagnóstico y luego de ello una pieza, pero en los inyectores GDI tiene que ser las pulsaciones de activación en tiempo cortos ya que su resistencia es menor y así tiene un mayor consumo de corriente.
- Se analizó y se elaboró un manual de operaciones para un manejo eficiente y correcto del circuito electrónico que está diseñado para a activación de inyectores GDI, se especifica bien sobre las conexiones que se debe realizar y los cuidados que se debe de tener para no dañar el mismo y también se especifica sobre los modos de funcionamiento que tiene este dispositivo.
- Se diseñó una tarjeta electrónica que cumpla con las funciones de activar y desactivar inyectores GDI, de modo que pueda generar pulsos de inyección en intervalos de tiempo pequeños y también que se puedan utilizar los mismos pulsos del banco de pruebas para el funcionamiento de los inyectores GDI con diferente tipo de corriente.

RECOMENDACIONES

- Comprobar que exista líquido en el tanque del banco de pruebas observando el nivel en el depósito antes hacer de alguna prueba
- Identificar el tipo de inyector GDI que se vaya a ingresar a el banco de pruebas ya que existe dos tipos de inyectores, el inyector con el que puede funcionar la maquina son la de bobinados ya que tiene una resistencia menor y para la cual fue diseñada la tarjeta electrónica.
- Es necesario tener en cuenta la presión en la que se trabaja estos tipos de inyectores, porque en el vehículo la presión que ejerce es de 300 bares y es muy peligroso tener esas presiones en los bancos de pruebas por lo que se adoptó en mantener una presión entre 1 y 10 bares en el banco de pruebas.
- Para modelos antiguos de bancos de pruebas de inyectores de inyección indirecta es recomendable que se utilice en el modo interior ya que este genera sus pulsos de activación en tiempos muy cortos para así no quemar o dañar los inyectores GDI.

GLOSARIO

AC: Corriente alterna.

DC: Corriente continua.

Inyector: Es una válvula electromagnética que introduce el combustible a la cámara de combustión de manera que el combustible ingresa a una presión adecuada para formar una mezcla ideal para su combustión.

GDI: Sistema de inyección directa de gasolina.

MPFI: Inyección de gasolina multipunto.

Optoacoplador: Es un interruptor que es activado mediante una luz infrarroja emitida por un diodo led hacia un fototransistor o cualquier otro dispositivo capaz de detectar los infrarrojos.

Ultrasonido: Este método de limpieza funciona mediante ondas longitudinales de alta frecuencia producidas en el líquido en el que se sumergen las piezas.

Osciloscopio: Aparato que sirve para registrar oscilaciones de ondas y las presenta en una pantalla.

Ms.: Unida de tiempo, se mide en milisegundos.

BIBLIOGRAFIA

ABAX3D. <https://abax3dtech.com/filamento-pla-conoces-su-historia-y-caracteristicas/>. [En línea] 19 de octubre de 2020. <https://abax3dtech.com/2020/10/19>.

ANALUCA, W & SANGUCHO, C. *Diseño y construcción de un sistema de simulación, diagnóstico y comprobación de sistemas de alimentación de combustible para inyector diesel electrónicos H.E.U.I.*(Tesis de grado) Latacunga : Univercidad de las Fuerzas Armadas, 2013.

ASNU, CORPORATIONEUROPELTD. <http://greentuneautomotive.com/>. [En línea] 2015. <http://greentuneautomotive.com/wp-content/uploads/2015/11/Entendiendo-la-Comprobaci%C3%B3n-de-Inyectores-GDI.pdf>.

BASSHUYSEN. *Gasoline Engine With Direct Injection.* Mumbai : exlibris, 2009.

BOSCH. *Sistemas de Inyección Electrónica.* Berlin : s.n., 2010.

CALSIN, ALDO, ZINANYUCA & ROLANDO. *Analisis y diselo de un modulo de control electronico (ECM) para la optimizacion de la potencia de un motor de combiustion interna toyota 4AFE.* Arequipa : Universidad Católica de Santa María, 2015.

CHINCHOLKAR, S & SURYAWANSHI, J. *Gasoline Direct Injection: An Efficient Technology.* Mumbai : ScienceDirect, 2015.

