



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO ESQUEMÁTICO DIDÁCTICO A ESCALA 1:8.3 DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190, PARA LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA, EN LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”

AUTOR: VICTOR ROBERTO MURRIAGUI BARRERA

DIRECTORA: TLGA. MARITZA NAUÑAY

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****CERTIFICACIÓN**

Tlga Maritza Nauñay

Que el trabajo titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO ESQUEMÁTICO DIDÁCTICO A ESCALA 1:8.3 DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190, PARA LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA, EN LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS” realizado por: VICTOR ROBERTO MURRIAGUI BARRERA con C.C. 1804051306 fue revisado y guiado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto en el cual contiene los archivos en formato portátil de acrobat (PDF).

Autoriza a Victor Roberto Murriagui Barrera que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez en calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Latacunga, Mayo del 2015

Tlga. Maritza Nauñay

DIRECTORA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****DECLARACION DE RESPONSABILIDAD****VICTOR ROBERTO MURRIAGUI BARRERA****DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO ESQUEMÁTICO DIDÁCTICO A ESCALA 1:8.3 DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190, PARA LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA, EN LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS” fue desarrollada sobre la base de una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectual de terceros, conforme a las citas que consta al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorpora en la bibliografía,

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de este proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo del 2015

Murriagui Barrera Victor Roberto
CC.1804051306

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORIZACIÓN

Yo Victor Roberto Murriagui Barrera

Autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías la publicación, en la biblioteca virtual de la institución, del trabajo “Implementación de un banco esquemático didáctico a escala 1:8.3 del sistema de suministro de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170-190, para los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica, en la Unidad de Gestión de Tecnologías cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y criterio.

Latacunga, Mayo del 2015

Murriagui Barrera Victor Roberto

CC. 1804051306

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado se la dedico primeramente a Dios y a la Virgen María por permitirme culminar con una etapa más de mi vida, por guiarme en todo el trayecto de mi carrera estudiantil fortaleciéndome ante las dificultades y aprender que todo esfuerzo vale la pena, a mis padres a mi hermana

De la misma manera, a mis padres y a mi hermana por ser entes especiales en mi vida por su sacrificio paciencia y su amor incondicional que me han apoyado tanto moral como económicamente durante este arduo caminar con la finalidad de ser un profesional.

Como también por la sabiduría, tiempo, comprensión y conocimientos impartidos durante mi carrera, las mismas que han sido provechosos para mi formación profesional.

Murriagui Barrera Victor Roberto

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a todos los docentes de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE que me han inculcado sus conocimientos y han permitido que me forme como profesional.

También agradezco a mis padres, a mis tíos y sobre todo a Dios por darme la vida y enseñarme a luchar día a día para alcanzar mis objetivos.

Agradezco especialmente a la Tlga Maritza Nauñay por haberme ayudado con su asesoramiento para la realización de este proyecto de graduación.

Murriagui Barrera Victor Roberto

ÍNDICE DE CONTENIDO

Certificación	ii
Declaración de Responsabilidad.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Figuras	ix
Índices de Tablas.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Planteamiento del Problema	3
1.4 Justificación	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Alcance	5
CAPÍTULO II	6
2.1 Introducción	6
2.2 Motores de Combustión Interna.....	7
2.3 Requisitos de los Motores a Combustión.....	8
2.4 Sistema de Combustible en Aviación.....	9
2.4.1 Motores a Reacción	9
2.4.2 Sistema de Combustible de Motores Jet.....	11
2.4.3 Componentes.....	11
2.5 El Avión Embraer 170-190.....	12
2.6 Sistema de Combustible del Avión Embraer.....	15
2.6.1 Propósito del Sistema e Combustible	15
2.6.2 Distribución	15
2.6.3. Subsistemas Correlacionados	22
2.6.4. Full Authority Digital Electronic Control (Fadec).....	24

CAPÍTULO III.....	29
3.1 Introducción	29
3.2 Materiales A Utilizar	30
3.3 Construcción	30
3.3.1 Consideraciones Generales.....	30
3.3.2 Construcción de la Maqueta Didáctica Relacionado al Sistema de Combustible de los Motores CF34E de los Aviones Embraer 170-190	31
3.3.3 Diagrama De Construcción E Implementación	44
3.3.4 Pruebas Y Conformidad De Construcción	47
3.4 Descripción de Procedimientos de Operación, Mantenimiento y Otros ..	50
3.4.1 Manual de Operación.....	50
3.4.2 Manual de Mantenimiento.....	52
3.4.3 Manual de Seguridad.....	54
3.4.4 Descripción de Procedimientos Nuevos.....	55
3.5 Estudio Económico	55
3.5.1 Estudio Económico de Construcción.....	56
3.5.2 Estudio Económicos Varios	56
3.5.3 Estudio Económico Total	57
CAPÍTULO IV.....	58
4.1 Conclusiones	58
4.2 Recomendaciones	59
Glosario.....	60
Referencias Bibliográficas.....	61
ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Turbina de Combustión Interna.....	7
Figura 2 Turbina de Combustión Interna J31 Primer Diseño.	8
Figura 3 Ejemplo de Sistema de Control de Combustible del Avión F16.....	9
Figura 4 Motor a Reacción.....	10
Figura 5 Sistema de Combustible en el Motor	11
Figura 6 Motor CF34E de los Aviones Embraer 170-190	13
Figura 7 Logo de la Empresa Embraer.	14
Figura 8 Sistema de Control FADEC.	16
Figura 9 Fuel Metering Unit (FMU)	16
Figura 10 Permanent Magnet Alternator (PMA).....	17
Figura 11 Engine Sensors.....	17
Figura 12 Variable Geometry actuators (VG).....	18
Figura 13 Operability Bleed Valve (OBV).....	18
Figura 14 Fuel Pump	19
Figura 15 Fuel Filter.....	20
Figura 16 Fuel Manifold.	20
Figura 17 Fuel Injectors	21
Figura 18 Intercambiador de Calor	22
Figura 19 Distribución de las Líneas de Combustible.....	22
Figura 20 Ubicación de las Bombas de Tanques de Combustible.....	23
Figura 21 Tanque de drenado y llenado.	23
Figura 22 Sistema de indicación de combustible.....	24
Figura 23 FADEC con dos canales.....	24
Figura 24 Presentación del canal A/B del FADEC.	24
Figura 25 Puertas de acceso al FADEC.	25
Figura 26 Placas de control FADEC.	25
Figura 27 Control de RPM a través del FADEC.....	26
Figura 28 Montantes anti vibración y ventilación del FADEC.....	27
Figura 29 FADEC.....	27
Figura 30 Toma de medidas a escala 1:8.3.....	31
Figura 31 Cortes realizados con Laser	32

Figura 32 Tanque de Combustible de Acrílico	33
Figura 33 Maketbot Impresiones 3D	33
Figura 34 Impresiones 3D.....	34
Figura 35 Ubicación de Componentes en el Banco Esquemático	34
Figura 36 Ensamble de los Anillos del Case.....	35
Figura 37 Tanque Preparado para la Instalación Eléctrica	35
Figura 38 Cableado de 40 Pines.....	36
Figura 39 Cautín, estaño para soldar y crema de soldar.	36
Figura 40 Espagueti de 2 mm	37
Figura 41 Circuito protegido por espagueti	37
Figura 42 Circuito completo, ordenado y listo para su programación	37
Figura 43 Baquelita.....	38
Figura 44 Resistencias 220 Ω	38
Figura 45 Proceso de Soldadura.	38
Figura 46 Resultado Esperado sobre Soldadura de Resistencias	39
Figura 47 Soldado de cables negativos	39
Figura 48 Soldadura de cables positivos a pines de conector	40
Figura 49 Calor a los espaguetis por medio de una pistola de calor.....	40
Figura 50 Baquelita perforada.....	40
Figura 51 Cables Jumper.....	41
Figura 52 Cables soldados a conector hembra.....	41
Figura 53 Cables soldados a conector hembra.....	42
Figura 54 Circuito listo para su funcionamiento	42
Figura 55 Tanque de combustible.....	42
Figura 56 Panel de control.....	43
Figura 57 Cintas LED.....	43
Figura 58 Cintas LED en las cámaras de combustión	44
Figura 59 Diagrama del proceso de construcción del tanque de combustible ..	45
Figura 60 Diagrama del proceso de construcción de las bombas de combustible	46
Figura 61 Test para empatar las caras del tanque de combustible.....	47
Figura 62 Test del sistema eléctrico dentro del tanque de combustible.....	48

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1 Materiales a utilizar	30
Tabla 2 Simbología de los diagramas de procesos	44
Tabla 3 Pruebas de construcción.....	49
Tabla 4 Estudio económico de construcción.....	56
Tabla 5 Estudio económico varios	57
Tabla 6 Estudio económico total	57

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado a la realización de una maqueta didáctica a fin de mejorar el aprendizaje técnico en los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías. El proyecto está enmarcado en la implementación de un banco **esquemático** didáctico a escala 1:8.3 del **sistema** de suministro de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170-190 además de su implementación en el mencionado motor, hay que recalcar que la construcción de los elementos a utilizarlos se los pudo realizar con la ayuda de la cortadora a laser y algunos realizados en cortes 3D la maqueta didáctica ayuda a poder visualizar el proceso de **suministro** de combustible de una manera más real ya que contarán con mangueras semi transparente, logrando que el aprendizaje de los estudiantes sea más productiva y clara también los componentes en si son sencillos y manejables debido a su diseño y construcción física de acrílico caustico que con ayuda de epoxica todos los componentes quedaran sellados y firmes logrando así que toda la maqueta didáctica funcione en su totalidad y con la **implementación** de este sistema el estudiante pueda realizar una práctica correcta, más completa y logrando un mejor aprendizaje en lo que se refiere al estudio del suministro de combustible a los motores del CF34E de los aviones Embraer 170-190 ya que es un sistema fundamental del motor debido a que sin **combustible** el motor no podría cumplir su objetivo.

PALABRAS CLAVES:

- **IMPLEMENTACIÓN**
- **SUMINISTRO**
- **ESQUEMÁTICO**
- **SISTEMA**
- **COMBUSTIBLE.**

ABSTRACT

This research focuses on creating a teaching model to improve students' learning of Aeronautics Mechanics career mention Engines at Unidad de Gestión de Tecnologías. The project describes the implementation of a didactic **schematic** bench at 1: 8.3 scale for Fuel Supply System of CF34E Engine for Embraer 170-190 aircraft. In addition, a cutter laser and some in 3D cuts were used to make the didactic model that will help us to visualize the fuel **supply** process more realistic. Semitransparent hoses were used, to make the students' learning more comprehensible and clearly. The components are also simple and manageable due to its design and physical construction with acrylic caustic since using epoxy all components remain sealed and fixed, being the teaching model operational. The implementation of this **system** will help students may perform a more complete and correct practice achieving better learning related to study of **fuel** supply to the engines of the Embraer CF34E 170-190 aircraft It is a fundamental motor system since no fuel, the engine could not fulfil its objective.

KEYWORDS:

- **IMPLEMENTATION**
- **SUPPLY**
- **SCHEMATIC**
- **SYSTEM**
- **FUEL**

CAPÍTULO I

1.1 TEMA

“Implementación de un banco esquemático didáctico a escala 1:8.3 del sistema de suministro de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170-190, para los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, en la Unidad de Gestión de Tecnologías”

1.2 ANTECEDENTES

En la ciudad de Latacunga se encuentra la Unidad de Gestión de Tecnologías en la Universidad de las fuerzas Armadas, esta unidad tiene como objetivo formar futuros profesionales en el campo del mantenimiento aeronáutico y carreras afines con la aviación, en ella se encuentra la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención motores que se enfoca en impartir conocimientos de los diversos motores que se encuentran en el ámbito aeronáutico y de los sistemas que los hacen funcionar.

