

---

# **Montaje de un sistema de inyección controlado por electroválvulas e implementación del sistema extintor de incendios en un banco de pruebas para lavado de inyectores**

---

Presentado por

**Jesús Eduardo Abarka Rojas**

**Duban Andrés Sierra Fula**

**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**Fundación Universitaria Los Libertadores**

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Programa de Ingeniería Aeronáutica

Bogotá D.C, Colombia

2019



---

# **Montaje de un sistema de inyección controlado por electroválvulas e implementación del sistema extintor de incendios en un banco de pruebas para lavado de inyectores**

---

Presentado por

**Jesús Eduardo Abarka Rojas**

**Duban Andrés Sierra Fula**

en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar por

Título de

**Ingeniero Aeronáutico**

*Dirigida por*

**Iván Felipe Rodríguez Barón M.Sc**

*Codirector*

**Jaime Enrique Orduy Rodríguez M.Sc**

*Presentado a*

Programa de Ingeniería Aeronáutica  
Fundación Universitaria Los Libertadores  
Bogotá D.C, Colombia.

2019



Notas de aceptación



---

---

---

---

---

---

# LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá DC, diciembre de 2019





# LOS LIBERTADORES

## FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Las directivas de la Fundación Universitaria Los Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores y a los resultados de su trabajo.



## Dedicatoria



# LOS LIBERTADORES

## FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Dedicamos este proyecto a las personas que más apoyo nos han brindado para su desarrollo y posterior culminación, dándonos los mejores consejos, guiándonos y haciéndonos entender que alcanzaríamos con total éxito la realización del mismo; con afecto, y de nuestro más sincero reconocimiento se lo dedicamos a: Iván Felipe Rodríguez Barón, quien fue nuestro tutor, y quien desde el primer momento confió en nuestras capacidades para el desarrollo de este proyecto; a nuestros padres Isabel Cristina Rojas, Pedro William Sierra Jiménez, Claudia Patricia Fula Roncancio, quienes fueron nuestro mayor inspiración para tomar fuerzas cuando se nos presentaron momentos de frustración; y a nuestras parejas Johana Luque Lazzo y Camila Mahecha Chaparro, quienes del mismo modo fueron nuestro apoyo incondicional, y de motivación en todo el desarrollo de este proyecto de investigación.

Por último, a nuestras abuelitas y demás familiares, que siempre nos tuvieron en sus oraciones, llenándonos de valor y moral para no desistir de esta investigación.



## Agradecimientos



# LOS LIBERTADORES

## FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

En primera instancia, queremos agradecerle a Dios por brindarnos la sabiduría y el entendimiento para poder desarrollar cada uno de los componentes de este proyecto de investigación, el cual sin la ayuda de nuestro mentor el Ingeniero Iván Felipe Rodríguez Barón, quien nos brindó todas las herramientas necesarias y el apoyo académico y moral; el Ingeniero Jaime Enrique Orduy y el Ingeniero Juan Carlos Gamba, que sin ayuda de ellos y sus consejos académicos no lo hubiéramos logrado.

De igual manera, agradecemos a cada uno de nuestros compañeros de pregrado, que nos brindaron sus conocimientos en algunas etapas de nuestro proyecto cruciales, dejando a un lado la competitividad.

Para finalizar, queremos manifestar nuestros agradecimientos frente a todo el personal del cuerpo administrativo, que en todo este proceso estuvieron atentos a nuestras dudas y requerimientos para brindarnos apoyo, y que la culminación de este trabajo de grado fuera exitosa.

# Índice General

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>15</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>18</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>19</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>21</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>25</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>25</b>
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>27</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>27</b>
2.1 Objetivos.....	27
2.1.1 Objetivo General:.....	27
2.1.2 Objetivos Específicos:.....	27
2.2 Justificación.....	28
2.3 Metodología.....	29
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>32</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>32</b>
3.1 Marco Referencial.....	32
3.2 Marco conceptual.....	34
3.3 Marco Histórico.....	35
3.4 Marco Legal.....	36
3.4.1 Anexo b. Manual de mantenimiento.....	36
3.4.2 Anexo c. Recomendaciones de seguridad.....	36
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>38</b>
<b>Desarrollo del Sistema y Diseño de Prototipos</b> .....	<b>38</b>
4.1 Recopilación de la información.....	38
4.2 Análisis de la información.....	38
<b>Diseño de Prototipos</b> .....	<b>40</b>

4.3 Microcontrolador .....	40
4.4 Tarjeta electrónica .....	41
4.5 Diseño preliminar (electrónica): .....	42
4.6 Materiales:.....	45
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>47</b>
<b>Costos del Proyecto .....</b>	<b>47</b>
5.1 Costo del proyecto .....	47
<b>Capítulo 6 .....</b>	<b>52</b>
6.1 Construcción y Adaptación .....	52
6.2 Programación de la interfaz de control .....	56
6.3 Control de potencia.....	60
<b>Capítulo 7 .....</b>	<b>62</b>
<b>Montaje Final en el Banco de Inyectores, Sistema Anti Incendios y</b>	
<b>Resultados.....</b>	<b>62</b>
<b>.....</b>	<b>63</b>
<b>Capítulo 8 .....</b>	<b>65</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>65</b>
8.1 Conclusiones .....	65
8.2 Recomendaciones e investigaciones futuras .....	66
<b>Bibliografía .....</b>	<b>67</b>
<b>Apéndice A.....</b>	<b>70</b>
Materiales construcción final del sistema Anti incendios y de lavado por Electroválvulas .....	70
<b>Apéndice B.....</b>	<b>79</b>
<b>Primer Apéndice .....</b>	<b>79</b>
Instalación Sistema Anti Incendios: .....	79
<b>Segundo Apéndice .....</b>	<b>82</b>
Instalación Electroválvulas en el Banco de Lavado de Inyectores: .....	82
<b>Apéndice C .....</b>	<b>83</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1 . BANCO DE PRUEBAS DE LAVADO DE INYECTORES (ELABORACIÓN PROPIA).....	33
ILUSTRACIÓN 2 PROTOTIPO EN MULTISIM (ELABORACIÓN PROPIA) .....	40
ILUSTRACIÓN 3 TARJETA ELECTRÓNICA LA CUAL FUE DISEÑADA EN ULTIBOARD (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.) .....	41
ILUSTRACIÓN 4. IMPRESO DE LA TARJETA ELECTRÓNICA (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.) .....	42
ILUSTRACIÓN 5. TUTORIALES INICIALES (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.).....	42
ILUSTRACIÓN 6. TUTORIALES INICIALES (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.) .....	43
ILUSTRACIÓN 7. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO DE CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS MULTISIM (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.)	43
ILUSTRACIÓN 8. BOCETO A MANO ALZADA DE CIRCUITO ELECTRÓNICO ELECTROVÁLVULAS (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.) .....	44
ILUSTRACIÓN 9. MODELO TRIDIMENSIONAL DEL IMPRESO ELECTRÓNICO. (ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS RECOPIADOS DE GUZMÁN J.; ROBERTO J.).....	44
ILUSTRACIÓN 10 BANCO DE LAVADO DE INYECTORES (MANUAL). (ELABORACIÓN PROPIA) .....	52
ILUSTRACIÓN 11 BANCO DE LAVADO DE INYECTORES (LATERAL DERECHO Y BANCO DE LAVADO DE INYECTORES (LATERAL IZQUIERDO). (ELABORACIÓN PROPIA) .....	53
ILUSTRACIÓN 12 INTERIOR DE LA CÁMARA DEL BANCO DE LAVADO DE INYECTORES (ELABORACIÓN PROPIA).....	53

ILUSTRACIÓN 13 INTERIOR DE LA CÁMARA DEL BANCO DE LAVADO DE INYECTORES	
(ELABORACIÓN PROPIA).....	54
ILUSTRACIÓN 14 PANEL FRONTAL (ELABORACIÓN PROPIA).....	57
ILUSTRACIÓN 15. DIAGRAMA DE BLOQUES (ELABORACIÓN PROPIA) .....	58
ILUSTRACIÓN 16. PROGRAMA (ENERGÍA 1.6) Y LABVIEW (ELABORACIÓN PROPIA).....	59
ILUSTRACIÓN 17. ORGANIZACIÓN DE COMPONENTES EN LA TARJETA ELECTRÓNICA.	
(ELABORACIÓN PROPIA).....	59
ILUSTRACIÓN 18. DIAGRAMA CONTROL DE POTENCIA (ELABORACIÓN PROPIA) .....	60
ILUSTRACIÓN 19. INSTALACIÓN EXTINTOR Y MANGUERAS; INSTALACIÓN RACORES EXTINTOR	
(ELABORACIÓN PROPIA).....	63
ILUSTRACIÓN 20. INSTALACIÓN ELECTROVÁLVULAS E INTERRUPTORES ELÉCTRICOS.	
(ELABORACIÓN PROPIA).....	63
ILUSTRACIÓN 21 MICROCONTROLADOR MSP-430-G2553GL (MERCADO LIBRE, 2019).....	70
ILUSTRACIÓN 22 TRANSISTOR NPN (MERCADO LIBRE, 2019) .....	70
ILUSTRACIÓN 23. FUENTE DE 12 VCD A 20 AMPERIOS (MYF IMPORT, 2019).....	71
ILUSTRACIÓN 24. ELECTROVÁLVULAS 12v DC ½ REF: 2W-040-1ON (MLTRACTORES, 2019)..	71
ILUSTRACIÓN 25. TABLET LENOVO DIGITAL (ALKOSTO, 2019) .....	72
ILUSTRACIÓN 26. EXTINTOR DE 5 LIBRAS CON 125 PSI DE PRESIÓN, CATEGORÍA B PARA APAGAR	
COMBUSTIBLES (FICSA SEGURIDAD INDUSTRIAL , 2019).....	72
ILUSTRACIÓN 27. MANGUERA FUEL/OIL HOSE SAE J30 R6 3/16” W 300 PSI (EXTINTOR).	
(ALIBABA.COM, 2019).....	73
ILUSTRACIÓN 28. RACOR B122 3/8 NPT. (EBAY, 2019).....	73