COLLAGUAZO TACURI, H P. *Análisis del sistema de inyección directa de gasolina en motores Fsi de Volkswagen.* Cuenca : Universidad del Azuay, 2013.

ELECLAM. Electronica LAM. *Electronica LAM.* [En línea] 15 de Abril de 2020. <https://www.electronicalam.com/componentes-electronicos/>.

FEITO & SERGIO. Motorok . *Motorok* . [En línea] 02 de 12 de 2019. <https://www.motorok.com/tribunas/tribuna-sergio-feito-guaja-trading-motores-gdi/>.

FERRER & ÁLVARO. autonoción. [En línea] 09 de Marzo de 2015. <https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>.

FLOYD & THOMAS. *Dispositivos Electrónicos.* MEXICO : PEARSON EDUCACION , 2008.

HAYA ÁLVAREZ, SANTIAGO. *Motores de inyección directa de encendido por chispa: Análisis conceptual de las tecnologías e implicaciones en las prestaciones.* Sevilla : Universidad de Sevilla, 2015.

HÉRNANDEZ, A. *El transistor*. 2016.

LECUONA, A. *Nuevas tecnologías en motores: La inyección directa de gasolina*. 2015.

LENIN, CHÁVEZ & CÉSAR. *Epistemología y metodología*. s.l. : Grupo Editorial Patria., 2014.

MAYORGA, FÉLIX & NÚÑEZ, MARTIN. *BANCO DE PRUEBA PARA DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO EN SISTEMA DE INYECCIÓN A GASOLINA*. (Tesis de grado) Latacunga : ESPE, 2015.

MAS TORRENT, M & ROVIRA, C. *Transistores de efecto de campo basados en moléculas orgánicas (OFETs)*. 2009, In *Anales de Química*, págs. Vol. 105, No. 1 , pp. 18-18).

MILLA. *Estratificación de un motor de inyección directa a gasolina al variar la altitud*. 2019, *Revista Ciencia UNEMI*, págs. 46-56.

NATO & CABRERA. <http://repositorio.espe.edu.ec/>. [En línea] Diciembre de 2012. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/6395/1/T-ESPEL-CDT-0991.pdf>.

NAVARRO & LENÍN. *El método científico*. s.l. : Grupo Editorial Patria, 2014.

SARDIÑA & MARTIN. Alimentación de motores de combustión interna, sistemas de inyección de motores. *Repositorio Institucional Abierto*. [En línea] 2017. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/2501>.

REDACCION AUTOPOS. *La evolución del sistema GDI de Delphi Technologies*. 2019, Autopos.

SKALA, F. ciselectronics. *ciselectronics*. [En línea] 17 de Marzo de 2014. www.cise.com.

SKYROCK. [En línea] 18 de Abril de 2008. <https://autotronica-inyeccion.skyrock.com/1698535586-Mezcla-homogenea.html>.

SOMESO, CIFP. www.edu.xunta.gal. www.edu.xunta.gal. [En línea] 2013. <https://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>.

SUN. <https://la.sun-workshopsolutions.com/>. <https://la.sun-workshopsolutions.com/>. [En línea] 2019. <https://la.sun-workshopsolutions.com/es/products/diagnostic/pdl-5600>.

VÁSQUEZ & ISABEL. Tipos de estudio y métodos de investigación. *Tipos de estudio y métodos de investigación*. [En línea] 18 de Diciembre de 2005. <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tipos-de-estudio-y-m%C3%A9todos-de-investigaci%C3%B3n.pdf>.

VILLAVICENCIO & PABLO DANIEL. *Diseño y construcción de un banco electrónico de pruebas y limpieza de inyectores a gasolina*. Riobamba : Espoch, 2012.

WURTH. www.wurth.co. www.wurth.co. [En línea] 07 de Febrero de 2020. <https://website.wurth.co/wp-content/uploads/2020/02/7.EQUIPAMIENTO-DE-TALLER-FEBRERO-2020.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A. Manual de usuario

COMPROBADOR DE INYECTORES TIPO GDI



- ✓ Por favor leer este manual antes de usar el equipo.

PRECAUCION

- No usar inyectores de tipo GDI piezo eléctricos en el prototipo.
- El prototipo trabaja con una alimentación de 110 Voltios no exceder esta tensión.
- El equipo necesita trabajar con la ayuda de una maquina limpiador de inyectores convencional.
- Para asegura el buen funcionamiento del equipo, por favor usar liquido de prueba recomendado para comprobador de inyectores gasolina.
- No trabajar con máquinas limpiadoras de inyectores que excedan los 10 BAR de presión.