Es así que la carrera de Mecánica Aeronáutica consta con laboratorios de familiarización y aprendizaje que sirven como apoyo a los estudiantes para mejorar el adiestramiento de los componentes que forman parte de una aeronave, y de un motor. Uno de los mencionados laboratorios-taller es el llamado bloque 42 que se encuentra en la parte posterior de las instalaciones de la Unidad de Gestión de Tecnologías. Allí se encuentran también diversos proyectos que permiten desarrollar y mejorar con el paso del tiempo más conocimiento acerca de las tecnologías que se encuentran evolucionando en el campo laboral. En la Unidad de Gestión de Tecnologías, existen diversos proyectos que representan la funcionalidad del sistema de combustible de ciertas aeronaves. Así pues se puede citar los diversos sistemas que muestran el funcionamiento de ciertos motores de aviación en el antes mencionado BLOQUE 42, allí se puede observar varios elementos del sistema integral de combustible de múltiples motores, en la condición de seccionados, esto quiere decir que el elemento se encuentra cortado en sus componentes exteriores, para mostrar el funcionamiento, y componentes

internos del elemento en cuestión, para citar un ejemplo se puede ver la bomba de combustible seccionada del avión, 727-200, así también se pueden ver documentos de aviación, en este caso manuales, donde hay información de mucha relevancia al momento de discernir el funcionamiento del sistema de combustible.

Se debe recalcar que en los últimos años la aviación ha tenido cambios significativos en temas de automatización y avances para la autorregulación de ciertos componentes dentro la aeronave. No se debe olvidar que la rama aeronáutica como se la conoce hoy apenas tiene 111 años de evolución en los cuales se ha logrado grandes avances en las esferas de la tecnología, lastimosamente dichos avances solo se han logrado al encontrar falencias en las aeronaves de primera generación. Una de las aeronaves que es muy representativa es el Embraer 170-190 de manufactura brasileña, esta se encuentra operando en el país desde el año 2007 y posee sistemas de última tecnología que permiten la disminución de errores y optimizan su utilización. Esta posee uno de los sistemas más novedosos de control de combustible, controlado y operado por un sistema llamado FADEC que se encarga de realizar complejos cálculos internos para determinar la cantidad de combustible exacta para la obtención de la eficiencia máxima en la operación de los motores que dicho de parte también son de última tecnología.

Esta investigación busca diseñar construir probar e implementar un sistema que emule las capacidades del sistema de combustible montado en los motores del avión Embraer 170/190, así pues basara su desarrollo en los diversos sistemas y formas de presentación de la información en tipo maqueta, se intentara llegar a esbozar un diseño bastante aproximado de los componentes donde se pueda observar su posición con respecto al sistema y su funcionamiento en el mismo, además de realizarlo a escala para poder tener una mayor facilidad al momento de transportarlo reduciendo así el peso y el gasto económico que involucraría adquirir equipos reales provenientes de las aeronaves .

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Unidad de Gestión de Tecnologías en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE que se encuentra en la ciudad de Latacunga se vería fortalecida con la implementación de un banco esquemático didáctico a escala del sistema de combustible para el motor CF34E montado en los aviones Embraer 170-190, para los estudiantes de Mecánica Aeronáutica mención Motores. La privación de dicho elemento podría socavar en las capacidades que tienen los alumnos al momento de familiarizarse con equipos innovadores o que poseen sistemas computarizados para el suministro de combustible al motor.

Esto podría ocasionarle al futuro profesional en mantenimiento dificultades al momento de encontrarse en su ámbito laboral con equipos como el montado en los aviones Embraer, es recalable que en la actualidad el mecánico en mantenimiento aeronáutico es un ente que debe tener la capacidad de asimilar los conocimientos de forma rápida y efectiva con el fin de realizar su trabajo de manera eficaz, un estudiante que no haya podido adquirir el conocimiento acerca de los componentes de los nuevos sistemas aplicables a la aviación de última generación. La falta de un sistema como el anterior descrito, le generaría al estudiante, que se encuentra recibiendo la cátedra actualmente en la institución antes mencionada, un posible decremento en la captación y asimilación de cómo funcionan los nuevos componentes que se encuentran insertados en la aviación actual. No se debe despreciar el hecho que el 80% de las personas en el mundo asimilan los conocimientos con mayor eficacia al poder transformar a visual todos los conceptos que se intentan transferir, y mucho más si se acompaña de actividades educativas.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La implementación de un banco esquemático didáctico a escala del sistema de combustible para el motor CF34E montado en los aviones Embraer 170-190, para los estudiantes de Mecánica Aeronáutica mención Motores en la Unidad de Gestión de Tecnologías en la Universidad de las

fuerzas Armadas-ESPE ayudará a corto plazo a todos aquellos docentes que se encuentren en fase formativo o de familiarización, a los que se encuentren recibiendo sistema de combustible de la aeronave, y en general a todos aquellos estudiantes que necesiten interpretar visualmente como los sistemas de última tecnología aportan a la evolución de la aviación, en este caso le permitirá al observador, discernir los componentes, funcionamiento, propósito, y las generalidades del sistema de entrega de combustible para los motores antes mencionados, y como estos son gestionados a través del sistema FADEC (FULL AUTHORITY DIGITAL ENGINE CONTROL) y las palancas de control.

Un profesional que en su fase formativa recibió toda la información necesaria para entender cómo se acoplan los componentes de entrega de combustible en aeronaves de última tecnología como es el Embraer 170-190, tendría la capacidad de asimilar, familiarizarse y entender de manera más rápida y eficaz como operan estos equipos, dándole así la oportunidad de acoger más temas de estudio en menor tiempo, generándole un beneficio a la empresa y a sí mismo, al poder realizar su trabajo de mantenimiento de manera efectiva y segura.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un banco esquemático didáctico a escala 1: 8.3 del sistema de suministro de combustible del motor CF34E mediante el diagrama de encendido eléctrico en los aviones Embraer 170-190, para los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, en la Unidad de Gestión de Tecnologías.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio investigativo de los componentes del sistema de combustible del avión Embraer 170-190.
- Determinar el funcionamiento del sistema de combustible.

- Ensamblar los componentes fabricados de los materiales elegidos que conlleve a una réplica a escala del mecanismo real.

1.6 ALCANCE

Este proyecto comprende todos aquellos estudiantes que pertenezcan a la UGT de la Universidad de las Fuerzas Armadas, que se encuentren o estén en periodos de familiarización o en periodo de asimilación de materias técnicas profesionales de mantenimiento aeronáutico, de las especialidades de “motores tipo jett y estructuras”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Pongo a consideración el presente proyecto de grado basado en la “Implementación de un banco esquemático didáctico a escala 1:8.3 del sistema de suministro de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170-190, dirigido hacia los estudiantes y docentes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías para que en un futuro las clases teórico-prácticas sean de mayor y fácil comprensión.

El sistema de combustible del motor CF34E de los aviones EMBRAER 170-190 comprende uno de los temas de suma importancia en el campo de la aviación, ya que en si es un sistema principal del motor que ayuda a la combustión de la mezcla y con diversos componentes formados hace que el combustible se traslade de los tanques que se encuentran en las alas y en el centro del avión hacia las cámaras de combustión y a la vez cuenta con el sistema de distribución de combustible y el sistema de control de combustible.

Con el fin de contribuir con el campo de la instrucción de materias técnicas y puntuales de cierta aeronave, se intentará replicar en una maqueta a escala, las características principales del sistema que en este documento se refiere. A continuación se describe de forma textual los conocimientos relevantes que se tomaron en cuenta en esta investigación, a fin de que el lector tenga una noción general del sistema, también es destacable que para que la asimilación de conceptos sea más efectiva, es necesario que el lector tenga un mínimo conocimiento de que es un sistema de suministro de combustible además de conocer acerca de teoría de motores jet.

2.2 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Un motor de combustión interna, motor a explosión o motor a pistón, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la propia máquina, a diferencia de, por ejemplo, la máquina de vapor.



Figura 1. Turbina de combustión interna.

Fuente: (shutterstock.com, 2012)

(Mundo aviador, 2015) un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje

Existen distintos tipos de motores de aviación aunque se dividen en dos clases básicas: motores recíprocos (o de pistón) y de reacción. Recientemente y gracias al desarrollo de la NASA y otras entidades, se ha comenzado también la producción de motores eléctricos para aeronaves que funcionen con energía solar fotovoltaica. La aviación como se la conoce comenzó gracias a la propulsión de aeronaves mediante motores de cilindros y pistones, también llamados motores alternativos o motores recíprocos. A pesar de que existían otros métodos y formas de propulsión, los motores de combustión interna permitieron una propulsión de trabajo constante, operados principalmente por gasolina. Debido a la rudimentaria tecnología de finales del Siglo XIX, puede atribuirse en parte al desarrollo de los motores el que a comienzos del Siglo XX el vuelo propulsado fuera

posible. Por ejemplo, el motor que usó el Flyer III de los hermanos Wright hecho con la ayuda del mecánico Charles Taylor, fue un gran éxito debido a su excelente relación peso a potencia, ya que era un motor con un peso de 170 libras que producía una potencia de unos 12 CV a 1.025 RPM



Figura 2. Turbina de combustión interna J31 primer diseño.
Fuente: (us.vwr.com, 2000)

2.3 REQUISITOS DE LOS MOTORES A COMBUSTIÓN

Los motores de combustión deben contar con algunos requisitos como los siguientes:

- El sistema de combustible del motor debe contar con dos subsistemas.
- Un sistema de control de combustible y un sistema de distribución de combustible, que proporciona al motor la cantidad exacta para la combustión.
- Los motores a combustión deben contar con los dos ingredientes básicos como lo es el combustible y el oxígeno generalmente el oxígeno del aire y a ellos se agrega una pequeña cantidad de energía como es una chispa.

Pero la combustión no es un proceso químico ordinario. Una vez que se inicia, "se mantiene a sí misma"(Wikipedia, 2015). Para la máxima eficiencia, el combustible deberá estar mezclado con la cantidad precisa de aire para así permitir la combustión completa hasta dióxido de carbono y agua. Si no hay suficiente aire, no se quema todo el combustible,

reduciendo la producción total de calor, el nivel de quemado y la fuerza del pistón. Por otra parte, si hay mucho aire, entonces el exceso absorbe algo del calor causando otra vez que disminuya la fuerza del motor.

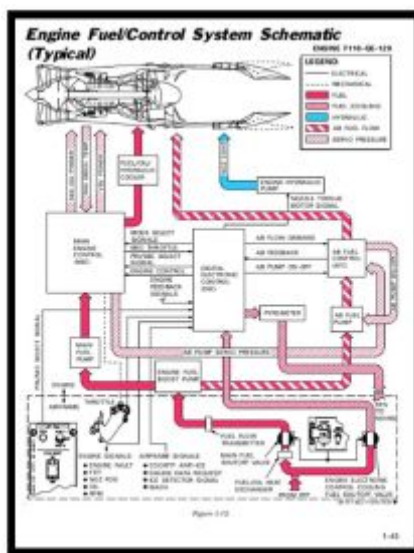


Figura 3. Ejemplo de sistema de control de combustible del avión F16.
Fuente: (shutterstock.com, 2012)

2.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE EN AVIACIÓN

2.4.1 Motores a reacción

Motores a reacción históricamente han existido tres tipos de empuje por reacción, sin embargo el que tuvo más éxito operativo fue el turboreactor. Los otros dos tipos son el Pulsorreactor desarrollado en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial y el Estatorreactor (Ramjet, 2013) el cual, requiere que un turboreactor eleve la velocidad de paso de aire a más de 1 Mach (velocidad del sonido) para poder impulsar una gran masa de aire que entra a alta presión y temperatura en combustión con combustible inyectado para llegar a velocidades mucho mayores; actualmente solo se tiene conocimiento del motor Ramjet en el Lockheed SR-71 Blackbird.