ILUSTRACIÓN 29. ACOPLA ROSCA HEMBRA BSP 3/8 (MANGUERA). (TIENDA HIDRAULICA, 2019) .....	74
ILUSTRACIÓN 30. ACOPLA ROSCA MACHO 1/4 BSP 1/8. (TIHSA TIENDA INDUSTRIAL DE HERRAMIENTAS, 2019).....	74
ILUSTRACIÓN 31. RACOR B68 5/16 X 1/4 NPT. (INRAPARTES.COM, 2019).....	75
ILUSTRACIÓN 32. RACOR B69 5/16 X 1/4 NPT. (INRAPARTES.COM, 2019).....	75
ILUSTRACIÓN 33. RACOR B110 1/2 X 1/4 NPT. (INRAPARTES.COM, 2019).....	76
ILUSTRACIÓN 34. RACOR B68 5/16 X 1/8 NPT. (TIENDA HIDRAULICA , 2019).....	76
ILUSTRACIÓN 35. B122 1/8 X 1/4 NPT. (EXPRESS, 2019) .....	77
ILUSTRACIÓN 36. B102 1/8 NPT. (INRAPARTES.COM, 2019).....	77
ILUSTRACIÓN 37. B64 5/16 NPT. (ELECTROFRENOR SAS, 2019) .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COSTOS DEL PROYECTO (ESTUDIANTES ESAVE) .....	47
TABLA 2. COSTOS DE MATERIALES (COMPAÑEROS ESAVE) .....	48
TABLA 3. PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO (COMPAÑEROS ESAVE) .....	48
TABLA 4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (COMPAÑEROS ESAVE).....	48
TABLA 5. COSTOS DEL PROYECTO (COMPAÑEROS ESAVE).....	49
TABLA 6. COSTOS DE MATERIALES (ESTUDIANTES LIBERTADORES).....	49
TABLA 7. PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO (ESTUDIANTES LIBERTADORES) .....	49
TABLA 8. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (ESTUDIANTES LIBERTADORES).....	50
TABLA 9. DISEÑO (ESTUDIANTES LIBERTADORES) .....	50
TABLA 10. COSTOS DEL PROYECTO (ESTUDIANTES LIBERTADORES) .....	50

## GLOSARIO

**CONFIABILIDAD:** Es la posibilidad de que una parte de la máquina o del producto funcione adecuadamente en un momento determinado y bajo condiciones estabilizadas.

**MANTENIMIENTO:** Todas las acciones que tienen como objetivo mantener el componente en un estado en cual pueda llevar a cabo la función requerida.

**MANUAL:** Es un documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse para la conservación u operación de alguna máquina.

**LENGUAJE MÁQUINA O CÓDIGOS MÁQUINA:** Es un sistema de códigos directamente interpretable por un circuito programable como un microprocesador o el microcontrolador.

**MICROCONTROLADOR:** Es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora CPU, memoria y unidades es decir se trata de una computadora completa en solo circuito integrado programable y se destina a gobernar una sola tarea.

**PROGRAMA:** Es una serie de comandos contenidos en un formato definido por el usuario con el fin de darle un uso al hardware.

**REPARACIÓN:** Restitución a las condiciones iniciales de una maquina

**CORRIENTE ELÉCTRICA:** Es el flujo de electrones libres atreves de un conductor o semiconductor eléctrico, su unidad de medida es de amperios.

**ELECTRÓNICA:** Es una rama de la física que se especializa en el entendimiento y control de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente.

**ELECTRÓN:** Partícula subatómica cargada negativamente.

**RESISTENCIA:** Resistencia eléctrica es toda la oposición que se encuentra la corriente aun circuito cerrado.

**ERGONOMÍA:** Disciplina certificada que trata del diseño de lugares de trabajo herramientas y tareas que coinciden con las características fisiológicas anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador.

**ULTIBOARD:** es una herramienta de software para el diseño de tarjetas PCB y está integrada con MULTISIM.

**LABVIEW:** Plataforma de desarrollo para diseñar sistemas con un lenguaje de programación visual gráfico.

**MULTISIM:** Es un programa de captura y simulación de esquemas electrónicos que forma parte de un conjunto de programas de diseño de circuitos, junto con ULTIBOARD .

# **Montaje de un sistema de inyección controlado por electroválvulas e implementación del sistema extintor de incendios en un banco de pruebas para lavado de inyectores**

## **Resumen**

En conjunto con la Escuela de Aviación del Ejército (ESAVE) y la Fundación Universitaria Los Libertadores; se pretende desarrollar la automatización del Banco de lavado de inyectores, que se encuentra en funcionamiento de forma manual en el taller de motores ubicado en el Batallón de Mantenimiento de Aviones No.1 del Ejército Nacional; de igual manera, se espera realizar la adecuada adaptación del sistema extintor de incendios, con el fin de prevenir accidentes a causa del uso de combustible que se requiere para llevar a cabo la operación descrita anteriormente; teniendo en cuenta, que en el procedimiento de lavado el operario tiene contacto directo con el combustible, lo que ocasiona riesgos en la salud de quienes realizan dicha labor.

De manera que, para solucionar esta problemática es necesario desarrollar innovaciones tecnológicas, como por ejemplo la implementación de sistemas electrónicos que faciliten, y a la misma vez mejoren las condiciones en que se hace el procedimiento, logrando disminuir el consumo de combustible y energía que normalmente se utilizaría con el proceso manual, ya que con un sistema controlado por electroválvulas se gastaría una menor cantidad. Así pues, el diseño y fabricación de un sistema electrónico de control de electroválvulas eliminará los riesgos al que están expuestos los técnicos, reducirá las posiciones incómodas y controlará el derrame de combustible en los alrededores del banco.

Ahora bien, cabe denotar que, para el desarrollo del proyecto, se requiere en primera instancia, la creación de una tarjeta electrónica, que integre los programas y permita el control de apertura y cierre de cada una de las cuatro válvulas utilizadas para este proceso.

De modo que, la tarjeta electrónica y los programas, deben tener características eléctricas, que permitan comunicar el software y el hardware; la tarjeta electrónica que integra los programas

cuenta con la capacidad de recibir 12V DC a 20A, donde se utilizaran 12A para la activación de las válvulas, y un puerto USB que permite la conexión a una Tablet.

Cabe resaltar que, para el desarrollo del software, se utilizará el programa LABVIEW, el cual reemplaza la operación manual de cierre y apertura de las válvulas por parte del operador.

**Palabras clave:** Electroválvulas, sistema extintor de incendios, inyector, motor PT6, Motor Garrett TPE, banco de lavado.

# **Assembly of an injection system controlled by solenoid valves and implementation of the fire extinguishing system in a test bench for injector washing**

## **Abstract**

Together with the Army Aviation School (ESAVE) and the Los Libertadores University Foundation; It is intended to develop the automation of the Bank of injectors washing, which is in operation manually in the engine workshop located in the Aircraft Maintenance Battalion No.1 of the National Army; in the same way, it is expected to make the appropriate adaptation of the fire extinguishing system, in order to prevent accidents due to the use of fuel required to carry out the operation described above; taking into account that in the washing procedure the operator has direct contact with the fuel, which causes health risks for those who perform such work.

So, to solve this problem it is necessary to develop technological innovations, such as the implementation of electronic systems that facilitate, and at the same time improve the conditions in which the procedure is done, reducing fuel consumption and energy normally would use with the manual process, since with a system controlled by solenoid valves a smaller amount would be spent. Thus, the design and manufacture of an electronic solenoid valve control system will eliminate the risks to which technicians are exposed, reduce awkward positions and control fuel spillage around the bank.

However, it should be noted that, for the development of the project, it is required in the first instance, the creation of an electronic card, which integrates the programs and allows the control of opening and closing of each of the four valves used for this process.

So, the electronic card and the programs must have electrical characteristics that allow the software and hardware to communicate; The electronic card that integrates the programs has the ability to receive 12V DC at 20A, where 12A will be used for valve activation, and a USB port that allows connection to a Tablet.

It should be noted that, for the development of the software, the LABVIEW program will be used, which replaces the manual operation of closing and opening the valves by the operator.

**Keywords:** Solenoid valves, fire extinguishing system, injectors, PT6 engine, Garrett TPE engine, wash bench.

# Capítulo 1

## Introducción

En asociación con la Escuela de Aviación del Ejército, los estudiantes de Ingeniería Aeronáutica de la fundación universitaria los libertadores, desarrollaron una forma más segura y ágil para la limpieza y lavado de los inyectores de toda la flota aérea del Ejército Nacional de Colombia que se encuentra en la ciudad de Bogotá D.C, la seguridad se logra elevar debido a que se hizo una implementación de un sistema anti-incendios, el cual se puede operar de manera fácil y rápida al momento de alguna eventualidad, este sistema cuenta con la capacidad de apagar cualquier incidente generado debido a que la mezcla que contiene logra apagar incendios provocados ya sea por materiales como lo son madera, caucho, papel, entre otros, hasta un incendio provocado por el combustible utilizado para la limpieza y el lavado de los inyectores el cual contiene un alto grado de inflamabilidad y es mucho más complicado de extinguir si no se cuentan con los implementos necesarios.

Para el lavado de los inyectores se implementó un circuito de última generación el cual combina las antiguas válvulas manuales del banco con modernas electroválvulas, las cuales beneficiarán a los operarios debido a que cuenta con un sistema portátil externo al banco de lavado para poder activar dichas electroválvulas, si este sistema no se encuentra disponible al momento del lavado se le adaptaron switches que permiten también la activación de las electroválvulas, con una interfaz fácil de utilizar, este reemplazará el sistema antiguo el cual para poder hacer la activación de las válvulas de lavado, se tenía que activar un sistema interno del banco el cual al momento de hacer la activación, el operario se impregnaba del líquido utilizado para la limpieza, lo cual podía traer repercusiones en la piel en ocasiones futuras. El sistema de activación externo portátil se logró implementar con ayuda de los conocimientos de los Ingenieros de la Escuela de Ingeniería del Ejército los cuales proporcionaron los conocimientos para lograr crear una interfaz que todos los operarios asimilen, este sistema permitirá la comodidad y seguridad al realizar el trabajo del lavado de los inyectores debido a que no tiene que realizar posiciones incómodas y peligrosas al momento de ejecutar la tarea, a esto se le suma que los tiempos de operación se reducirán drásticamente debido a la fácil utilización de este circuito electrónico. Esta implementación permite tener

siempre un sistema de respaldo ya sea el de la electroválvula o la válvula manual, así este banco de lavado de inyectores siempre se encontrará disponible, aunque se llegue a presentar alguna falla o mala intervención de alguno de estos dos sistemas, al hacer esta asociación se crean mejores vínculos entre las dos instituciones lo cual permitirá crear varios proyectos en un futuro que puedan beneficiar ya sea a la Institución del Ejército Nacional de Colombia como a la Fundación Universitaria Los Libertadores.

Este proyecto es la primera intervención realizada por la Fundación Universitaria Los Libertadores en las Instalaciones del Ejército Nacional de Colombia, por lo tanto es el proyecto que tiene que dejar la mejor reputación ante todo el personal de las Instalaciones del Ejército Nacional de Colombia.