DATOS TECNICOS

Corriente de alimentación: 110 Voltios AC

Corriente de salida: 12 Voltios DC

Pantalla LCD: 16x2 i2C



Potencia total: 600 Watts

Capacidad de inyectores: 4 inyectores GDI

Presión de limpieza del sistema: No exceder los 10 BAR


SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIPCION
	Botón para iniciar prueba.
	Botón para cambiar prueba (señal exterior o interior).
	Selector de tiempo para finalizar la prueba.
	Variador de tiempo de trabajo.
	Entrada fuente de alimentación.

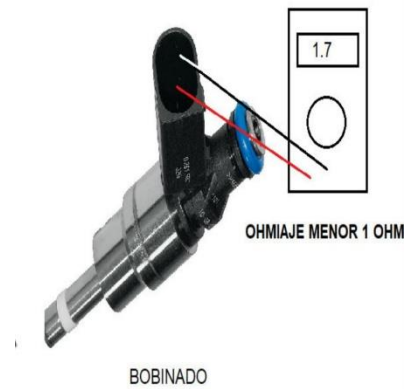
	<p>Señal de ingreso de la maquina externa.</p>
	<p>Señal de salida para los inyectores.</p>

PANEL DE OPERACIÓN

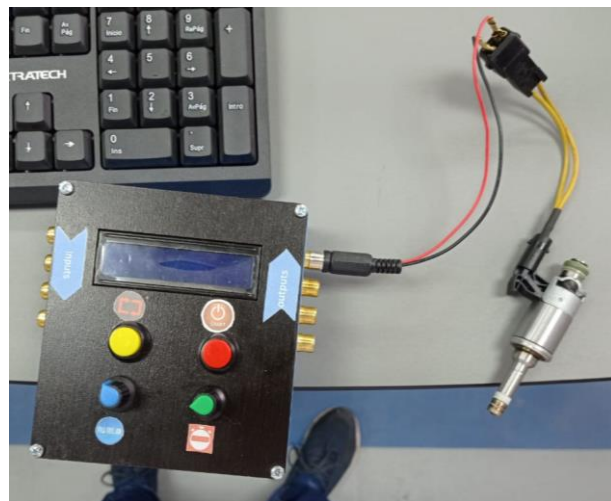
Para realizar las pruebas en el equipo de trabajo debemos realizar los siguientes pasos, detallados a continuación:

<p>1. Se debe conectar el prototipo a un toma de corriente de 110 V.</p>	
--	--

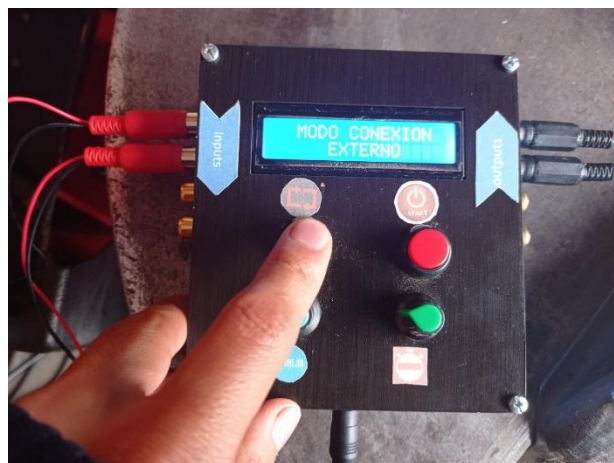
2. Medir la resistencia con un multímetro de cada inyector para conocer que sean de tipo bobinado (no deben sobrepasar los 2Ω).