El grupo de turboreactores son los motores empleados habitualmente en aviones comerciales, aviones privados de largo alcance y helicópteros debido a su gran entrega de potencia. Su funcionamiento es relativamente más simple que el de los motores recíprocos, sin embargo las técnicas de fabricación, componentes y materiales son mucho más complejos ya que

están expuestos a elevadas temperaturas y condiciones de operación muy diferentes en cuanto a altitud, rendimiento, y velocidad interna de los mecanismos.

El núcleo de estos motores es una turbina de gas que, mediante la expansión de gases por combustión, produce un chorro de gas que propulsa la aeronave directamente o mueve otros mecanismos que generan el empuje propulsor.

Los turborreactores generalmente se dividen en zonas de componentes principales que van a lo largo del motor, desde la entrada hasta la salida del aire: en la zona de admisión se aloja por lo general una entrada o colector con un compresor de baja compresión y un compresor de alta compresión, en la zona de combustión es donde se inyecta el combustible y se quema en la cámara de combustión mezclado con el aire comprimido de la entrada; esto resulta en una alta entrega de flujo de gases que hace accionar finalmente una turbina (el "corazón" del motor). Por último en la salida se halla la tobera de escape que es la que dirige el flujo de gases producido por la combustión. Los tipos más comunes de motor a reacción (conocidos simplemente como de turbina, erróneamente) son:

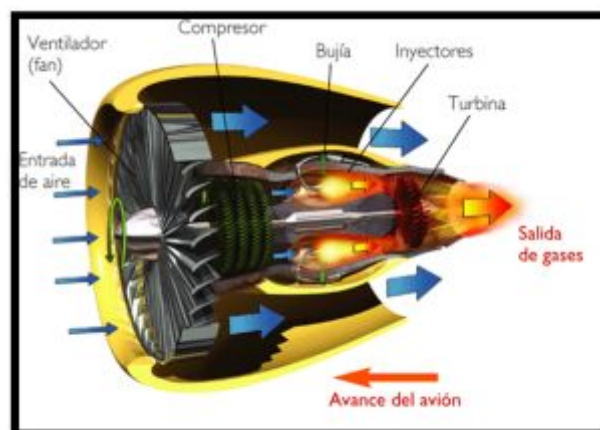


Figura 4. Motor a reacción
Fuente: (shutterstock.com, 2012)

2.4.2 Sistema de combustible de motores Jet

El sistema de combustible consiste de componentes que filtran y monitorizan el flujo de combustible y que lo proporcionan a los inyectores en función de la posición de la palanca de gases.

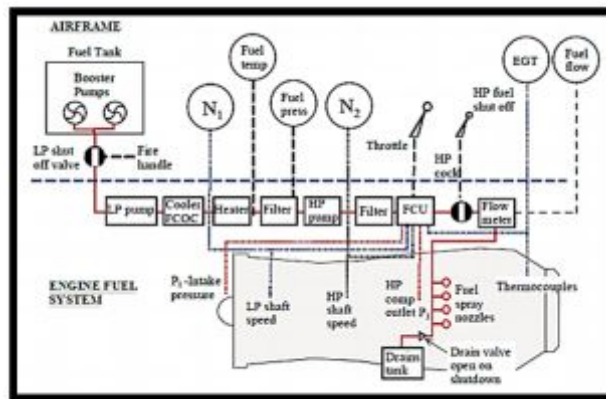


Figura 5. Sistema de combustible en el motor
Fuente: (shutterstock.com, 2012)

2.4.3 Componentes

Los componentes de dicho sistema son:

- **Booster pumps:** Transfieren el combustible desde los tanques hasta la válvula de paso de combustible (fuel shut off valve).
- **Fuel shut off valve:** Sirven para cortar el suministro de combustible en los siguientes casos:
 - Para quitar los componentes (en revisiones) ó
 - En caso de incendio en motor (cuando se acciona el extintor se cierra automáticamente esta válvula) ó
 - En caso de emergencia para parar el motor.
- **Bomba de baja presión (LP pump):** está conducida por la caja de accesorios del motor. Proporciona combustible a la bomba de alta presión (HP). En caso de fallo de las booster pumps, la bomba de LP succionará parte del combustible de los depósitos, haciendo que el motor continúe funcionando.

- Refrigerador (cooler): se instala en la mayoría de motores de turbina. Es un refrigerador de aceite, que cumple la doble función de refrigerar el aceite y calentar el combustible, evitándose la formación de cristales de combustible que bloquearían las tuberías hacia los inyectores. Es conocido como fuel cooled oil cooler (FCOC).
- Calentador (heater): complementa al FCOC. Utiliza aire del compresor para calentar el combustible.
- Filtro: su función es proteger los componentes delicados de la bomba de HP y del sistema de control de combustible (Fuel Control Unit – FCU) de polvo y suciedad.
- Fluxómetro: mide la cantidad de flujo de combustible (en Kg/h o Gal/h) y también incluye un dispositivo que mide la cantidad de combustible consumida desde la puesta en marcha (totalizador).
- Presión y temperatura del combustible: la temperatura se mide a la salida del calentador y la presión a la salida del filtro. En cabina se dispone de sus respectivos indicadores.
- Bomba de alta presión (HP pump): accionada por la caja de engranajes de alta presión (HP) del motor. Se dedica a incrementar la presión del combustible cuando lo requiere el motor (en despegue, go-around...).

2.5 EL AVIÓN EMBRAER 170-190

Los Embraer E-Jets forman una serie de aviones comerciales de fuselaje estrecho fabricados en Brasil por el fabricante aeronáutico Embraer. Todos ellos comparten un fuselaje con igual sección transversal y la mayoría de los sistemas. Las versiones 170 y 175 comparten alas y motores, diferenciándose sólo en la longitud del fuselaje y en el peso máximo al

despegue. Los 190 y 195 también comparten alas y motores. Son los mayores aviones fabricados por Embraer.

La serie Embraer E-Jets se compone de dos familias comerciales principales y de una de aviones ejecutivos. El E-170 y E-175 se montan sobre el diseño base, mientras que el E-190 y E-195 son versiones alargadas con motores diferentes y alas y trenes de aterrizaje mayores. El 170 y el 175 comparten piezas en un 95%, al igual que el 190 y el 195. Las familias entre sí comparten un 89% de los componentes, entre los que destacan los fuselajes con igual sección transversal y la aviónica Honeywell Primus Epic EFIS suite.

Anunciada en la Exposición Aérea de París de 1999, y comenzada a fabricar en 2002, la línea E-Jet es una serie popular y de rápida expansión de aviones regionales. Aunque normalmente son designados anteponiendo el prefijo "E", técnicamente son aviones regionales "ERJ". Embraer acortó el prefijo ERJ en sus primeras campañas promocionales para eliminar la mala imagen asociada a los reactores regionales del momento tales como la familia CRJ. Los 190 y 195 tienen capacidades similares a las versiones convencionales del Douglas DC-9 o del Boeing 737, aviones estos últimos considerados de primera línea.



Figura 6. Motor CF34E de los aviones Embraer 170-190
Fuente: (embraer.com, 2005)

Los modelos Embraer 170 y Embraer 190 son parte de la familia E-Jets, los más recientes modelos desarrollados por Embraer y que comprenden los modelos 170, 175, 190 y 195, marcando la entrada Embraer al mercado de

los Aviones de más de 100 pasajeros al tener capacidades entre los 70 y los 108 pasajeros.

Embraer anunció el programa en Febrero 1999 y lo lanzó oficialmente en Junio 14 del mismo año en el Paris Air Show. El primer miembro de la familia, el Embraer 170 para 70 pasajeros rodó en 2001 y dejó de usar la designación ERJ (Embraer Regional Jet) para el aspecto de mercadeo, aunque en él, los certificados técnicos todavía aparecen como ERJ-170 (al igual que los otros modelos de la serie) y voló por primera vez en Febrero de 2002. El Embraer 170 fue certificado en Febrero de 2004 y las primeras entregas fueron para LOT Polish Airlines, US Airways y Alitalia Express. El Embraer 190 hizo su primer vuelo en Marzo de 2004 y el Embraer 195 en Diciembre de ese año.

La serie E-Jets cuenta con motores General Electric CF34 equipados con FADEC (Full Authority Digital Engine Control - Sistema de Control de Motor con Total Autoridad) al igual que los motores del ERJ-145.

En sus primeros meses de operación el Avión tuvo algunos problemas con el Software (fores, 2010) de los instrumentos de vuelo que han sido superados en su mayoría. Es un Avión bastante apreciado por los pasajeros debido a la comodidad que proporciona debido a su novedoso diseño interior.

En Colombia este Avión es operado por AeroRepública, Satena, Copa Airlines y Tame.



Figura 7. Logo de la empresa Embraer.
Fuente: (embraer.com, 2005)

2.6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL AVIÓN EMBRAER

El Sistema de combustible fue designado para proveer combustible a ambos motores y al APU. El sistema de combustible consiste de tres sub sistemas: un subsistema de almacenamiento. Que incluye respiraderos incorporados en los tanques de combustible en las alas de los aviones; un subsistema de distribución que permite operar la alimentación del motor, la alimentación del APU, reabastecer de combustible y finalmente el subsistema de indicación de combustible que provee indicaciones e información de fallas a los tripulantes y personal de mantenimiento.

2.6.1 Propósito del sistema de combustible

Es el de proveer combustible mediante los conductos o mangueras desde los diferentes tanques que se encuentran en el avión hacia el motor para lograr el funcionamiento eficaz del motor y con los diferentes subsistemas controlar la distribución del combustible para que la mezcla aire-combustible sea la adecuada para que la funcionalidad del motor sea la correcta.

2.6.2 Distribución

El sistema de combustible del motor tiene dos subsistemas: un sistema de control y de distribución. El sistema de control de combustible del motor se compone de:

Sistema de control de combustible

- Sistema de control FADEC (Full Authority Digital Electronic Control)
- Una unidad de medición de combustible (FMU).
- Un imán permanente alternador (PMA),
- los sensores del motor.
- Geometría Variable (VG)
- Actuadores
- Válvula de purga Operatividad (OBV).

- **FADEC**

El FADEC consta de dos canales idénticos alojados en un chasis común. Cada canal consta de un módulo de fuente de alimentación idénticos y un módulo de placa de circuito idéntico

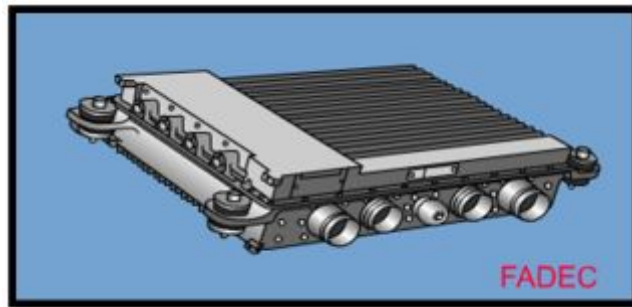


Figura 8. Sistema de control FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Fuel Metering Unit (FMU).**

El propósito principal del FMU es proporcionar flujo de combustible dosificado y preciso al motor para la combustión y también de proporcionar flujo de combustible para el estator variable y el de sangrado además proporciona el cierre de combustible para la parada normal del motor.