## Capítulo 2

### Planteamiento del problema

Los inyectores son importantes para el funcionamiento de la cámara de combustión de los motores en las aeronaves, por tal razón es indispensable hacerles un correcto mantenimiento, para hacer más larga su vida útil de trabajo y su rendimiento en el motor. En la actualidad el Batallón de Mantenimiento de Aviones No.1 de la Aviación del Ejército Nacional, cuenta con un banco de pruebas y lavado de inyectores el cual contiene cuatro válvulas manuales que son las encargadas de aliviar la presión, y permitir el paso de combustible al inyector para realizar el proceso de limpieza.

Teniendo en cuenta, que el procedimiento se realiza de forma manual, implica claramente el contacto directo del operario con la válvula para dar paso al combustible, lo que genera que en muchas ocasiones el fluido caiga sobre la humanidad del técnico, lo que permite el aumento de las posibilidades de accidentes, y de riesgos de seguridad en las instalaciones de mantenimiento; por esta razón, se quiere implementar el sistema extintor de incendios para mitigar cualquier fuego que se presente dentro de la cámara de lavado.

#### 2.1 Objetivos

##### 2.1.1 Objetivo General:

- Diseñar e implementar un sistema controlador de flujo de combustible por electroválvulas, y un sistema extintor de incendios para el banco de lavado de inyectores ubicado en el Batallón No. 1 de Aviación del Ejército Nacional.

##### 2.1.2 Objetivos Específicos:

- Desarrollar un sistema electrónico que controle la apertura de electroválvulas en el software Multisim, conforme a los requerimientos dados por el Taller de Mantenimiento de Motores del Ejército Nacional.

- Diseñar el programa de control del sistema electrónico para la apertura de las electroválvulas por medio del programa LabVIEW.
- Realizar el modelo del banco de lavado de inyectores asociando las electroválvulas y tubería adecuada para el óptimo funcionamiento del lavado de inyectores por medio de software de diseño asistido por computadora (CAD).
- Ensamblar y adaptar en el banco de lavado de inyectores el sistema completo por electroválvulas y extintor de incendios para las respectivas pruebas y resultados esperados.

## 2.2 Justificación

El proceso de limpieza de los inyectores es de vital importancia para el funcionamiento adecuado de los motores PT6A y PTE331 de las aeronaves de las series (King, Turbo commander, Caravan y Casa 212); puesto que, permite un alcanzar un correcto y mejor rendimiento de la mezcla aire-combustible en su cámara de combustión.

El trabajo de los inyectores, es aportar la cantidad necesaria de combustible para tener una mezcla correcta con el aire, y así realizar una óptima combustión. El mal funcionamiento de los inyectores, ya sea por suciedad u otros factores, producirá una pérdida de eficiencia del motor. De manera que, con la limpieza de los inyectores se recupera su funcionalidad, recobrando así las condiciones óptimas de funcionamiento del motor en la aeronave; por ende, la importancia de generar nuevos métodos que contribuyan a realizar de manera eficaz el proceso de lavado de inyectores.

En la actualidad, la unidad de mantenimiento (Taller de Motores) encargada de realizar el proceso, cuenta con un banco de pruebas y lavado de inyectores el cual utiliza válvulas de acción manual, incrementando niveles de riesgo tanto para el operario como para las instalaciones.

Por tanto, es necesario implementar un sistema electrónico que permita controlar la apertura y cierre de cuatro (4) válvulas al momento de realizar el proceso mencionado anteriormente, donde el sistema electrónico brindará control en la cantidad de combustible requerido, y permitirá sincronizar la apertura o cierre de cada válvula, eliminando así completamente el contacto directo del operario con el combustible; teniendo presente, que al momento de realizar el montaje, las válvulas manuales serán reemplazadas por electroválvulas, lo que generará procesos con

innovaciones tecnológicas que aporten significativamente a la calidad de los procesos de mantenimiento empleados por la Aviación del Ejército.

En cuanto al sistema extintor de incendios, se optará por instalar un botón de emergencia el cual accionara toda la presión del extintor desocupándolo totalmente, para evitar que hallan áreas dentro de la cámara de lavado en las cuales se pueda llegar a producir fuego después de activar el sistema.

## 2.3 Metodología

Este trabajo investigativo, está enmarcado mediante el uso de una metodología descriptiva y explicativa de corte cualitativa y cuantitativa respecto al proceso de adaptación para el mejoramiento tecnológico de las herramientas aeronáuticas del taller de mantenimiento de motores del Batallón No.1 del Ejército Nacional.

En cuanto, al diseño de un circuito electrónico, que permita controlar las electroválvulas encargadas, de conducir el combustible para la limpieza de lavado de inyectores.

Para el desarrollo del proyecto, se requiere de igual manera, la creación de una tarjeta electrónica, que integre los programas, que permitan el control de apertura y cierre de cada una de las cuatro electroválvulas utilizadas para este proceso; además de esto contara con unos interruptores eléctricos de emergencia para activar las electroválvulas por si el circuito electrónico falla, y a su vez una válvula manual en las cuatro válvulas de apertura por si los circuitos eléctricos y electrónicos fallan.

La tarjeta electrónica y los programas, deben tener características eléctricas, que permitan comunicar el software y el hardware la tarjeta electrónica que integra los programas cuenta con la capacidad de recibir 120v a 20 amperios, donde se utilizaran 12 amperios para activación de las válvulas, un puerto USB que permite la conexión a una Tablet. Para el desarrollo del software se utilizará el programa LABVIEW, el cual remplaza la operación manual de cierre y apertura de las válvulas por parte del operador y el programa “ENERGÍA 1.6” que permite a LABVIEW procesar el lenguaje de códigos.

Una vez finalizado el circuito electrónico (hardware) y la interfaz de control, se realiza el diseño de la caja que va a contener estos dispositivos, para ello y teniendo en cuenta el espacio mínimo requerido para la tarjeta electrónica, se selecciona la ubicación que facilite la manipulación de

dichos dispositivos en el banco de prueba; por otra parte la fabricación de la parte estructural, va limitada a las observaciones del cuerpo de técnicos e ingenieros del Batallón de Aviones, con respecto al material, índice de protección y aislamiento eléctrico.

Todo lo anterior, con el fin de ensamblar el circuito electrónico, y la Tablet con interfaz de control en el soporte estructural del banco de prueba.

Además, por la seguridad e integridad de quienes manipulan el banco, se instalará un sistema anti incendio el cual se activará por una válvula manual que cubrirá toda el área de trabajo descargando por completo el extintor para mayor seguridad.

Por último, y una vez aprobada la estructura y materiales del banco por parte del Batallón de Aviones No.1, se prosigue al ensamble de la tarjeta electrónica, y el soporte estructural de la Tablet, la cual quedara en funcionamiento por los miembros del taller de motores de la escuela.



# Capítulo 3

## Marco Teórico

El presente capítulo da a conocer los diferentes conceptos que hicieron parte del desarrollo teórico para la culminación del documento.

### 3.1 Marco Referencial

La Aviación del Ejército Nacional, cuenta con una flota de aeronaves turbo hélice con motores PT6A y PTE-331, los cuales utilizan una cámara de combustión de flujo inverso; de esta manera, requiere de inyectores que distribuyan el combustible homogéneamente dentro de ella, para su óptimo funcionamiento.

Resulta oportuno mencionar, que los inyectores se consideran como válvulas solenoides (electroválvulas), porque su funcionamiento es el de permitir el paso o bloqueo de combustible cuando se recibe un pulso eléctrico desde una unidad de control; puesto que, el pistón interno se eleva permitiendo que el combustible llegue hasta la boquilla, la cual cuenta con una serie de diminutas perforaciones por donde se expulsa y se introduce directamente en la cámara de combustión del motor de la aeronave.

Así mismo, existen dos tipos de inyectores para motores de aviación los simplex y los dúplex, ambos son inyectores de atomización; así pues, para el caso de los simplex son diseñados para ser más eficientes a altas presiones, mientras que los dúplex cuentan con una válvula divisora de flujo que permite al combustible pulverizar desde un orificio central.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la principal avería que puede sufrir un inyector con el paso del tiempo, está dada por las impurezas que pueda tener el combustible del cual se supla, ya que taponan sus orificios sin permitir el atomizado, reduciendo la mezcla la cual no ardera adecuadamente, dejando como resultado la pérdida de potencia y mayor consumo de combustible.

Para compensar el daño que pueda sufrir un inyector, existe actualmente un método de limpieza por medio de ultrasonido, que consiste en extraer los inyectores y colocarlos en un banco de

pruebas, donde se van lavando y midiendo las diferentes características como la resistencia, estanqueidad, patrón de atomización y caudal; siendo este el método más eficaz que permite corregir los posibles daños para volver a reinstalar los inyectores.

Con relación a esto, la Aviación del Ejército cuenta con el Batallón de Mantenimiento de aviones No.1 encargado del mantenimiento de aeronaves turbo hélice, para realizar los distintos procedimientos mencionados anteriormente, esta unidad tiene varios bancos de pruebas que requieren de modificaciones tecnológicas, con el propósito de lograr alcanzar un grado de eficiencia más alto y seguro., como puede observarse en la Ilustración 1.

De modo que, en la unidad en mención opera un banco de pruebas de lavado de inyectores el cual utiliza dispositivos manuales e indicadores análogos para realizar los procesos de limpieza del inyector, generando riesgos de seguridad para el operario e instalaciones. En efecto, al implementar innovaciones tecnológicas como el sistema electrónico de control de electroválvulas, los procesos de limpieza del inyector serán más seguros y eficientes.

Conviene subrayar, que el sistema electrónico de control de electroválvulas que se quiere instalar, será operado a través de un ordenador (Tablet) el cual facilitará la realización del lavado y evitará el contacto del operario con el combustible.



Ilustración 1 . Banco De Pruebas De Lavado De Inyectores (Elaboración propia)

Para los cálculos necesarios y mínimos de verificación de los inyectores se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación para Inyectores:**

$$\frac{du}{de} = \frac{\frac{1}{2\sqrt{\frac{1}{e^2} + \frac{A^2}{1-e}}} * \left(-\frac{2 * e}{e^4} + \frac{A^2}{(1-e)^2}\right)}{\frac{1}{e^2} + \frac{A^2}{1-e}} = 0$$

Fuente: (Escobar & TE. Hernández, 2007), Diseño y construcción de un banco de pruebas para las boquillas de inyección de combustibles de los motores PW 100 y PT6, Instituto Militar Aeronáutico (FAC), Universidad de San Buenaventura, Bogotá

### 3.2 Marco conceptual

Por lo anterior, para desarrollar el proyecto se realizó una investigación en el taller de motores ubicado en el Batallón de Mantenimiento de Aviones No.1; esta unidad, utiliza un banco de pruebas de lavado de inyectores el cual se opera de forma manual.