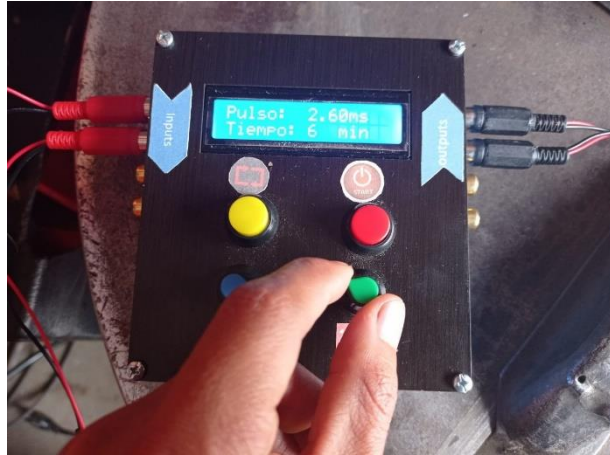
3. Conectar cada inyector de tipo GDI en cada una de las salidas de señal (outputs).



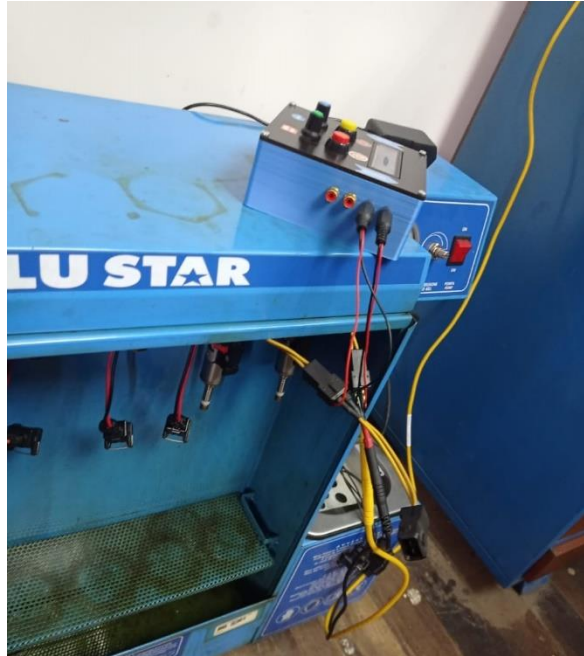
4. Elegir el modo de señal:
- **Externa:** si la maquina limpiadora de inyectores tiene modo de prueba se ocupa esos pulsos con tiempo de activación no mayores a 5ms.
 - **Interna:** la maquina consta de valores de 1 a 3 ms para los pulsos.



5. Fijar el tiempo en el que se van a limpiar los inyectores de tipo GDI, el mismo que se encuentra en un rango de 5 minutos como mínimo y 10 minutos como máximo. Esto para que no exista sobrecalentamiento en el sistema en el caso del olvidar apagar la máquina.



6. Ubicar los inyectores de tipo GDI en la tina de ultrasonido de la maquina convencional.



7. Presionar el botón START y en la pantalla LCD comenzara el conteo regresivo.



8. Al final en la pantalla emitirá el texto: TIEMPO AGOTADO cuando los inyectores estén listos.



9. Desconectar los inyectores al igual que la máquina para que no exista consumos de corriente innecesarios.



Nota: en el caso de lavar los inyectores por medio de una señal exterior conectar las salidas de la maquina convencional a cada uno de los pines de entrada (Inputs) y no sobrepasar los 5 ms en tiempo de activación.

Comentarios:

El tiempo de activación no debe sobrepasar los 5 ms, porque al ser mayores estos tiempos podríamos quemar al inyector, el mismo que se está manteniendo mucho tiempo abierto.

No se deben lavar inyectores de tipo piezo eléctrico, ya que es mismo se deformaría con la señal cuadrada que emite el prototipo y presentaría fallas al momento de usarlo en el vehículo.

PNP switching transistor**2N3906****FEATURES**

- Low current (max. 200 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

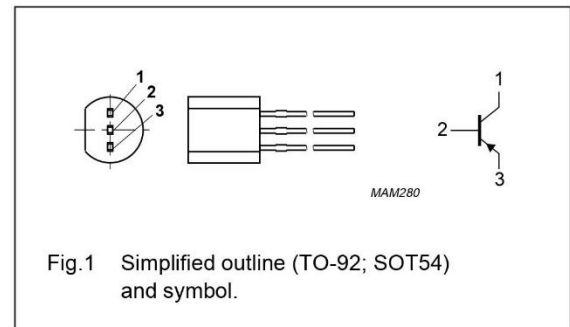
- High-speed switching in industrial applications.