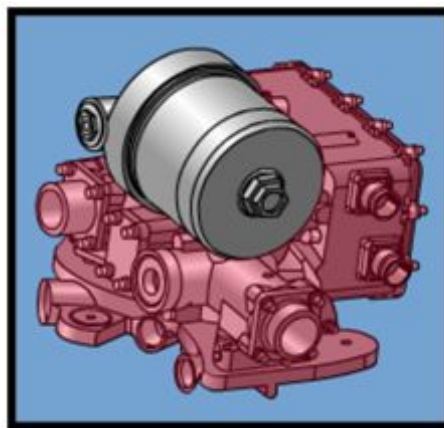


Figura 9. Fuel Metering Unit (FMU)
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Permanent Magnet Alternator**

El alternador magnético permanente está montado en el motor AGB y su propósito de la PMA es proporcionar energía a la FADEC la selección de energía es de 28 VDC que es la fuente de alimentación que necesitara para su trabajo y el suministro de energía del PMA se realiza automáticamente para el FADEC. Cada canal del FADEC tiene una asignación referente al PMA. Cuando la velocidad del motor es mayor que 50% de N2, la entrada del alternador dedicado tiene la capacidad de proporcionar toda la energía eléctrica para el sistema FADEC. El PMA también proporciona una señal de N2 para el sistema de control del motor.

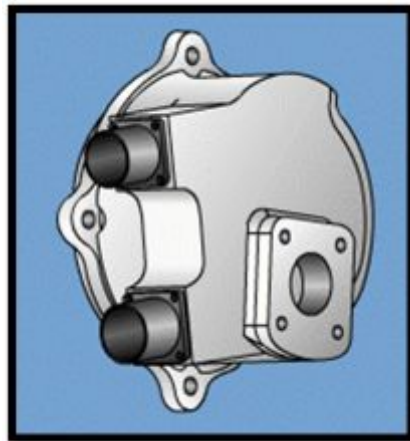


Figura 10. Permanent Magnet Alternator (PMA).
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Engine Sensors**

Es el encargado de censar la presión del combustible con el que entra y sale el combustible del avión hacia el motor.

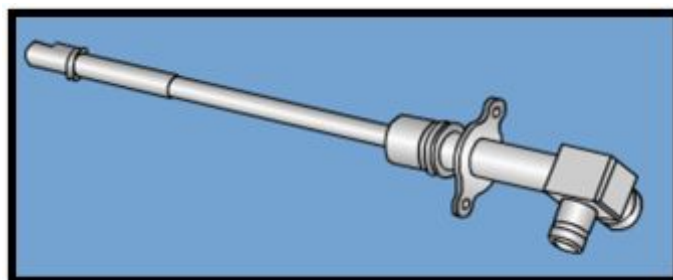


Figura 11. Engine Sensors.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Variable Geometry Actuators (VG)**

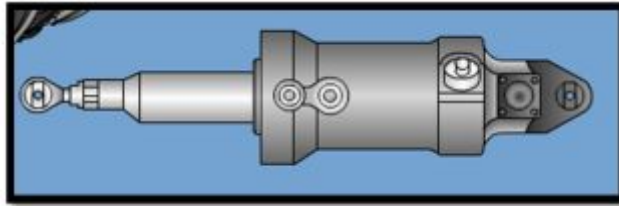


Figura 12. Variable Geometry actuators (VG).
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Operability Bleed Valve (OBV)**

Es la encargada de realizar los cortes de combustible en caso de existir alguna emergencia o cortar el paso de combustible al momento de apagar el motor.

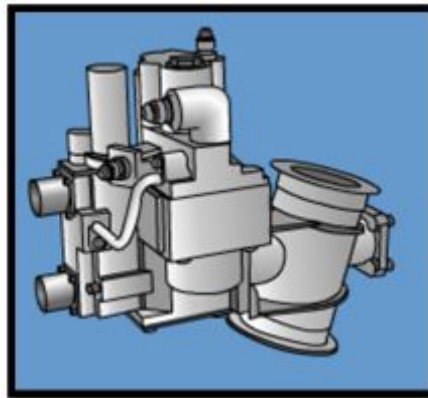


Figura 13. Operability Bleed Valve (OBV).
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Sistema de distribución de combustible**

Los componentes del sistema de distribución de combustible incluyen:

- Bomba de combustible
- Filtro de combustible
- Colector de combustible
- 18 inyectores de combustible
- Intercambiador de calor aceite / combustible.

- **Bomba de Combustible**

La bomba de combustible está diseñado para proporcionar suficiente flujo de combustible y presión al motor desde los tanques para cumplir requisitos como el flujo para el encendido del motor así como el flujo para el álabe estatora variable (VSV) y la válvula de purga variable (VBV) para el accionamiento y funcionamiento de la válvula de control de alta presión para la turbina (HPTCC) y la válvula de purga transitoria. La bomba de combustible también ofrece de nuevo flujo de combustible a la aeronave para la operación de expulsión.

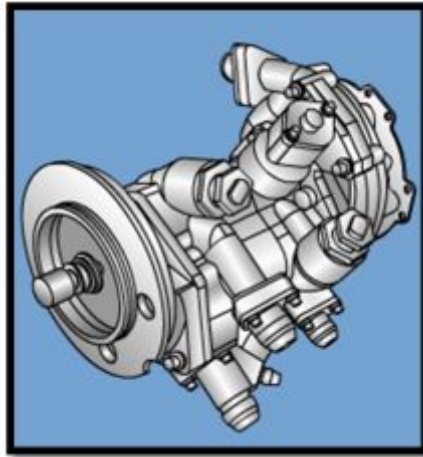


Figura 14. Fuel Pump

Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Filtro de Combustible**

Es el encargado de la filtración del sistema de combustible está en si proporcionado por un filtro principal de combustible del motor el filtro tiene una potencia de 10 micras nominal y está situado en la bomba principal del motor. Todo el flujo principal de la bomba pasa a través del filtro antes de entrar en el FMU. El filtro de combustible cuenta con un función de aliviar que en caso de que se bloquee por consecuencia de la suciedad del combustible no va a prohibir el flujo de combustible si no que por una determinada presión alta que existe en esta válvula de alivio se abrirá permitiendo el paso de combustible hacia la cámara de combustión

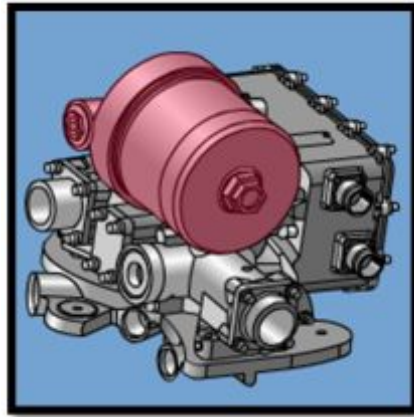


Figura 15. Fuel Filter.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Distribuidor de Combustible**

El Distribuidor de combustible se encuentra alrededor de la circunferencia del bastidor de la cámara de combustión el distribuidor de combustible lleva combustible medido desde una unidad de medición de combustible (FMU) a los inyectores de combustible y se distribuye a los 18 inyectores de combustible.



Figura 16. Fuel Manifold.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Inyectores de Combustible.**

Los 18 inyectores de combustible están igualmente separados alrededor de la circunferencia del bastidor de la cámara de combustión y a la vez los inyectores de combustible atomizan el combustible medido desde la unidad de medición de combustible (FMU) hacia las cámaras de combustión en

forma de cúpula el combustible es enviado a cada inyector de combustible a través del distribuidor de combustible. Dependiendo de la presión del combustible suministrado desde la FMU, los inyectores cuentan con dos orificios que se los llaman flujo primario y secundario el primario se utiliza durante el arranque y baja potencia y el circuito secundario proporciona flujo adicional a alta potencia. Cada inyector de combustible también tiene una válvula de retención que se cierra al apagar el motor.

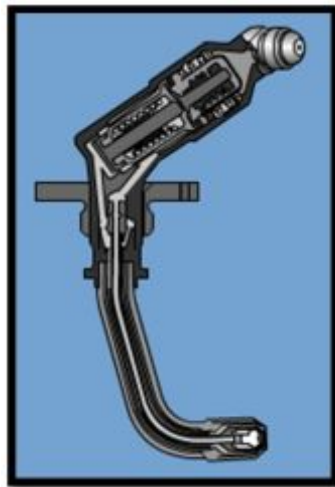


Figura 17. Fuel Injectors
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **Intercambiador de calor aceite / combustible.**

El intercambiador de calor mantiene una similitud con el intercambiador de calor de aire/ aceite debido a que cumple con la misma función. El intercambiador de calor aceite/combustible recibe del motor aceite caliente y de los tanques combustible frío por lo cual tiene la necesidad de cambiar temperaturas que por lo consiguiente el aceite necesita regresar al motor pero con un temperatura contraria ósea fría para que pueda ayudar a que el motor no sufra daños por motivo que el aceite regresar caliente y así mismo el combustible necesita ingresar a las cámaras de combustión en un estado caliente ya que se vuelve volátil y se encuentra listo para su explosión y encendido del motor.

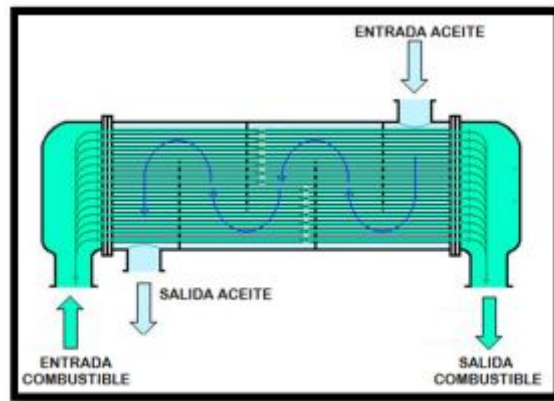


Figura 18. Intercambiador de Calor
Fuente: (Wikipedia.com, 2006)

2.6.3. Subsistemas correlacionados

El sistema de combustible consiste en tres subsistemas los cual son:

- **El Subsistema de almacenamiento de combustible.**

Consiste en los tanques que se encuentra en las alas del avión conjunto con los respiraderos que se localizan en cada uno de los tanques.



Figura 19. Distribución de las líneas de combustible.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **El Subsistema de distribución de combustible.**

Permite operar la alimentación de combustible que se encuentra en las alas hacia los dos motores del avión a la vez la alimentación hacia el APU, y realizar en reabastecimiento de combustible del avión.