Al realizar el procedimiento de lavado, el operario tiene contacto directo con el combustible generando riesgos de salud; para dar solución a esta problemática se necesitan desarrollar innovaciones tecnológicas, como la implementación de sistemas electrónicos que faciliten y mejoren las condiciones en que se hace el procedimiento.

De igual manera, el diseño y fabricación de un sistema electrónico de control de electroválvulas eliminará los riesgos a los que están expuestos los técnicos, reducirá las posiciones incómodas y controlará el derrame de combustible en los alrededores del banco.

Puede mencionarse a la Fuerza Aérea Colombiana, como otro de los actores interesados en generar nuevas tecnologías, con el fin de aumentar el desarrollo eficiente de los procesos del taller de motores de aeronaves de ala fija. Por lo cual, esto depende del profesionalismo y capacitación de cada uno de los técnicos y operarios, que buscan suplir las necesidades operativas mediante la manipulación, y el minucioso mantenimiento de cada una de las piezas de los motores a reacción que conforman la planta motriz de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana. Por tanto, para

el alistamiento y operación de dichas aeronaves, es necesaria la aplicación de tecnología de punta, que permita que dichos procesos sean manejados con un alto nivel de calidad, logrando garantizar el cumplimiento de la misión institucional, basada en defender y mantener el control y la soberanía del espacio aéreo colombiano.

Es así, como surge la necesidad de implementar un proceso técnico, mediante la creación de un sistema electrónico para el lavado de inyectores, que permita controlar el flujo de combustible necesario para el correcto funcionamiento de los motores, y de esta manera, cumplir con un nivel de mantenimiento basado en la calidad.

### **3.3 Marco Histórico**

En cuanto a los avances del banco de lavado de inyectores no se han tenido progresos, ya que hasta el momento en Colombia la empresa AVANT es la principal casa fabricante de todo tipo de bancos de pruebas, sus diseños incluyen sistemas electrónicos de control de electroválvulas que son utilizados en varios campos de la industria.

Los inyectores, como parte fundamental para la atomización del combustible en el motor requieren de mantenimiento, de acuerdo a lo estipulado por el fabricante; de ahí que, al momento de realizar la limpieza se deben retirar los componentes correctamente, utilizando las herramientas adecuadas para tal finalidad. En la actualidad, existe un banco de pruebas y lavado de inyectores por ultrasonido que controla por medio de electroválvulas el flujo de combustible que se utiliza para el proceso de limpieza, al introducir el inyector se eliminan todas las partículas contaminantes carbonizadas que se encuentran en su interior devolviéndolo a sus condiciones normales de funcionamiento.

El banco de pruebas cuenta con un tablero de mando el cual permite controlar las electroválvulas para regular la presión y la cantidad de combustible necesaria en el proceso de limpieza, además simula el funcionamiento de los inyectores, permitiendo una comprobación en tiempo real.

Por su parte, la Aviación del Ejército cuenta con una unidad encargada de realizar los procedimientos para el lavado de inyectores, se realiza en un banco de pruebas, que opera válvulas manuales accionadas por un técnico, el cual utiliza una serie de equipos de protección personal,

para evitar la caída de combustible en el cuerpo; sin embargo, esto no es suficiente debido a que las presiones que maneja el banco son altas y el combustible sale en direcciones simultáneas.

## **3.4 Marco Legal**

### **3.4.1 Anexo b. Manual de mantenimiento**

Siga Las Siguietes Instrucciones para mantener en óptimas condiciones el banco de pruebas:

1. Mantenga siempre la tarjeta en su caja mientras no esté en uso, así se evitará posibles daños por impactas o filtraciones de combustible que pueda comprometer la condición técnica del mismo.

2. Durante la manipulación del banco de pruebas lavado de inyectores, evite cualquier caída o golpe brusco en los circuitos electrónicos que están soldados, puesto que los componentes allí incluidos son sensibles a tendencias bruscas.

3. Los técnicos, deberán seguir un plan de capacitación para el uso correcto del programa usado.

4. Llevar un registro técnico sobre la condición física del banco de pruebas, a fin de determinar el momento adecuado para remplazar o hacer mantenimiento a los componentes usados.

### **3.4.2 Anexo c. Recomendaciones de seguridad.**

Todo operario del banco debe seguir las siguientes recomendaciones de seguridad para evitar lesiones, accidentes o daños en el banco:

1. Realizar mantenimiento preventivo antes de proceder a las pruebas (inspección visual).

2. Solicite instrucción sobre la manipulación del banco de pruebas y el programa utilizado, en caso de tener dudas de la operación del banco, diríjase al manual de instrucciones.

3. Evite el mal uso de la tarjeta electrónica y su debido programa (no usar en tareas no adecuadas).

4. Cuando no esté en funcionamiento el banco de pruebas, verificar que todos los sistemas eléctricos estén totalmente apagados, y hacer una pequeña inspección para constatar que todos los componentes están en un buen funcionamiento.



# Desarrollo del Sistema y Diseño de Prototipos

## 4.1 Recopilación de la información

Luego de realizar una serie de pruebas aplicadas al proyecto, y demostrar que cumplía con total concordancia los requerimientos exigidos por los operarios; se evidencio que todas las pruebas a las electroválvulas son eficientes, ya que permite una apertura y cierre correcto, con las respectivas comunicaciones del micro controlador a un ordenador (Tablet), con la información obtenida en el manual de mantenimiento de lavado de inyectores para la implementación en las siguientes aeronaves: King, Turbo Commander, Caravan, Caza 212 motores Pt6a, Tpe-331.

Con base en lo anteriormente descrito, se puede denotar que la modificación está pensada en primera instancia en beneficio del operario; pues en caso de un derrame de fluido se implementara un sistema de control para cada una de las válvulas suministradas en el banco de pruebas, y en segunda instancia para aumentar la eficiencia del banco.

También, se hará el diseño y fabricación de los respectivos circuitos y programas para el control de electroválvulas, donde se utilizará una tecnología (ENERGÍA 1.6) para dar mandos al microcontrolador; de igual forma, se utilizó un programa llamado (LabVIEW) lenguaje ordenador a microcontrolador.

Igualmente, se hizo la respectiva investigación sobre el diseño óptimo del sistema anti incendios, con su reglamentación para combustibles de aviación y su contra indicación.

## 4.2 Análisis de la información

Una vez obtenida y recopilada la información necesaria, se produce a destacar en ella los aspectos que son relevantes para dar cumplimiento al objetivo general del proyecto. Se seleccionan

los temas técnicos y de funcionamiento en el manual de mantenimiento del banco de lavado de inyectores, esto hace que la tarjeta haga el debido procedimiento que se basa en abrir y cerrar las electroválvulas correctamente, lo que genera ahorrar tiempo en esta tarea, como también la cantidad de personas que participan en la ejecución del procedimiento, brindando una ayuda para los operadores mejorando la ergonomía al momento de realizar el procedimiento.

Del mismo modo, se destacaron las recomendaciones y sugerencias de los técnicos como también del tutor a cargo, para encontrar la falencia que tiene el banco de pruebas de lavado de inyectores, hecho que permitió deslumbrar la necesidad de diseñar y fabricar un circuito electrónico, que permita la apertura y cierre de cuatro electroválvulas para el ahorro de tiempo humano, mejorar la ergonomía del operario produciendo ahorro de costos para el Batallón de Mantenimiento No.1; esto a su vez permitió determinar los materiales que podrán implementarse para la fabricación del proyecto.

# Diseño de Prototipos

## 4.3 Microcontrolador

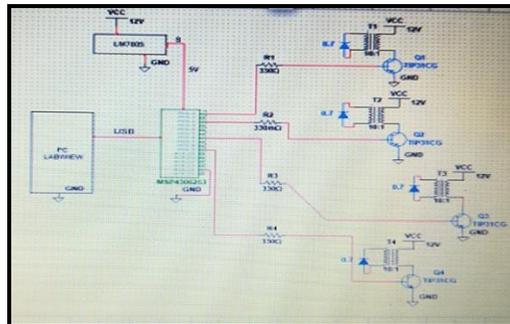


Ilustración 2 Prototipo en MultiSim (Elaboración propia)

Se diseñó un prototipo para el control de apertura y cierre de electroválvulas, cumpliendo lo estipulado por el manual de mantenimiento del banco y las recomendaciones del tutor de proyecto de grado, como puede observarse en la Ilustración 2.

El primer prototipo, fue la conexión del microcontrolador con los debidos componentes para el diseño y fabricación del plano del circuito electrónico, simulándolo en el programa MultiSim, con esto se aprobó el funcionamiento de cada componente y como deben ir ubicados para el montaje de la tarjeta electrónica.

Para la recepción de datos, se implementó el programa de MultiSim; los materiales usados en las simulaciones fueron: cuatro resistencias de 330 ohmios, cuatro transistores NPN, una fuente de 12v VDC a 20 amperios, un microcontrolador MSP-430-G2553LP ya que con este prototipo se quiere lograr una comunicación coherente y aplicada al procedimiento estipulado por el manual de mantenimiento.

## 4.4 Tarjeta electrónica

La siguiente relación de material, fue debidamente inspeccionada de acuerdo con las hojas de datos técnicos para una correcta programación, dando garantía a la coherente trasmisión y recepción de datos requeridos por el manual de mantenimiento (banco de pruebas lavado de inyectores).

Conviene describir la conceptualización de los componentes utilizados en el desarrollo de la tarjeta electrónica, a saber:

- Un microcontrolador con referencia MSP-4302553GL que realiza la ejecución de códigos que se le han programado, cuatro transistores con polaridad NPN para la conmutación de potencia, una fuente de 12v VDC a 20 amperios convierte la tención alterna en tención continua, cuatro electroválvulas 12v dc ½ ref: 2w-040-10nc controla el flujo (on-off) de un fluido, cuatro resistencias para protección de circuito de valor de 330 ohmios y 15 metros de cable calibre18 de tres líneas, como puede observarse en las Ilustraciones 3 y 4.