DESCRIPTION

PNP switching transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. NPN complement: 2N3904.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	collector
2	base
3	emitter

**LIMITING VALUES**

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	-	-40	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	-	-40	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	-	-6	V
I_C	collector current (DC)		-	-200	mA
I_{CM}	peak collector current		-	-300	mA
I_{BM}	peak base current		-	-100	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	500	mW
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		-	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

PNP switching transistor

2N3906

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}$	-	-50	nA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = -6\text{ V}$	-	-50	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = -1\text{ V}$; note 1; see Fig.2 $I_C = -0.1\text{ mA}$ $I_C = -1\text{ mA}$ $I_C = -10\text{ mA}$ $I_C = -50\text{ mA}$ $I_C = -100\text{ mA}$	60 80 100 60 30	- - 300 - -	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -1\text{ mA}$; note 1 $I_C = -50\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$; note 1	-	-200 -200	mV mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -1\text{ mA}$; note 1 $I_C = -50\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$; note 1	-	-850 -950	mV mV
C_c	collector capacitance	$I_E = I_E = 0; V_{CB} = -5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	4.5	pF
C_e	emitter capacitance	$I_C = I_C = 0; V_{EB} = -500\text{ mV}; f = 1\text{ MHz}$	-	10	pF
f_T	transition frequency	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	-	MHz
F	noise figure	$I_C = -100\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = -5\text{ V}; R_S = 1\text{ k}\Omega$; $f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$	-	4	dB
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.3					
t_{on}	turn-on time	$I_{Con} = -10\text{ mA}; I_{Bon} = -1\text{ mA}; I_{Boff} = 1\text{ mA}$	-	65	ns
t_d	delay time		-	35	ns
t_r	rise time		-	35	ns
t_{off}	turn-off time		-	300	ns
t_s	storage time		-	225	ns
t_f	fall time		-	75	ns

Note

1. Pulse test: $t_p \leq 300\text{ }\mu\text{s}$; $\Delta \leq 0.02$.



**SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**

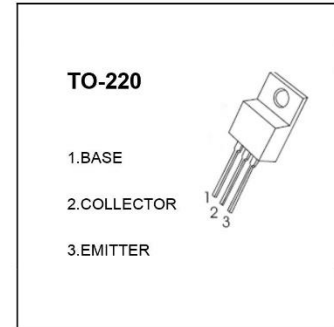
**TIP120,121,122
TIP125,126,127**

TIP120,121,122 Darlington TRANSISTOR (NPN)

TIP125,126,127 Darlington TRANSISTOR (PNP)

FEATURES

Medium Power Complementary silicon transistors



MAXIMUM RATINGS (T_A=25°C unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	TIP120 TIP125	TIP121 TIP126	TIP122 TIP127	Units
V _{CB0}	Collector-Base Voltage	60	80	100	V
V _{CE0}	Collector-Emitter Voltage	60	80	100	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	5			V
I _c	Collector Current -Continuous	5			A
P _c	Collector Power Dissipation	2			W
R _{θJA}	Thermal Resistance Junction to Ambient	62.5			°C/W
R _{θJC}	Thermal Resistance Junction to Case	1.92			°C/W
T _J	Junction Temperature	150			°C
T _{stg}	Storage Temperature	-55to+150			°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb}=25°C unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test conditions	MIN	MAX	UNIT
Collector-base breakdown voltage	V(BR) _{CBO}	I _c = 1mA, I _E =0	60 80 100		V
Collector-emitter breakdown voltage	V _{CE0} (SUS)	I _c = 30mA, I _B =0	60 80 100		V
Collector cut-off current	I _{CBO}	V _{CB} = 60 V, I _E =0 V _{CB} = 80 V, I _E =0 V _{CB} = 100V, I _E =0		0.2	mA
Collector cut-off current	I _{CEO}	V _{CE} =30 V, I _B =0 V _{CE} =40 V, I _B =0 V _{CE} =50 V, I _B =0		0.5	mA
Emitter cut-off current	I _{EBO}	V _{EB} =5 V, I _C =0		2	mA
DC current gain	h _{FE(1)}	V _{CE} = 3V, I _C =0.5A	1000		
	h _{FE(2)}	V _{CE} = 3V, I _C =3 A	1000		
Collector-emitter saturation voltage	V _{CE(sat)}	I _C =3A, I _B =12mA I _C =5 A, I _B =20mA		2 4	V
Base-emitter voltage	V _{BE}	V _{CE} =3V, I _C =3 A		2.5	V
Output Capacitance	C _{ob}	V _{CB} =10V, I _E =0, f=0.1MHz		300 200	pF