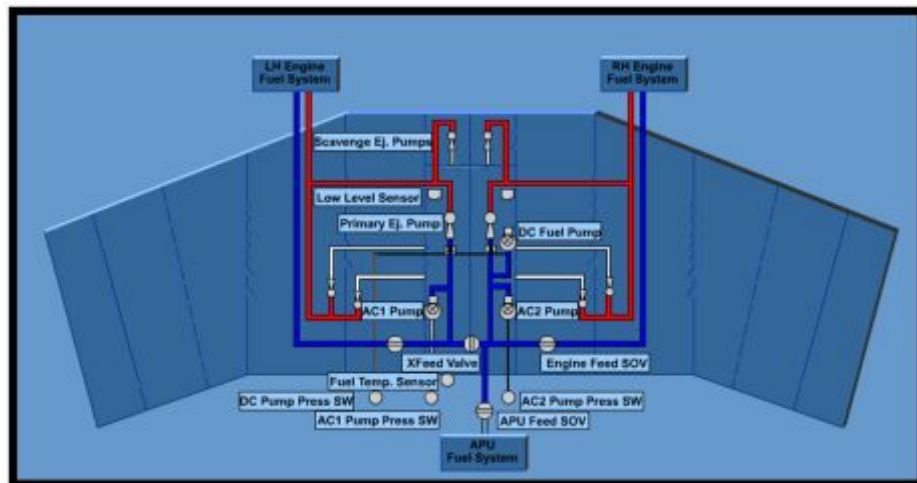


Figura 20. Ubicación de las bombas de tanques de combustible.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

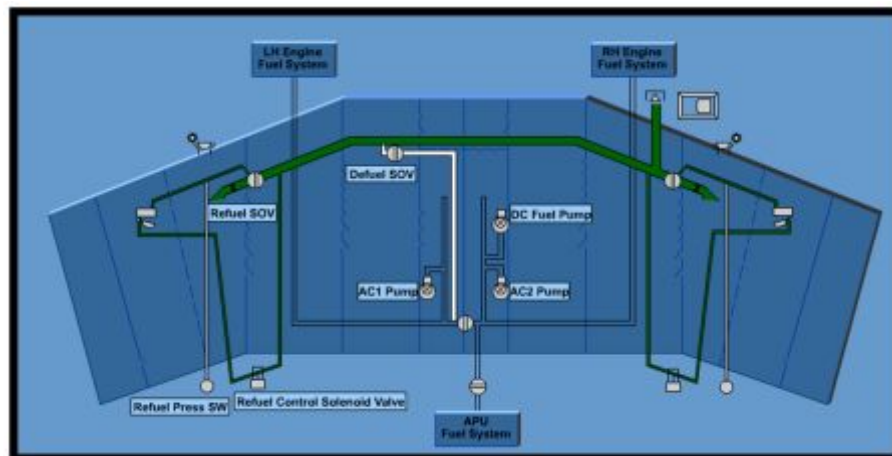


Figura 21. Tanque de drenado y llenado.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

- **El Subsistema de indicación de combustible.**

Permite proveer indicaciones e información de fallas a los tripulantes y personal de mantenimiento del avión.

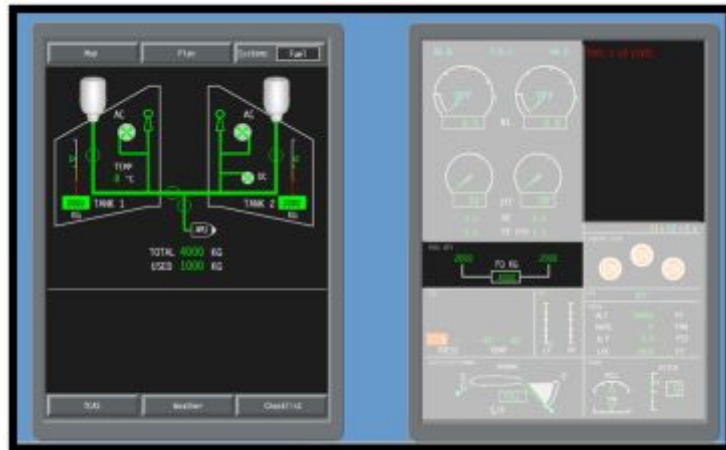


Figura 22. Sistema de indicación de combustible.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

2.6.4. Full Authority Digital Engine Control (FADEC)

El sistema de control de combustible es gobernado por dos canales. El FADEC controla el combustible requerido del motor en respuesta al comando de mando desde el avión.

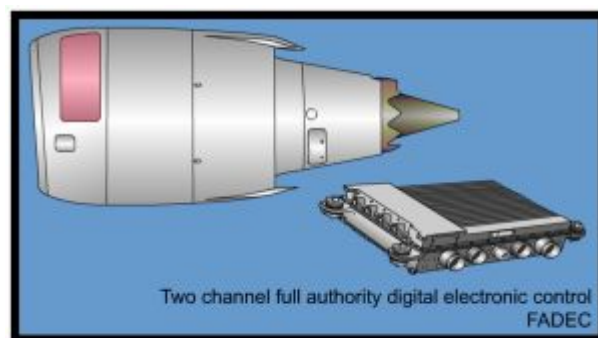


Figura 23. FADEC con dos canales.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

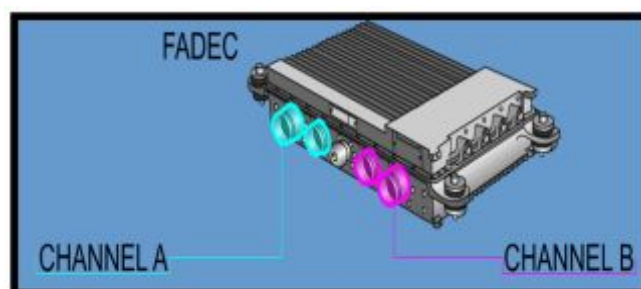


Figura 24. Presentación del canal A/B del FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

El FADEC está montado en la entrada del motor en la posición de las 10:00 es accesible a través de una puerta de acceso. El FADEC tiene dos canales alojados en un chasis común. Los canales tienen fuentes de alimentación idénticas y módulos de placa de circuito. El FADEC tiene dos transductores de presión interna por canal, uno para la presión ambiente (PO) y el otro para la presión de descarga del compresor (PS3). El FADEC tiene cinco conectores, dos para cada canal y un conector de prueba que se culminó durante el funcionamiento. De los dos conectores principales para cada canal, un arnés para la mayoría de señales de los sensores y actuadores del motor mientras que el otro arnés para la mayoría señales de interfaz del fuselaje.

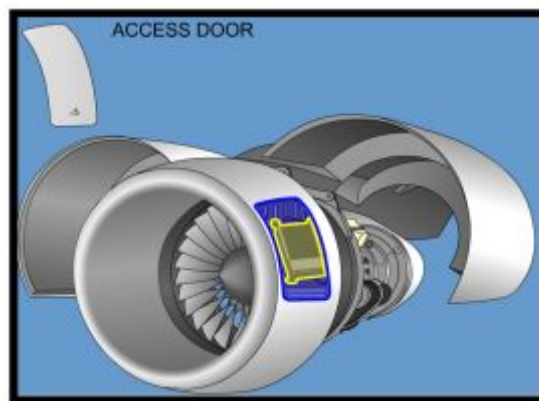


Figura 25. Puertas de acceso al FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

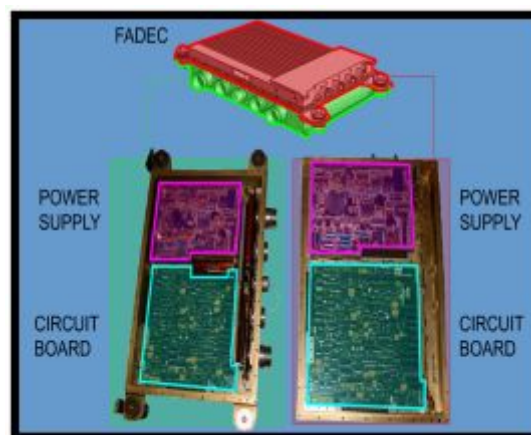


Figura 26. Placas de control FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

El software FADEC proporciona una gestión de empuje basado en los insumos de las aeronaves y de datos en el aire. Estas entradas se utilizan para calcular N1 de referencia adecuado para cualquier posición del acelerador dado. Algunas de las referencias de la categoría N1 se modifican por entradas discretas como sistema de control de despegue automático de empuje (ATTCS), inversor de empuje posición (WOW) y entradas discretas para sangrar. Además de establecer la N1 correcta para una posición dada TLA, los horarios FADEC limitan combustible para proteger el velocidades del motor, la temperatura y la presión de descarga del compresor (CDP).

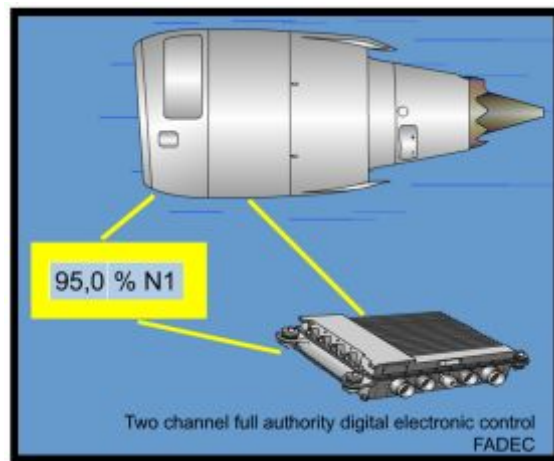


Figura 27. Control de RPM a través del FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

El FADEC se aísla de las vibraciones de sus monturas. Hay aletas de refrigeración del chasis. El propósito del FADEC es proporcionar una autoridad de control total sobre el motor de medición de combustible variable (FMV), la geometría variable (VG) actuadores, la válvula de purga Operatividad (OBV) y otras funciones discretas. Estos incluyen el encendido, la válvula de control de arranque y control del calentador del sensor T2, que responde a los comentarios de los sensores del motor y entradas de mando de la aeronave. El FADEC también proporciona las siguientes funciones:

- Monitorización del motor y la indicación de la cabina.
- Supervisión del sistema de control del motor.
- Gestión de fallos y redundancia.

- Inversor de empuje Sistema de accionamiento (TRAS) de enclavamiento.
- y apoyar la presentación de informes de mantenimiento y solución de problemas.

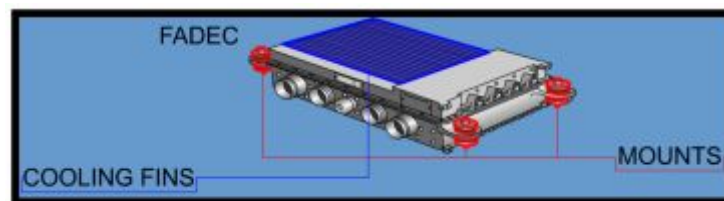


Figura 28. Montantes anti vibración y ventilación del FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

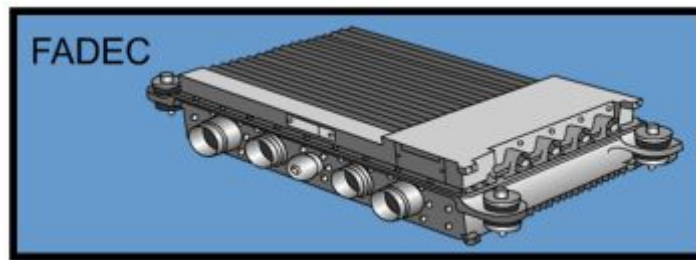


Figura 29. FADEC.
Fuente: (CBT del Embraer, 2012)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO ESQUEMÁTICO DIDÁCTICO A ESCALA 1:8.3 DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190, PARA LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA, EN LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.