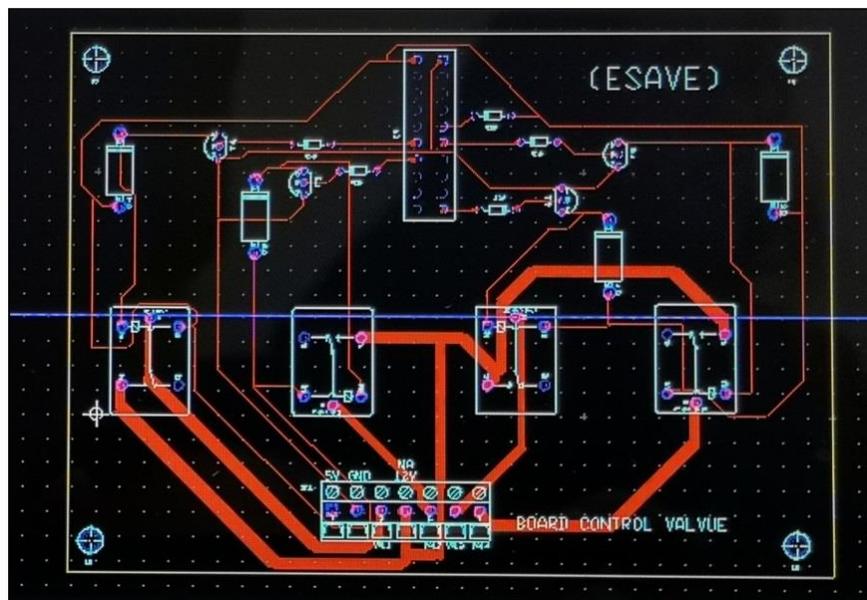


Ilustración 3 Tarjeta Electrónica La cual Fue Diseñada En Ultiboard (Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

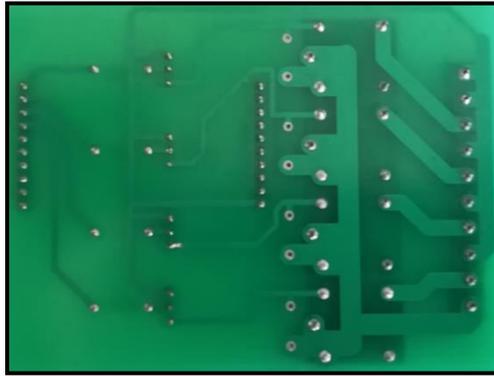


Ilustración 4. Impreso de la Tarjeta Electrónica (Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

#### 4.5 Diseño preliminar (electrónica):

La etapa de diseño preliminar de la modificación del banco de pruebas de lavado de inyectores, inicio con la elaboración de un boceto a mano donde se fijó el sistema electrónico, para posteriormente desarrollarlo; así pues, para la programación del código en mención se utilizaron los programas MultiSim y Ultiboard, como puede observarse en las Ilustraciones 5, 6, 7 y 8.

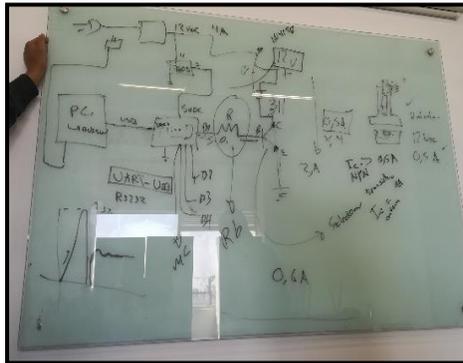


Ilustración 5. Tutoriales Iniciales (Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

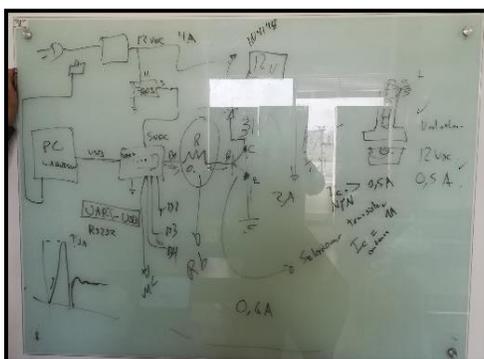


Ilustración 6. Tutoriales Iniciales (Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

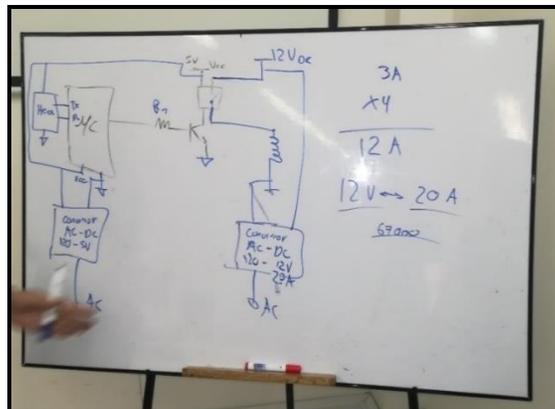


Ilustración 7. Diseño del circuito electrónico de control de electroválvulas MultiSim (Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

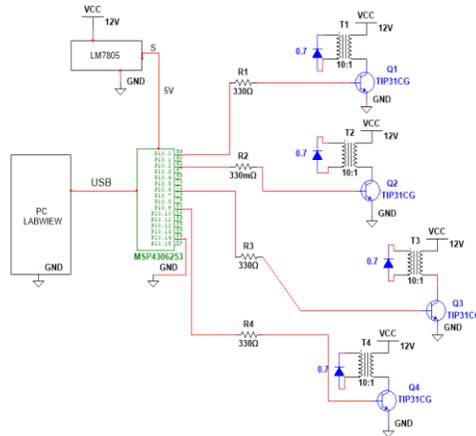


Ilustración 8. Boceto A Mano Alzada De Circuito Electrónico Electroválvulas  
(Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

A continuación, se procede a socializar sobre el diseño inicial con los respectivos tutores de electrónica, para determinar cómo se realizará la fabricación de la tarjeta electrónica para la apertura, y el cierre de electroválvulas. De esta manera, se llegó a un acuerdo con los demás actores y se logró la aprobación de los planos electrónicos que serían utilizados para la fabricación, como se observa en la Ilustración 9.

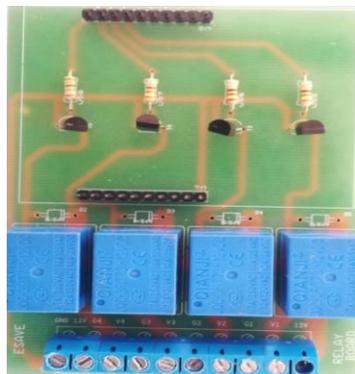


Ilustración 9. Modelo Tridimensional Del Impreso Electrónico. (Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.)

## 4.6 Materiales:

- Adaptación del Sistema Eléctrico, Electrónico del Banco de Lavado de Inyectores y del Sistema Anti Incendios: Para información de los materiales diríjase al Apéndice A.

La estructuración de la adaptación al banco de inyectores, parte de un módulo de recepción compuesto por una Ta

blet (Apéndice A, Ilustración 25), la cual recibirá los datos emitidos por el manual de mantenimiento en lo referente al programa electrónico que envíe los módulos de transmisión, implementados en las electroválvulas.

Es importante resaltar, que se eligió un material acrílico, para aislar el sistema electrónico de caídas de combustible, ya que esto generaría un corto circuito. Las aplicaciones más importantes de programación en ENERGÍA 1.6 y LabVIEW dependen directamente de la electrónica, la cual se aplica directamente a la tarjeta electrónica manipulando así los comandos para la realización de la apertura o cierre de cada una de las electroválvulas.

Para el caso de la adaptación del sistema electrónico en el banco actual, se utilizaron racores certificados para las presiones que maneja el banco en términos de combustible y agua caliente que se le suministra; además de esto, la instalación del sistema anti incendios con su respectiva normatividad.



## Capítulo 5

### Costos del Proyecto

En este aparte, es importante resaltar que los recursos utilizados en el proyecto fueron obtenidos por los autores.

#### 5.1 Costo del proyecto

En las siguientes tablas se desglosan los gastos invertidos por los estudiantes del ESAVE y los autores del proyecto de grado (Sistema Electrónico de Control de Apertura y Cierre de Electroválvulas para el Banco de Pruebas y Lavado de Inyectores), para aeronaves (King, Turbo Comander, Caravan, Caza 212) utilizados en motores (PT6A, TPE-331) de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

Tabla 1. Costos del proyecto (estudiantes ESAVE)

RUBRO	VALOR
CIRCUITO IMPRESO ELECTROVÁLVULAS_BOARD	\$69.980
CAJA PROTECCIÓN DE CIRCUITOS (METALICA)	\$65.000
TOTAL	\$134.980

Nota: Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.

**Tabla 2. Costos de materiales (compañeros ESAVE)**

DETALLES	VALOR
MICROCONTROLADOR	\$15.000
TRANSISTOR NPN	\$3500
FUENTE DE 12V VDC Y 30 AMPERIOS	\$55.000
TRANSISTOR NPN	\$1200
ELECTROVÁLVULAS 12V DC ½	\$532.000
CABLE REFERECIA 3*18	\$110.000
TABLET LENOVO 10 PULGADAS	\$360.000
TOTAL.	\$1.076.700

Nota: Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.

**Tabla 3. Programación y desarrollo (compañeros ESAVE)**

DETALLES	VALOR
30 HORAS DE INSTRUCCIÓN	\$1.500.000
TOTAL	\$1.500.000

Nota: Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.

**Tabla 4. Investigación y desarrollo (compañeros ESAVE)**

DETALLES	VALOR
40 HORAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	\$2.500.000
TOTAL	\$2.500.000

Nota: Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.

**Tabla 5. Costos del proyecto (compañeros ESAVE)**

RUBRO	VALOR
1.DISEÑO (CAJAS E IMPRESOS)	\$134.980
2.MATERIALES	\$1.076.700
3.PROGRAMACIÓN DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	\$1.500.000
4.INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	\$2.500.000
TOTAL	\$5.211.680

Nota: Elaboración propia, con datos recopilados de Guzmán J.; Roberto J.