ANEXO D: Código del Arduino

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define I2C_ADDR 0x27

unsigned long time,time1;

LiquidCrystal_I2C      lcd(I2C_ADDR,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);

long pulso,tiempo;

float pulsof;

int modo,inicio;

// the setup function runs once when you press reset or power the board

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  lcd.begin (16,2);

  lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);

  lcd.setBacklight(HIGH);

  lcd.home ();

  pinMode(12, OUTPUT);

  pinMode(11, OUTPUT);

  pinMode(10, OUTPUT);

  pinMode(9, OUTPUT);

  pinMode(2, INPUT);
```

```
    pinMode(3, INPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever

void loop() {

    modo = digitalRead(3);

    inicio = digitalRead(2);

    while(modo==0)
    {

        modo = digitalRead(3);

        inicio = digitalRead(2);

        int sensorValue = analogRead(A0);

        pulso=map(sensorValue,0,1023,3000,200);

        int sensorValue2 = analogRead(A1);

        tiempo=map(sensorValue2,0,1023,5,10);

        pulsof=pulso/100;

        pantalla();
```

```
time1 = time+tiempo*60;

if(inicio==1)

{

do{

digitalWrite(12, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)

delayMicroseconds(pulso); // wait for a second

digitalWrite(12, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW

delayMicroseconds(1000); // wait for a second

digitalWrite(11, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)

delayMicroseconds(pulso); // wait for a second

digitalWrite(11, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW

delayMicroseconds(pulso); // wait for a second

digitalWrite(10, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)

delayMicroseconds(pulso); // wait for a second

digitalWrite(10, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW

delayMicroseconds(pulso); // wait for a second

digitalWrite(9, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
```



```

delayMicroseconds(pulso);           // wait for a second

digitalWrite(9, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW

delayMicroseconds(pulso);           // wait for a second

time = (millis()/1000);

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print("Pulso: ");

  lcd.setCursor(8,0);

  if(pulsof<=10){ lcd.print(pulsof/10);  lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ms");}

  if(pulsof>10) { lcd.print(pulsof/10,2); lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ms");}

  lcd.setCursor(0, 1);

  lcd.print("Tiempo: ");

  lcd.setCursor(8, 1);

  lcd.print(time1-time);

  lcd.setCursor(11, 1);

  lcd.print("  ");

  delay(50);

}while(time<=time1);

for(int i=1;i<=5;i++){

  lcd.clear();

```

```
lcd.setBacklight(LOW);

delay(500);

lcd.setBacklight(HIGH);

lcd.setCursor(5, 0);

lcd.print("Tiempo");

lcd.setCursor(3, 1);

lcd.print("Finalizado");

delay(500);

}

}

}

lcd.clear();

lcd.setCursor(2, 0);

lcd.print("MODO CONEXION");

lcd.setCursor(5, 1);

lcd.print("EXTERNO");

digitalWrite(9, LOW);

digitalWrite(10, LOW);

digitalWrite(11, LOW);

digitalWrite(12, LOW);

delay(1000);
```

```
}
```

```
void pantalla()
```

```
{
```

```
    lcd.clear();
```

```
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
    lcd.print("Pulso: ");
```

```
    lcd.setCursor(8,0);
```

```
    if(pulsof<=10){ lcd.print(pulsof/10);  lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ms");}
```

```
    if(pulsof>10) { lcd.print(pulsof/10,2); lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ms");}
```

```
    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
    lcd.print("Tiempo: ");
```

```
    lcd.setCursor(8, 1);
```

```
    lcd.print(tiempo);
```

```
    lcd.setCursor(11, 1);
```

```
    lcd.print("min");
```

```
    delay(500);
```

```
}
```

```
void pantalla2()
```

```
{
```

```
    lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Pulso: ");

lcd.setCursor(8,0);

if(pulsof<=10){ lcd.print(pulsof/10);  lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ms");}

if(pulsof>10) { lcd.print(pulsof/10,2); lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ms");}

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Tiempo: ");

lcd.setCursor(8, 1);

lcd.print(time);

lcd.setCursor(11, 1);

lcd.print("min");

}
```