CAMPO:	Mecánica aeronáutica
ÁREA:	Motores
ASPECTO:	Implementación de partes simuladas y componentes como material didáctico.
TEMA:	Implementación de un banco esquemático didáctico a escala 1:8.3 del sistema de suministro de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170-190
BENEFICIARIOS:	Estudiantado y docentes de la UGT
INSTITUCIÓN EJECUTORA:	Unidad de Gestión de Tecnologías
UBICACIÓN: (Aeropuerto)	Amazonas y Av. Javier Espinoza
COSTO:	\$ 367,33

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo se basa en un trabajo de investigación de campo donde se detalla el proceso de las etapas de implementación de los componentes simulados de todo el sistema de combustible del motor CF34E en los aviones Embraer 170 - 190

Luego de revisar en el taller de motores de la UGT, fue claro y a simple vista que se encuentran diferentes motores reales y también sistemas de combustible pero al momento no se encuentra ningún tipo de motor o sistemas actuales de los motores que se encuentren volando en aerolíneas que por lo consiguiente se ha visto necesario implementar una maqueta que contenga un sistema de combustible de los motores CF34E de los aviones EMBRAER 170-190 ya que en si no trabajará con partes o componentes reales si no simulados y así poder tener una idea clara de cómo es su funcionamiento en esta maqueta didáctica

Una vez identificado que es necesario este tipo de maquetas se ha iniciado con su investigación a docentes como en manuales percatándose que este tipo de maquetas didácticas ayudaría a la preparación profesional de los estudiantes ya que su estudio no solo sería teórico si no visual a la vez.

Durante el proceso de investigación centrándose en la falta de esta maqueta didáctica se ha tomado como referencia para su implementación datos y figuras del Multimedia Based Training y con la ayuda de manuales proporcionados por compañeros de la aviación tomado en cuenta todas sus partes o componentes que deberán ir en dicha maqueta y a la vez poder observar e implementar su funcionamiento de una manera didáctica.

Con el fin de utilizar y conservar de forma correcta dicha maqueta didáctica perteneciente a la UGT se detallarán además todos los procedimientos para su adecuada utilización y mantenimiento.

El contenido de la realización de la investigación se desarrolla siguiendo un planteamiento por partes, haciéndoles corresponder a cada una de ellas una serie de contenidos como los que se presentan a continuación.

3.2 MATERIALES A UTILIZAR

Tabla 1. Materiales a utilizar

MATERIALES PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN			
ÍTEM	QTY	UNIT	DETALLE
1	1	EA	Lámina de acrílico de 1,50 x 2.40 mts y 4 mm de grosos
2	1	EA	Plástico líquido para impresiones 3D de diferentes colores PLA(Ácido Poliláctico o Poliláctido)
3	2	MTR	Manguera de Poliuretano 4mm
4	2	MTR	Manguera de Poliuretano 6mm
5	6	EA	Codo de 4mm Igual
6	6	EA	Conector T Tubo 4mm
7	2	EA	Llave de paso 6mm
8	4	EA	Conector Recto M5 Tubo de 4mm
9	2	EA	Silicona Transparente uso general 300 ml sista
10	1	EA	Pistola Metálica para silicona liviana Naranja
11	1	EA	Pega Epoxica Acero Metal Jeringa
12	1	EA	Tarjeta Arduino Mega
13	1	EA	Sierra de cortar

3.3 CONSTRUCCIÓN

3.3.1 Consideraciones Generales

Para el desarrollo de esta investigación basado en la implementación de una maqueta didáctica a escala 1:8.3 ubicado en el taller de motores de la UGT es necesario mencionar y tener muy en claro que la maqueta didáctica y sus componente a construir está enfocado como material didáctico a fin de facilitar un buen desarrollo de prácticas en los estudiantes y docentes de la carrera mecánica aeronáutica mención motores, que servirá para instrucción a los estudiantes en el ámbito laboral.

3.3.2 Construcción de la maqueta didáctica relacionado al sistema de combustible de los motores CF34E de los aviones EMBRAER 170-190

Para facilitar el objetivo de esta investigación basada en la construcción de la maqueta didáctica del sistema de combustible de los motores CF34E en los aviones EMBRAER 170-190, se crearon varias etapas a cumplir para así llegar al fin descrito, las mismas que se detallan a continuación.

- Etapa 1: Toma de medidas en base a manuales con una escala de 1:8.3.

Gracias a que se contó con manuales e informaciones digitales se pudo sacar medidas exactas relacionadas a una escala antes mencionada por lo cual con ayuda del programa Solidworks 2014 la escala fue realizada con éxito.

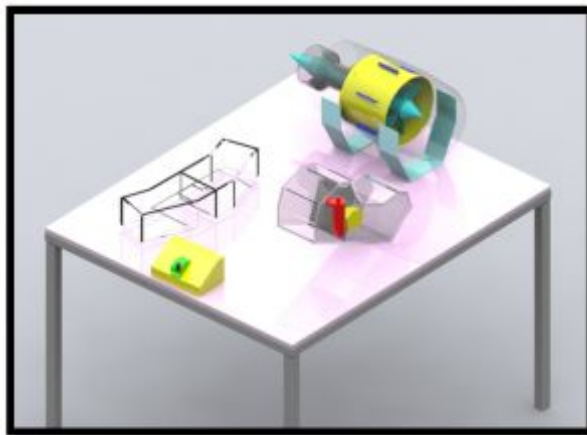


Figura 30. Toma de medidas a escala 1:8.3

- Etapa 2: Elaboración de planos

Basado en las medidas tomadas de los manuales digitales del sistema de combustible de los motores CF34E perteneciente a los aviones EMBRAER 170-190, en esta etapa se elaboró una serie de planos que ayudarán a la construcción por partes para luego unirlos en su debido orden y dar la forma al sistema en sí. Por lo que se dividió al sistema y poder ir tomando en cuenta todos los componentes de este

Sistema de control de combustible.

- Fadec
- Fuel Metering Unit (FMU)
- Permanent Magnet Alternator
- Engine Sensors
- Variable Geometry (VG) Actuators
- Operability Bleed Valve (OBV)

Sistema de distribución de combustible

- Fuel Pump
 - Fuel Filter
 - Fuel Manifold
 - 18 Fuel Injectors
 - Fuel/Oil heat Exchanger
-
- Etapa 3: Cortes realizados a laser y manualmente

Analizando la situación actual del taller de motores de la UGT en base a la disponibilidad del lugar, de herramientas de una precisión de corte exacta se optó por la cortadora a laser logrando una precisión en cortes en lo que se refiere al tanque de combustible.



Figura 31. Cortes realizados con Laser

- Etapa 4: Compra de materiales

Con una idea clara de los materiales a utilizar expuestos anteriormente en base también al estudio de alternativas, la compra de materiales se realizó a medida que fue avanzando el proyecto donde su estudio económico se muestra al final de este capítulo.

- Etapa 5: ensamblaje del tanque de combustible

Ya con los pedazos cortados a laser del tanque de combustible se inició con su ensamblaje y con la ayuda de brujita se hizo puntos de unión lo cual permite observar que se encuentre precisos para su pegado con silicona logrando así un sellado hermético del tanque.



Figura 32. Tanque de combustible de acrílico

- Etapa 6: Realización de impresiones 3D de todos los componentes.

Para la realización de estas piezas primero se realizó en SolidWork primero su diseño logrando así tener un perspectiva ya digital de como ira quedando cada una de las piezas para interés de nuestra tesis.

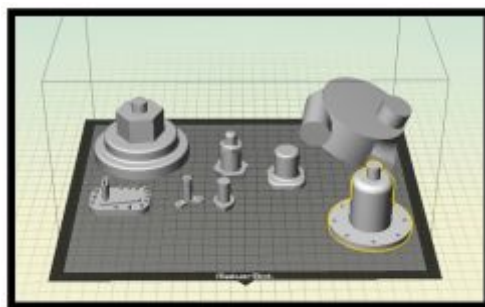


Figura 33. Maketbot Impresiones 3D

Como se puede observar en la figura 33 para poder realizar las impresiones, primero se tuvo que diseñar y así poder lograr tener un resultado perfecto en su impresión



Figura 34. Impresiones 3D

- Etapa 7: ensamblaje de componentes impresos en los tanques y en el sistema.

Para comenzar se dividió las piezas impresas para el sistema de combustible y antes de unir las se va ubicando de acuerdo a su orden para así no obtener una falla al momento de pegarlas y realizar el sistema.



Figura 35. Ubicación de componentes en el banco esquemático

- Etapa 8: Instalación de mangueras y componentes dentro del tanque

Para empezar se ubicó en el orden que fue designado las impresiones 3D dentro del tanque y a continuación se perforó las piezas en el orden que ya fueron ubicadas, para continuar se pegó dentro del tanque en el orden

designado, consiguiendo así un esquema similar al real y con la ayuda de líneas neumáticas y unidos en T y en L su trabajo se facilita y en una precisión exacta ya que son líneas neumáticas e hidráulicas consiguiendo así un mejor funcionamiento del sistema.

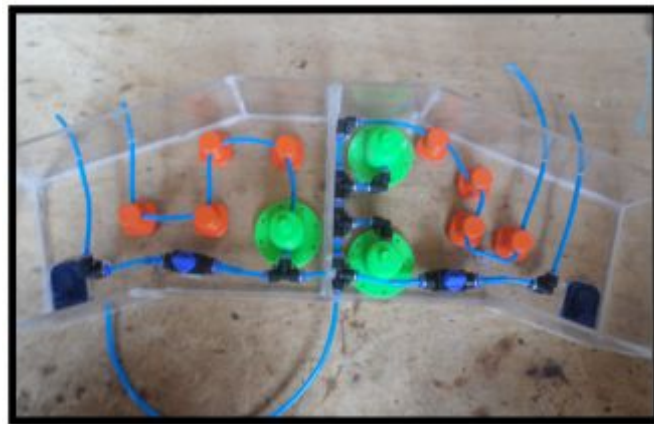


Figura 36. Ensamble de los anillos del case

- Etapa 9: Instalación del sistema eléctrico en el tanque del combustible.

Una vez armado el sistema mediante líneas e impresiones 3D se procedió con la ubicación de LED 3mm en cada uno de sus componentes por lo cual por la parte de abajo con ayuda de un taladro se agujero para la ubicación de los LED y por consiguiente se armó las líneas eléctricas con cableado de 40 pines.

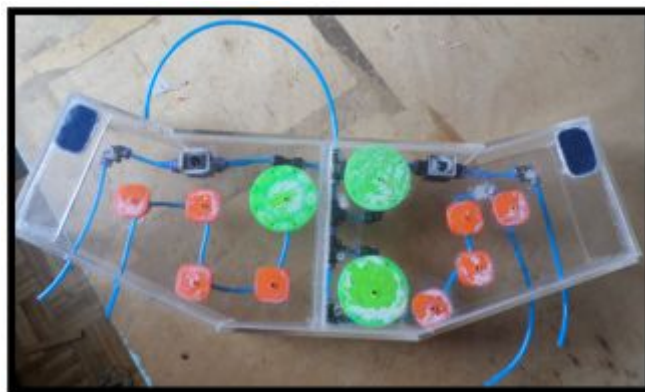


Figura 37. Tanque preparado para la instalación eléctrica



Figura 38. Cableado de 40 pines

- Etapa 10: soldadura de cableado para LED en el tanque.

Ya con los materiales apropiados para el circuito eléctrico se continuó con la soldadura de cableado con los LED y tomando mucho en cuenta que la estética del trabajo debe ser alta para poner lograr una ilustración mejor de la maqueta.



Figura 39. Cautín, estaño para soldar y crema de soldar.

Así mismo para la protección de los cables soldados se utilizó espagueti de 2 mm que sirve como aislante entre los cables y para evitar corto circuitos en el sistema de luces.



Figura 40. Espaguete de 2 mm



Figura 41. Circuito protegido por espaguete

Para terminar con esta parte del proyecto al momento que se ha terminado de soldar todos los LED con los cables necesarios pues se comenzó a ubicarlos de una manera ordenada ya que es necesario tomar en cuenta el orden de encendido para no fallar en la programación.



Figura 42. Circuito completo, ordenado y listo para su programación

- Etapa 11: Soldado de resistencias en baquelita.