**Tabla 6. Costos de materiales (estudiantes libertadores)**

DETALLES	VALOR
EXTINTOR	\$100.000
MANGUERA	\$30.000
RACORES MANGUERA	\$20.000
RACORES Y ACOPLEROS (ELECTROVALVULAS)	\$200.000
TUBERIA 8MM (ELECTROVALVULAS)	\$40.000
CABLE DUPLEX 2*12	\$40.000
TORNILLERIA, AMARRES PLASTICOS, ABRASADERAS TUBOS	\$40.000
TOTAL.	\$470.000

Nota: Elaboración propia

**Tabla 7. Programación y desarrollo (estudiantes libertadores)**

DETALLES	VALOR
30 HORAS DE INSTRUCCIÓN	\$1.800.000
TOTAL	\$1.800.000

Nota: Elaboración propia

**Tabla 8. Investigación y desarrollo (estudiantes libertadores)**

DETALLES	VALOR
40 HORAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	\$2.700.000
TOTAL	\$2.700.000

Nota: Elaboración propia

**Tabla 9. Diseño (estudiantes libertadores)**

DETALLES	VALOR
CAD Y DESARROLLO	\$500.000
TOTAL	\$500.000

Nota: Elaboración propia

**Tabla 10. Costos del proyecto (estudiantes libertadores)**

RUBRO	VALOR
1.DISEÑO (CAD Y DESARROLLO)	\$500.000
2.MATERIALES	\$470.000
3.PROGRAMACIÓN DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	\$1.800.000
4.INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	\$2.700.000
TOTAL	\$5.470.000

Nota: Elaboración propia



# Capítulo 6

## 6.1 Construcción y Adaptación

En primer lugar, se evidencio un riesgo en el proceso de lavado de inyectores debido a que el banco de pruebas cuenta con válvulas manuales generando contacto directo del combustible con el operario esto nos lleva a plantear una solución, como se observa en las Ilustraciones 10, 11, 12 y 13.

Asimismo, se comenzó con la búsqueda de documentos que indican el funcionamiento del banco, luego la selección de los materiales que se van a utilizar para la fabricación del circuito electrónico de control de apertura y cierre de electroválvulas.



Ilustración 10 Banco de Lavado de Inyectores (Manual). (Elaboración propia)



Ilustración 11 Banco de Lavado de Inyectores (Lateral derecho Y Banco de Lavado de Inyectores (Lateral Izquierdo). (Elaboración propia)



**Ilustración 12** Interior de la Cámara del Banco de Lavado de Inyectores (Elaboración propia)



Ilustración 13 Interior de la Cámara del Banco de Lavado de Inyectores (Elaboración propia)

Para la configuración del microcontrolador, se utilizó el programa ENERGÍA 1.6 donde se ingresaron los códigos ASSCI, en la programación se manejó LOW para el cierre de los pines, HEAD para abrir del microcontrolador, VOID SETUP manejado en tres etapas, la primera hace referencia al ingreso de números enteros, se implementó el número como cualquier valor, en la segunda conforma toda la información que realizara el microcontrolador dependiendo de los datos recibidos y de la velocidad que emite dicha información (tiempo), en la etapa final, se compilan las anteriores, obteniendo como resultado la ejecución de los diferentes comandos, teniendo en cuenta el diseño de los códigos requeridos para la ejecución del programa.

Las ventajas del microcontrolador es que tiene un sistema operativo similar al de un computador el cual tiene dos secciones de trabajo; una que organiza la información programada para enviarlas al módulo de recepción, y otra es encargada de recibir la información coherente que les envían directamente a las electroválvulas.

Para el procedimiento de jugado y proceso de aspersión de inyectores; se hace con el fin de que el inyector este en buenas condiciones y que este pulverizando bien el combustible para que no genere algún daño en la cámara de combustión de los motores; dentro de la flota a la cual se le hace este mantenimiento se encuentran dos clases de motores: PT6A Series desde la 21 hasta 60

incluyendo 114A y 140 y Garrett TPE 331-5 y 331-10, la cual en el banco se le hace únicamente el mantenimiento a esas dos clases de inyectores; se procede a destapar las carcasas del motor de la aeronave, se procede a destapar el Manifull de inyectores completo utilizando una herramienta especial de acuerdo al manual de mantenimiento de la aeronave, se sustraen los inyectores del motor donde se procede a realizarse el lavado por ultrasonido, el cual se vierte agua aproximadamente a 90 grados Celsius de temperatura, se le agrega un descarbonante y se procede a dejarse durante una hora en estas sustancias; por los ondas eléctricas generadas la función de este descarbonante es entrar por todo el inyector y remueva toda obstrucción que pueda tener en la boquilla. Luego, se lavan con agua caliente el exterior y la parte interna del inyector; se instalan en el banco de inyectores donde se juegan de nuevo con agua caliente a una presión de 60 Psi para los inyectores de los motores PT6 y 100 Psi para los inyectores de los motores Garrett por un periodo de un minuto quedando jugado totalmente. Por ultimo se realiza la prueba de aspersion con combustible, en el cual se le aplica inicialmente 20 Psi de presión hasta llegar a 80 Psi de presión para PT6 y con los inyectores del motor Garrett se le aplican únicamente 100 Psi de presión; se verifica el ángulo de aspersion ya que es muy importante para que el inyector pase a ser servicable para posteriormente realizarse su instalación en la aeronave.

A continuación, se encuentra el listado de la flota de aeronaves que entran a este mantenimiento y las diferentes clases de motor:

- King Air B200, motor PT6A-42
- King Air B300, motor PT6A-60A
- Beechcraft C-90, motor PT6A-21
- Cessna Caravan 208B, motor PT6A-114A
- Cessna 208EX, motor PT6A-140
- Turbo Commander, motor TPE 331-10
- Caza 212-100, motor TPE 331-5-252C

## 6.2 Programación de la interfaz de control

La programación de la interfaz de control, se desarrolló en la plataforma grafica Labview. En primer lugar, se introducen en el panel frontal (Ilustración 14), cuatro controladores tipo boléanos que al activarlos controlan la apertura o cierre de cada una de las cuatro electroválvulas, también se ubicó un controlador llamado Cancel Button que detiene el sistema en una eventual falla.

Para tener acceso al puerto serial usando LabView, se debe iniciar con una sesión VISA; en el diagrama de bloque ubicamos los tres tipos de serial que utilizaremos para el desarrollo del programa:

- Serial Configure port: hace la configuración del tipo de comunicación serial.
- Serial Write: Escribe los datos de desde el buffer del escritorio hasta el dispositivo o la interfaz.
- Serial Close: Cierra la sesión VISA, libera el puerto y puede dar otra función.

Se conecta los tres seriales, también a la línea de error en cada uno.

Iniciada la sesión VISA se determina el tres como puerto COM, con una constate de valor de 9600, tanto el puerto y el valor de la constante debe ser iguales en el software del microcontrolador, además se creó una estructura While loop el cual se utiliza para que el programa corra continuamente, este contiene dos elementos:

1. Terminal Conditional: detiene el ciclo.
2. Numero de interacciones: cuenta el número de vueltas del ciclo.

Dentro de la estructura While loop (Ilustración 15), ubicamos la función Select la cual determina el valor de la función si es true (verdadero) o False (Falso), a la función select se le conecta dos String Constant que llevan las variables que se utilizaran para controlar la apertura o cierre de cada electroválvula.

ELECTROVÁLVULA	VARIABLE	
	VERDADERO	FALSO
1	A	a
2	B	b
3	C	c
4	D	d

Para detener el sistema en una falla o cerrar todas las electroválvulas se diseñó una variable determinada como Z la cual va conectada al Serial Write que van ubicadas dentro de una estructura Case.

Al programa desarrollado se le agrega un temporizador para controlar el tiempo de cada ciclo, en este caso es de 1000 milisegundos (un segundo) que tarda en abrir o cerrar cada electroválvula al oprimir el controlador boléano.



Ilustración 14 Panel Frontal (Elaboración propia)

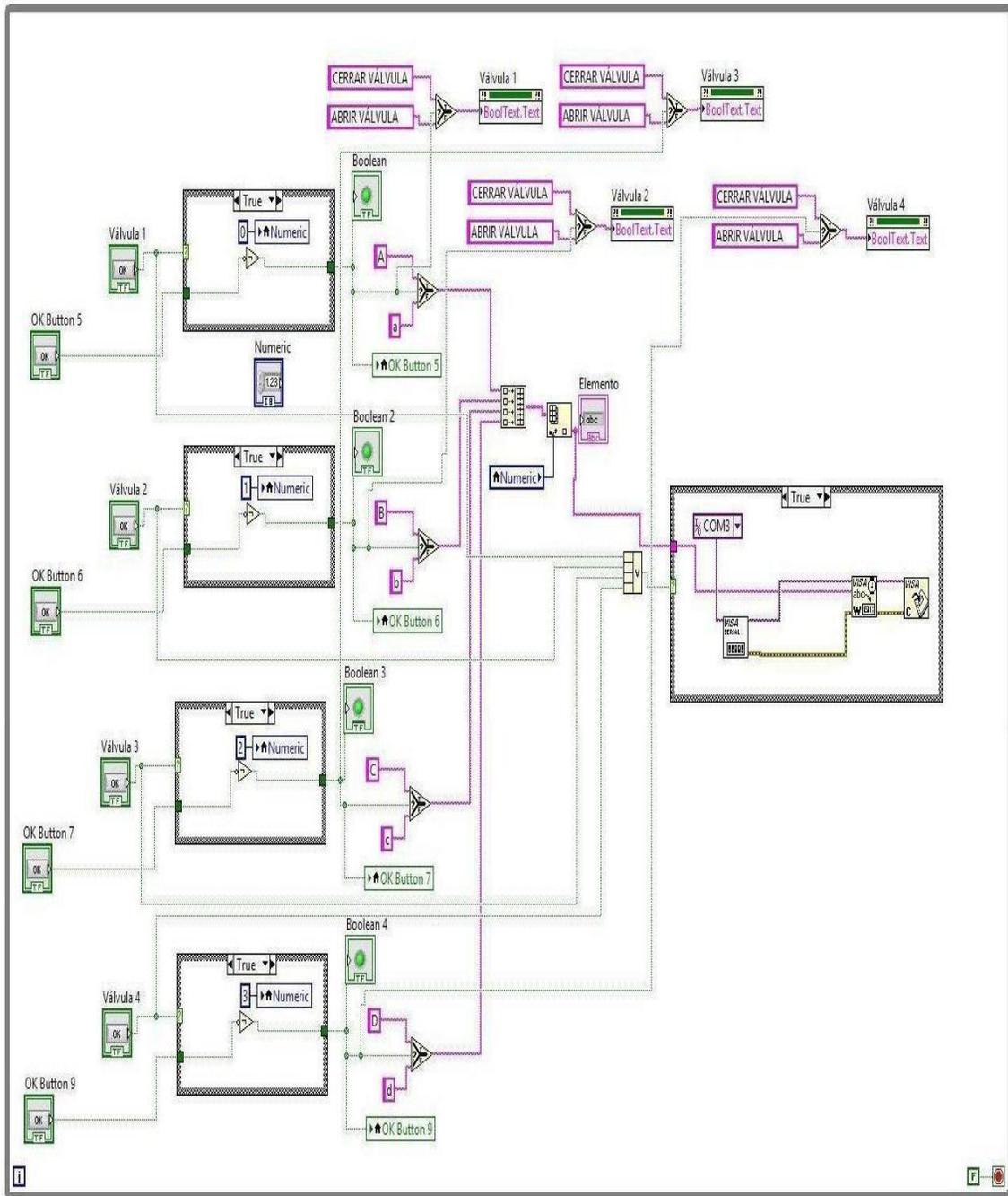


Ilustración 15. Diagrama de bloques (Elaboración propia)

En las Ilustraciones 16 y 17 se observa la programación por ENERGIA 1.6 y la organización en la tarjeta electrónica 3D, respectivamente.

```

ENERGIA_JULIAN | Energia 1.6.12E18
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

ENERGIA_JULIAN
// put your setup code here, to run once:

pinMode(p1n6, OUTPUT);
pinMode(p1n7, OUTPUT);
pinMode(p1n15, OUTPUT);
pinMode(p1n11, OUTPUT);
}

void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:
}

```



Ilustración 16. Programa (Energía 1.6) y LabView (Elaboración propia)

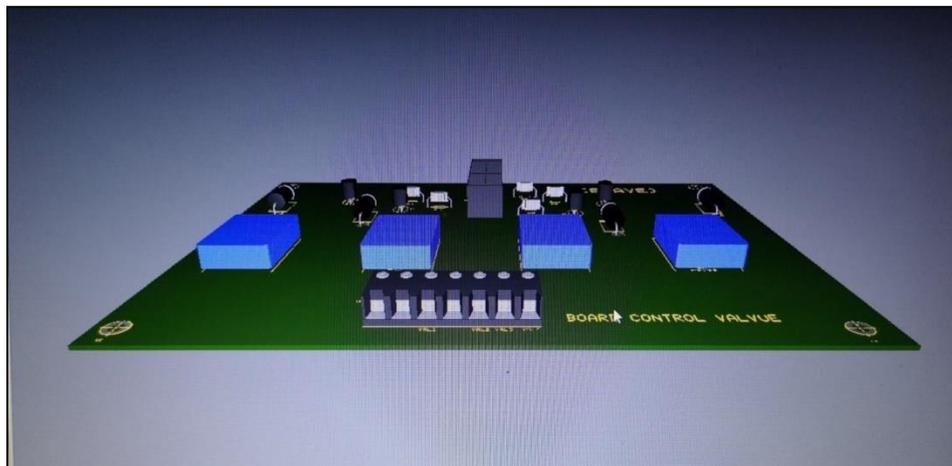


Ilustración 17. Organización De Componentes En La Tarjeta Electrónica. (Elaboración propia)

Como se observa en la figura, el impreso tiene una organización de acuerdo con las simulaciones que se implementaron en MultiSim, en ella se debe seguir una organización adecuada para soldar los componentes más pequeño a lo más grande esto con el fin de no afectar las pistas de cobre y finalmente soldar el microcontrolador MSP-420G-2553LP.

### 6.3 Control de potencia

El sistema electrónico de control de electroválvulas utiliza dos fuentes de alimentación, una de cinco (5) VCD y otra de doce (12) VDC. Al usar la primera se obtiene un consumo de corriente del 65% en el sistema mientras al utilizar la segunda se incrementa el consumo de corriente consumiendo un 82%.

Debido a lo anterior se utiliza la fuente de cinco (5) VDC que consume menos corriente haciendo que el sistema sea más eficiente.

Se implementó cuatro optoacopladores tipo optotransistor que permiten activar los rele (Rele estado seco) para accionar cada una de las cuatro electroválvulas, como se observa en la Ilustración 18.

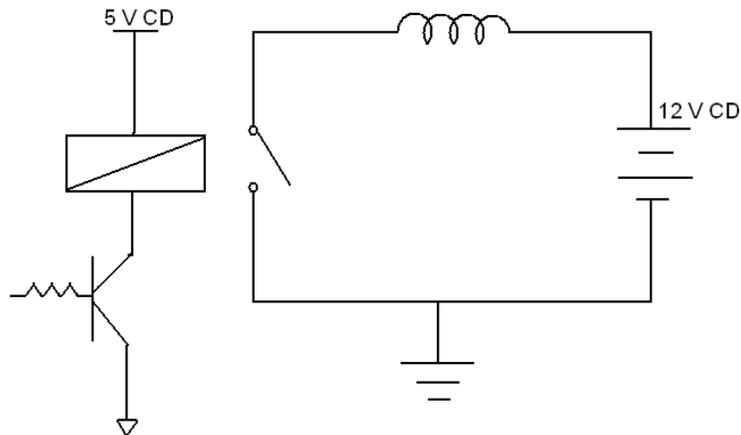


Ilustración 18. Diagrama Control de Potencia (Elaboración propia)



## Capítulo 7

# Montaje Final en el Banco de Inyectores, Sistema Anti Incendios y Resultados

Se llevo a cabo la primer prueba de funcionamiento del banco, que consistió en verificar el paso de corriente de la tarjeta a las electroválvulas, para observar que cantidad de voltaje recibían , ya que es necesario que la descarga no sea mayor a los 12 v o 3 amp, puesto que una descarga mayor las averiaría, dicha prueba arrojó como resultados positivos en cuanto al manejo del voltaje, permitiéndonos avanzar a la siguiente prueba que consistió en el desarrollo de los comandos, basados en los códigos ASCII que dan la orden a los reles 555 de apertura y cierre.

Por medio de un simulador C Terminal, se evidencio las características de funcionamiento del programa, dando paso al montaje final en la plataforma LabView.

Posteriormente las pruebas realizadas en LabView arrojaron resultados satisfactorios, tanto en la lectura de los comandos como en la comunicación software y hardware.

Después de esto se procede a la instalación del Sistema Anti Incendios como se observa en la Ilustración 19, siguiendo la normatividad a cumplir y el tipo de químico que se necesita para el banco (combustibles).

Finalmente, se realiza la instalación de las electroválvulas, dejando como sistema auxiliar las válvulas manuales por si a futuro falla el sistema eléctrico y electrónico instalado, como se observa en la Ilustración 20.



Ilustración 19. Instalación extintor y mangueras; Instalación Racores Extintor (Elaboración propia)



Ilustración 20. Instalación Electroválvulas e Interruptores Eléctricos. (Elaboración propia)



# Conclusiones y Recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

La adaptación que se presentó en este proyecto de grado, como se describe en los objetivos, son la implementación y mejoramiento del sistema de un Banco de lavado de inyectores, con la instalación de electroválvulas de última generación, aparte de esto se aumentó la seguridad con la adaptación de un sistema anti incendios, el cual mejoro la calidad de trabajo de los operarios de dicho Banco.

Como se pudo observar en el Capítulo 7 se cumplió el Objetivo General en su totalidad, se logró la instalación de forma segura y eficiente, con un funcionamiento óptimo, cumpliendo todas las normativas establecidas por el taller de motores No 1 del Ejercito Nacional.

- Al implementar el proyecto en el banco de pruebas de lavado de inyectores se eliminará los riesgos por el contacto de combustibles evitando enfermedades perjudiciales para la salud del técnico.
- El proyecto se desarrolló en plataforma gráfica LabView y su diseño electrónico es modular esto permite modificar el número de válvulas facilitando su posterior adaptación a cualquier tipo de banco de pruebas y lavado de inyectores.
- El desarrollo de circuitos electrónicos (MultiSim) que permitan el control de electroválvulas por medio de un ordenador móvil (Tablet) evitara posiciones inadecuadas del técnico al momento de realizar el proceso de lavado del inyector.
- Se diseñó el CAD adecuado para la verificación de las medidas de la adaptación para proceder a instalarla.
- Se adapta el Sistema comprobando el buen funcionamiento y su necesidad en el taller ya que producía mucho contacto físico y malas posturas.

## **8.2 Recomendaciones e investigaciones futuras**

- Se recomienda a la Escuela de Aviación del Ejército continuar con la modificación del Banco de Lavado de Inyectores debido a que se puede mejorar las condiciones de funcionamiento y seguridad al momento de realizar cualquier prueba; esto nos conlleva a la digitalización del banco de pruebas (Manómetros Digitales).
- Se recomienda la instalación de aspersores cónicos para el lavado de las electroválvulas, ya que las que se encuentran instaladas son racores genéricos y no dan el ángulo de aspersión recomendado por el manual de mantenimiento de las aeronaves.

# Bibliografía

- 101, C. (s.f.). *MPU6050 - Accelerometer and Gyroscope Module*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de <https://components101.com/sensors/mpu6050-module>
- Aires, F. i. (Noviembre de 2007). *Navegacion integrada*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2018, de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/espana/apuntes/Introduccion.pdf>
- Alibaba.com. (2019). *Manguera FUEL/OIL* . Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/sae-j30-r6-automotive-heat-resistant-fuel-oil-hose-60661602314.html>
- Alkosto. (2019). *Tablet LENOVO Tab 4 Essential Android 7" Negro*. Obtenido de <https://www.alkosto.com/Tablet-Lenovo-Tab4-730f-Android-7-Negro>
- Bisquerra, R. (. (20 de Enero de 2019). *Métodos de investigación educativa. Guía práctica. Barcelona: CEAC*. Obtenido de *Métodos de investigación educativa. Guía práctica. Barcelona: CEAC:*  
[https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/diccio\\_ele/diccionario/metodologiacuacuatitativa.htm](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/metodologiacuacuatitativa.htm)
- Ebay. (2019). *Ipc Brass Pipe Hex Nipple Fitting 3/8" NPT Fuel MettleAir 122-c*. Obtenido de <https://www.ebay.com/p/1473242497>
- Electrofrenor SAS. (2019). *B64 5/16NPT*. Obtenido de <https://www.electrofrenorr.co/Productos/racor-tipo-de-producto/racor-b64-3-16>
- Electronics, M. (s.f.). *Arduino*. (Arduino.CL) Recuperado el 26 de Octubre de 2018, de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Express, A. (2019). *B122 1/8 x 1/4 NPT* . Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/32364604297.html>
- FICSA seguridad industrial . (2019). *Extintor de 5 libras*. Obtenido de <http://www.ficsapanama.com/tienda/extintor-de-5-libras/>
- Françoise Parot, R. D. (20 de Enero de 2019). *Metodología de la Investigación*. . Obtenido de *Metodología de la Investigación*. :  
<https://bloglosariopsa.wordpress.com/2008/11/12/metodo-experimental/>
- Inrapartes.com. (2019). *B102 1/8 NPT*. Obtenido de <http://www.inrapartes.com/catalogo/producto/69>
- Inrapartes.com. (2019). *Racor B110 1/2x1/4 NPT*. Obtenido de <http://www.inrapartes.com/catalogo/producto/72>
- Inrapartes.com. (2019). *Racor B68 5/16 x 1/4 NPT* . Obtenido de <http://www.inrapartes.com/catalogo/producto/63>