Una vez concluida con la etapa de soldado de LED pues se continuó con la soldadura de resistencias $220\ \Omega$ en la baquelita la cual ayuda a que los dispositivos no se quemen y así proteger al sistema.

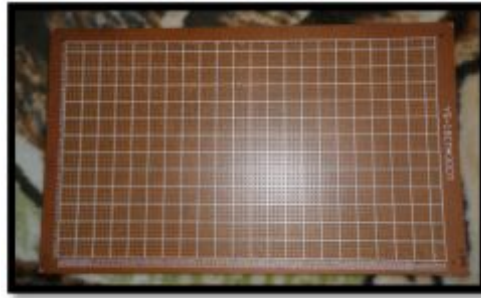


Figura 43. Baquelita

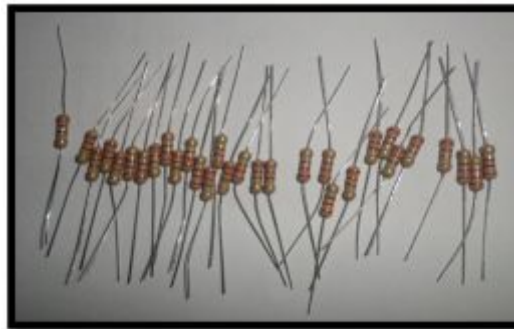


Figura 44. Resistencias $220\ \Omega$.

Una vez soldado las resistencias a la baquelita con los materiales se procedió a la soldadura de aquellos componentes por medio de un cautín y estaño.



Figura 45. Proceso de Soldadura.

Logrando así una unión perfecta entre las resistencias y la baquelita obteniendo un resultado positivo.



Figura 46. Resultado Esperado sobre Soldadura de Resistencias

- Etapa 12: Soldadura de cables negativos para el circuito

Con la ayuda de un cautín se soldó todos los negativos logrando así un solo cable que salga de estos el cual ira conectado al negativo de la fuente.



Figura 47. Soldado de cables negativos

- Etapa 13: Soldadura de cables positivos al conector macho

Antes de juntar los cables con los pines del conector tomar en cuenta que primeros se debe poner estaños en las puntas de los cables y en los pines los cuales facilita el proceso de soldadura.



Figura 48. Soldadura de cables positivos a pines de conector

Como complemento con una pistola de calor se empezó a dar calor a los espaguetis para que quede totalmente sellado y así poder evitar que exista un cortocircuito.



Figura 49. Calor a los espaguetis por medio de una pistola de calor

- Etapa 14: Circuito soldado en baquelita listo para su programación.

Una vez terminado con el proceso de calor de los espaguetis se procedió a soldar el conector hembra para lo cual se utilizó los siguientes materiales como se puede observar:

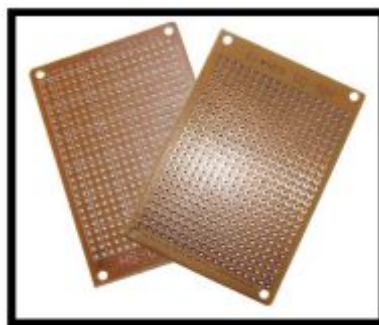


Figura 50. Baquelita perforada

Ya con la baquelita perforada el proceso de soldadura de las resistencias es más rápido y en si con la ayuda de cables Jumper lograr una mejor conexión y así no tener percances con los pines para tarjeta arduino mega

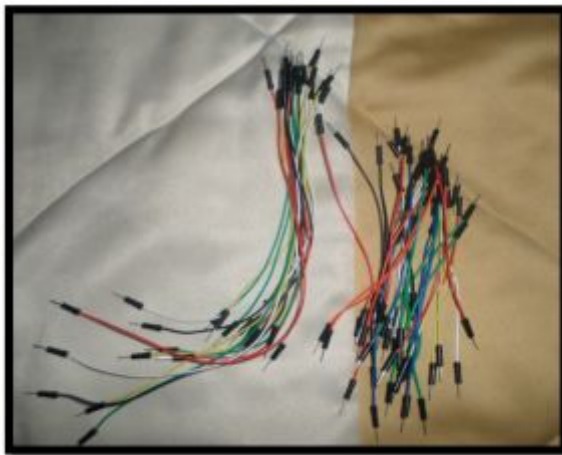


Figura 51. Cables Jumper

Ya con todos los materiales y listos para su soldadura se procedió a soldar los cables en el conector hembra.

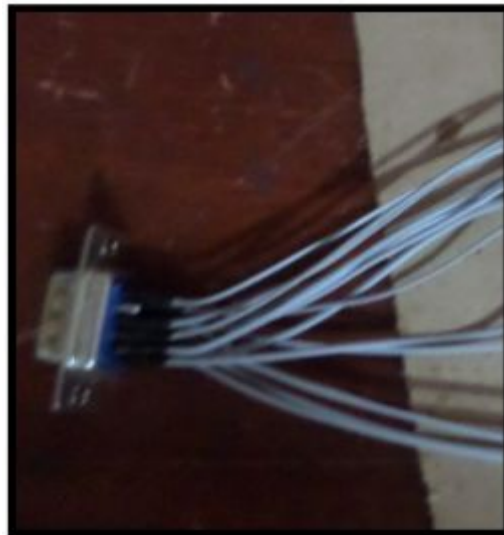


Figura 52. Cables soldados a conector hembra

A continuación se soldó los cables a cada uno de las resistencias:

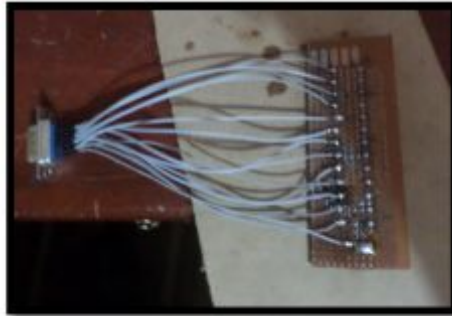


Figura 53. Cables soldados a conector hembra

Para finalizar se soldó los cables jumper a continuación de las resistencias con el fin de obtener una conexión segura.

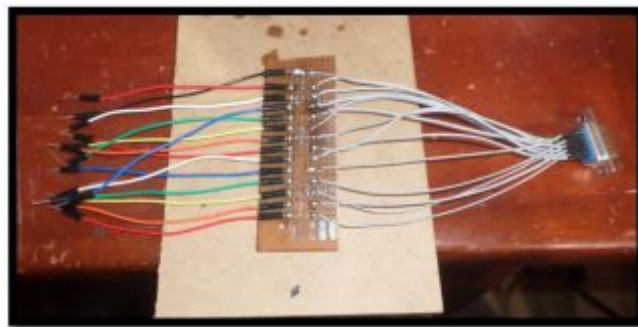


Figura 54. Circuito listo para su funcionamiento

- Etapa 15: Colocar los tanque en la mesa de proyectos

Una vez termina de realizar la comprobación de todo el sistema de luces se procedió a ubicar ya el tanque en la mesa con el fin de que se tenga ya posicionado nuestro tanque del sistema de combustible.



Figura 55. Tanque de combustible.

- Etapa 16: preparar el panel de control para su función.

Para este procedimiento se utiliza switch para cada una de las bombas con el fin de poder tener un control absoluto sobre el sistema y así poder lograr un panel de control para su funcionamiento correspondiente.



Figura 56. Panel de control

- Etapa 17: Ubicación de cintas LED

Para este modo se utilizó cintas LED de color blanco que con mayor facilidad se puede asemejar el seguimiento de como las líneas de combustible salen del tanque y consecutivamente llegan a los motores del avión.



Figura 57. Cintas LED

- Etapa 18: Ubicación de cintas LED en las cámaras de combustión

De la misma manera se colocó tiras de cintas LED en las cámaras de combustión con el fin de poder simular que el combustible como etapa final de su recorrido son en las cámaras.

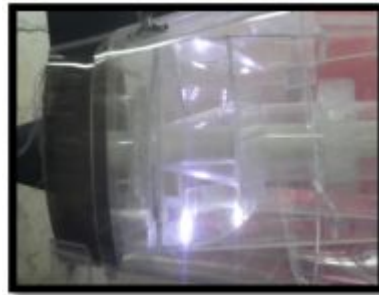
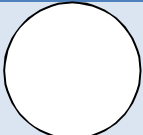
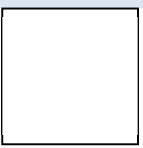
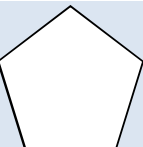



Figura 58. Cintas LED en las cámaras de combustión

3.3.3 Diagrama de construcción e Implementación

Los diagramas de procesos tienen como objetivo describir cada uno de los procedimientos realizados mediante el uso de símbolos. En la siguiente tabla se puede observar las figuras que serán utilizados en los diagramas.

Tabla 2. Simbología de los diagramas de procesos

ITEM	ACTIVIDAD	FIGURA	DETALLE
1	Operación		Se realiza una acción o se fabrica algo
2	Inspección o comprobación		Se verifica o se inspecciona cada uno de los detalles
3	Ensamble		Proceso terminado
4	Conector		Secuencia del proceso