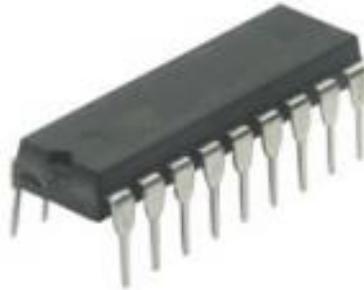
- Inrapartes.com. (2019). *Racor B69 5/16 x 1/4 NPT*. Obtenido de <http://www.inrapartes.com/catalogo/producto/64>
- Jr, J. D. (1989). *INTRODUCTION TO FLIGHT*. Washington: McGraw-Hill Science Engineering.
- Llamas, L. (s.f.). *Ingeniería, informática y diseño*. Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de Determinar la orientación con Arduino y el IMU MPU-6050: <https://www.luisllamas.es/arduino-orientacion-imu-mpu-6050/>
- Maybeck, P. S. (1979). *Stochastic Models, Estimation and Control: Volume 1*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2018
- Mechtronics, N. (s.f.). *Tutorial MPU6050, Acelerómetro y Giroscopio*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2018, de [https://naylampmechatronics.com/blog/45\\_Tutorial-MPU6050-Acelerómetro-y-Giroscopio.html](https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Acelerómetro-y-Giroscopio.html)
- Mejías, A. M. (Octubre de 2012). *DISEÑO Y ANÁLISIS COMPUTACIONAL PARA TUENEL DE VIENTO DE BAJA VELOCIDAD*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15901/pfc\\_alberto\\_munoz\\_mejias\\_2012.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15901/pfc_alberto_munoz_mejias_2012.pdf)
- Mercado Libre. (2019). *Microcontrolador MSSP-430G-4553GL*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-483582245-2x-transistor-tip31c-to-220-npn-tip31-transistor-energia-\\_JM#position=3&type=item&tracking\\_id=dc45ab63-9282-4635-a16d-ad0a1797e0b7](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-483582245-2x-transistor-tip31c-to-220-npn-tip31-transistor-energia-_JM#position=3&type=item&tracking_id=dc45ab63-9282-4635-a16d-ad0a1797e0b7)
- Mercado libre. (2019). *Microcontrolador Pic16f628a Pic Mejor Que Pic16f84a*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-544170738-microcontrolador-pic16f628a-pic-mejor-que-pic16f84a-\\_JM?quantity=1](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-544170738-microcontrolador-pic16f628a-pic-mejor-que-pic16f84a-_JM?quantity=1)
- Miguel A. Arenas, J. M. (15 de Febrero de 2019). *Diseño y Construcción de un Guante de Datos*. Obtenido de Diseño y Construcción de un Guante de Datos: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Palomares/publication/263353011\\_DISENO\\_Y\\_CONSTRUCCION\\_DE\\_UN\\_GUANTE\\_DE\\_DATOS\\_MEDIANTE\\_SENSORES\\_DE\\_FLEXIBILIDAD\\_Y\\_ACCELEROMETRO/links/55fa4c6e08aeafc8ac35d634/DISENO-Y-CONSTRUCCION-DE-UN-GUANTE-DE-DATOS-MEDIANTE-SENS](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Palomares/publication/263353011_DISENO_Y_CONSTRUCCION_DE_UN_GUANTE_DE_DATOS_MEDIANTE_SENSORES_DE_FLEXIBILIDAD_Y_ACCELEROMETRO/links/55fa4c6e08aeafc8ac35d634/DISENO-Y-CONSTRUCCION-DE-UN-GUANTE-DE-DATOS-MEDIANTE-SENS)
- MLTRACTORES. (2019). *Válvula solenoide o electroválvula*. Obtenido de <http://www.mltracores.com/neumatica/valvula-selenoide-o-electrovalvulas>
- Mónica Patricia Burgos Gutiérrez, S. A. (15 de Diciembre de 2018). *Análisis del recurso energético eólico para la ciudad de Bogotá DC*. Obtenido de Análisis del recurso energético eólico para la ciudad de Bogotá DC: <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/14/analisis-del-recurso-energetico-eolico-para-la-ciudad-de-bogota.pdf>

- MyF Import. (2019). *FUENTE CONMUTADA 12V 20 AMPERIOS PARA CAMARAS DE SEGURIDAD*. Obtenido de <https://myfimport.com.co/tienda/fuente-conmutada-12v-20-amperios-para-camaras-de-seguridad/>
- Pozo Espín, D. F. (22 de Febrero de 2010). *Diseño y construcción de una plataforma didáctica para medir ángulos de inclinación usando sensores inerciales como acelerómetro y giroscopio*. Recuperado el 05 de Enero de 2019, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1794>
- Real, C. N. (20 de Marzo de 2019). *Control de un Quadrotor mediante la plataforma Arduino* . Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8047/memoria.pdf>
- Tienda Hidraulica . (2019). *RACOR B68 ANILLO NPT 1/4X1/8*. Obtenido de <https://www.tiendahidraulica.com/es/racor-b68-anillo-npt/2739-racor-b68-anillo-npt-1-4x1-8.html>
- Tienda Hidraulica. (2019). *Acople Rosca Hembra BSP 3/8*. Obtenido de <https://www.tiendahidraulica.com/en/hembra-bsp/3427-acople-rosca-hembra-bsp-3-8.html>
- TIHSA Tienda Industrial de Herramientas. (2019). *ACOPLE 1/4 Plgs NPT MACHO. MARCA CAMPBELL HAUSFELD*. Obtenido de <https://www.tihsa.com/inicio/1485-acople-1-4-plgs-npt-macho-marca-campbell-hausfeld.html>
- wholesale, F. p. (s.f.). *Arduino UNO R3*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2018, de <http://full-parts.com/arduino-uno-r3.html>

# Apéndice A

## Materiales construcción final del sistema Anti incendios y de lavado por Electroválvulas

Materiales utilizados para la fabricación del Sistema Anti Incendios y la instalación de las Electroválvulas en el Bando de Lavado de Inyectores.



Madrigal Electronica

Ilustración 21 Microcontrolador Msp-430-G2553gl (Mercado libre, 2019)

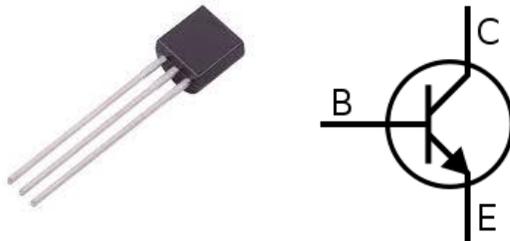


Ilustración 22 Transistor NPN (Mercado Libre, 2019)



Ilustración 23. Fuente De 12 Vcd A 20 Amperios (MyF Import, 2019)



Ilustración 24. Electroválvulas 12v Dc ½ Ref: 2w-040-1on (MLTRACTORES, 2019)



Ilustración 25. Tablet Lenovo digital (Alkosto, 2019)



Ilustración 26. Extintor de 5 libras con 125 psi de presión, categoría B para apagar combustibles (FICSA seguridad industrial , 2019)



Ilustración 27. Manguera FUEL/OIL HOSE SAE J30 R6 3/16" W 300 PSI (Extintor).  
(Alibaba.com, 2019)



Ilustración 28. Racor B122 3/8 NPT. (Ebay, 2019)



Ilustración 29. Acople Rosca Hembra BSP 3/8 (MANGUERA). (Tienda Hidraulica, 2019)



Ilustración 30. Acople Rosca Macho 1/4 BSP 1/8. (TIHSA Tienda Industrial de Herramientas, 2019)



Ilustración 31. Racor B68 5/16 x 1/4 NPT. (Inrapartes.com, 2019)



Ilustración 32. Racor B69 5/16 x 1/4 NPT. (Inrapartes.com, 2019)



Ilustración 33. Racor B110 1/2 x 1/4 NPT. (Inrapartes.com, 2019)



Ilustración 34. Racor B68 5/16 x 1/8 NPT. (Tienda Hidraulica , 2019)



Ilustración 35. B122 1/8 x 1/4 NPT. (Express, 2019)

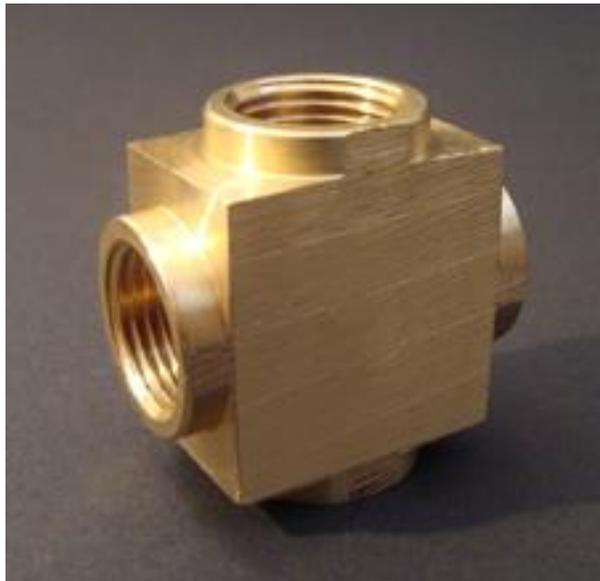


Ilustración 36. B102 1/8 NPT. (Inrapartes.com, 2019)



Ilustración 37. B64 5/16 NPT. (Electrofrenor SAS, 2019)

## Apéndice B

### Primer Apéndice

#### Instalación Sistema Anti Incendios:

En primer lugar, se realizan las mediciones para realizar el empotramiento del extintor y su base, en el lado izquierdo del Banco de Lavado de Inyectores; después de esto, se realiza la apertura para la guía de la manguera donde se soporta la tubería por donde saldrá el químico en caso de ser utilizado el sistema.







## Segundo Apéndice

### **Instalación Electroválvulas en el Banco de Lavado de Inyectores:**

Se realiza el desmontaje de las válvulas antiguas, para acoplar el nuevo sistema con Electroválvulas; se deja un sistema auxiliar con una válvula manual en caso de que el sistema Eléctrico y Electrónico falle. Se verifica que no hallan fugas de combustible y agua para ya dar terminado el sistema de adaptación de estas.



## Apéndice C

### Diseño CAD:

Se realiza el CAD respectivo, para la verificación de las medidas exactas para la instalación del sistema, además se ubican los conectores y interruptores auxiliares por si el sistema electrónico falla.