- Diagrama del tanque de combustible

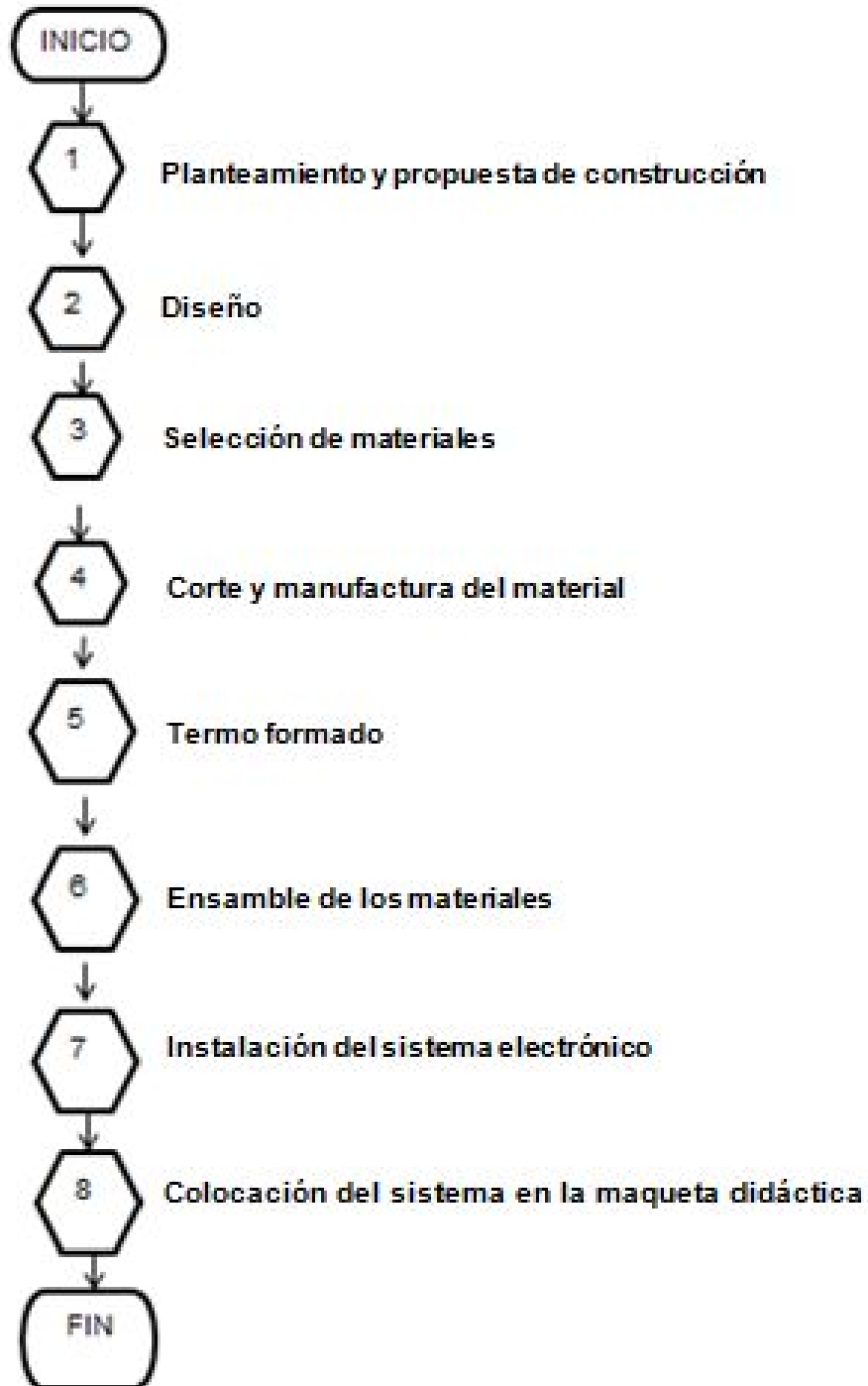


Figura 59. Diagrama del proceso de construcción del tanque de combustible

- Diagrama de las bombas de combustible



Figura 60. Diagrama del proceso de construcción de las bombas de combustible

3.3.4 Pruebas y conformidad de construcción

Durante todo el desarrollo práctico de esta tesis basado en la construcción e implementación del Sistema de Combustible se realizó diferentes pruebas a medida que se avanzó en el proyecto, sin embargo son dos pruebas bien marcadas que debieron realizarse para seguir en marcha con la construcción. A continuación se describe las pruebas realizadas en este proyecto de grado..

- **Prueba 1: Test para empatar las caras del tanque de combustible.**

Luego de haber cortado cada una de las paredes del tanque de combustible se procedió a pegar con brujita y bicarbonato como puntos de sueldas ya que primero se debió centrar el tanque y observar que su ensamblaje se encuentre bien y antes de continuar lo más importante y necesaria prueba, la cual consistió en limar las partes y así lograr que su unión sea perfecta para evitar orificios de escape dentro del tanque.

Una vez realizado el test y obteniendo resultados positivos, el proyecto siguió con la siguiente etapa, con clorhidrato y residuos de acrílicos se empezó a pegar las paredes del tanque de acrílico y por consiguiente los demás pasos ya descritos hasta llegar a la construcción y a la prueba final.



Figura 61. Test para empatar las caras del tanque de combustible

- **Prueba 2:** Test del sistema eléctrico dentro del tanque de combustible

Con el componente ya construido y listo para ser implementado en el banco esquemático, fue necesario realizar una prueba de conformidad con el objetivo de comprobar que todos los LED o cintas LED se encuentren en óptimas condiciones para su total funcionamiento.

Comprobado que en esta prueba final se ha logrado conseguir buenos resultados, todo el sistema eléctrico se encuentra en perfectas condiciones ya que cuentan con resistencias que le permite proteger a los LED lo cual queda listo para ser ensamblado por lo tanto se da por culminada la comprobación del sistema electrónico

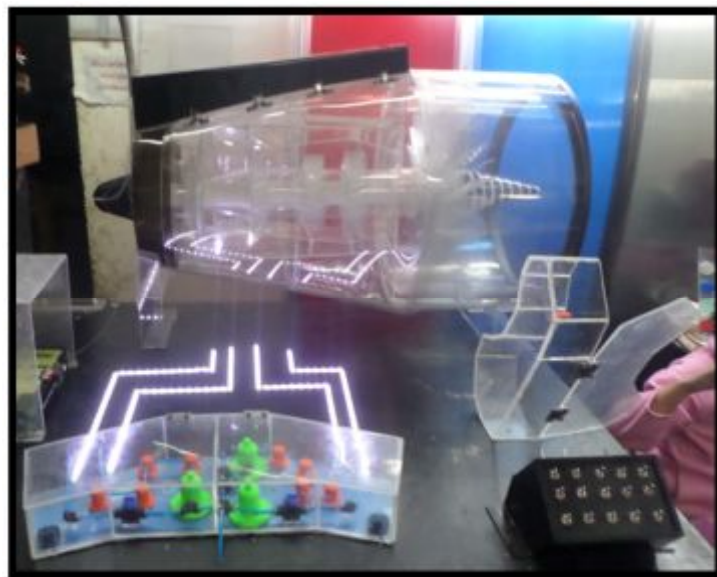


Figura 62. Test del sistema eléctrico dentro del tanque de combustible


Tabla 3. Pruebas de construcción

PRUEBAS DE CONSTRUCCIÓN				
ITEM	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	PRUEBA 1 (TEST PARA EMPATAR LAS CARAS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE.)	PRUEBA 2 (TEST DEL SISTEMA ELÉCTRICO DENTRO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE)	PRUEBA 3 (TEST DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE)
1	Construcción e Implementación	X	X	X
2	Sistemas eléctricos y electrónicos	N/A	X	X
3	Implementación del sistema en el banco esquemático	N/A	X	X
4	Limado y pegado de acrílico	X	N/A	N/A
5	Impresiones 3D	X	N/A	N/A
6	Mangueras y líneas de alimentación	X	N/A	N/A
7	Dimensiones	X	N/A	N/A
8	Pintado	X	N/A	N/A
9	Masillado	X	N/A	N/A
10	Estética en general	X	X	X

X: APLICA
N/A: NO APLICA

3.4 DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y OTROS

3.4.1 Manual de Operación

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
	Código: LMB-MI-32
Manual de Operación	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE LOS MOTORES CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190	
Elaborado por: Víctor Roberto Murriagui Barrera	Revisión No. 1
Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha: abril 2015
<p>I. Objetivo Indicar los procedimientos que se deben seguir para la utilización del sistema de combustible del motor CF34E de los aviones EMBRAER 170 190</p>	
<p>II. Manual de operación</p> <p>1. Alcance: Docentes, técnicos y estudiantes capacitados.</p> <p>2. Personal Requerido: 1 Personas</p> <p>3. Información técnica del proceso y operación: Manual de operación para el manejo del sistema de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170 190</p> <p>4. Condiciones requeridas: Tener en cuenta las normas de seguridad que se debe seguir en el taller y las mencionadas en el manual de seguridad.</p>	

5. Procedimiento

PANEL DE CONTROL DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

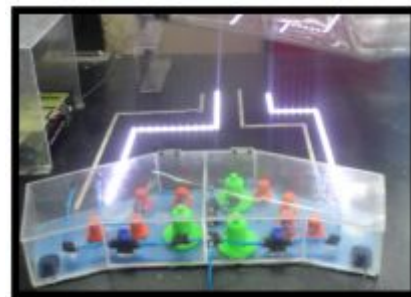
- Se procede a energizar el sistema mediante los cargadores regulables de voltaje que se encuentran ya establecidos en la maqueta



- Una vez energizado el sistema se procede a posicionar en On los switch en el orden que desee.





- Para el encendido de las líneas las cuales proceden al motor se posiciona cada switch delantero en ON y se identificará como cada línea cumple su funcionamiento y se encienden las líneas de abastecimiento y las de retorno

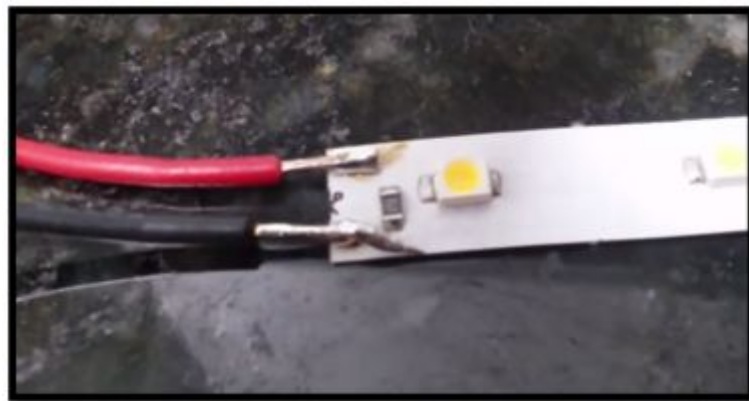
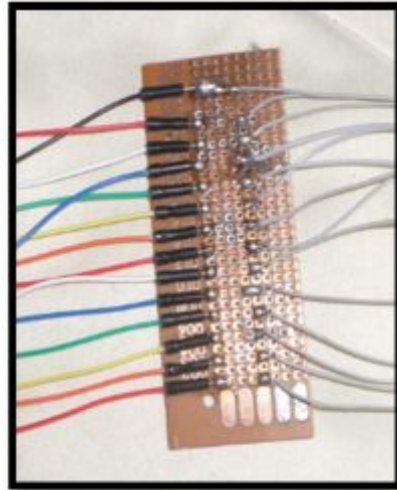


PRECAUCIÓN: Tenga presente que para el encendido debe estar conectado su cargador regulable de voltaje.


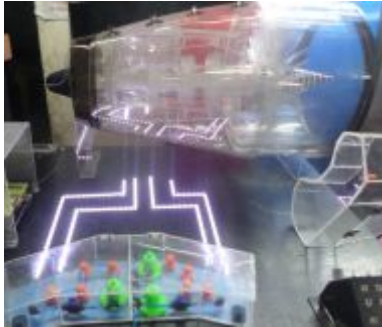
3.4.2 Manual de Mantenimiento

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
	Código: LMB-MI-32
Manual de Mantenimiento	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE LOS MOTORES CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190	
Elaborado por: Víctor Roberto Murriagui Barrera	Revisión No. 1
Aprobado por: Tlga Maritza Nauñay	Fecha: Abril 2015
<p>I. Objetivo</p> <p>Indicar los procedimientos que se deben seguir para dar el mantenimiento respectivo al Sistema de combustible de los motores CF34E de los aviones Embraer 170 - 190</p>	
<p>II. Manual de mantenimiento</p> <p>El mantenimiento se deberá realizar semestralmente, donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar puntos de suelda y condición de los LED y cintas LED - Inspeccionar que el programa instalado en la tarjeta arduino mega funcione en su totalidad <p>1. Alcance: Docentes, técnicos y estudiantes capacitados.</p> <p>2. Procedimiento: El siguiente mantenimiento debe ser realizado por el personal que utilice el equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Examinar la condición de la superficie del tanque exteriormente por pandeo, ondulación o distorsión alguna. 	
	

- Inspeccionar las soldaduras de todas las uniones de las cintas LED por la parte inferior del tanque de combustible.



3.4.3 Manual de Seguridad

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
	Manual de Seguridad
Código: LMB-MI-32	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE LOS MOTORES CF34E DE LOS AVIONES EMBRAER 170-190	
Elaborado por: Victor Roberto Murriagui Barrera	Revisión No. 1
Aprobado por: Tlga Maritza Nauñay	Fecha: Abril 2015
<p>I. Objetivo</p> <p>Indicar los procedimientos de seguridad que se deben seguir para operar y realizar el proceso de encendido del sistema de combustible de los motores CF34E de los aviones Embraer 170-190</p>	
<p>II. Manual de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar ropa de trabajo adecuada: overol, botas punta de acero, guantes, gafas de protección. • El personal capacitado, para su funcionamiento • Obedecer las indicaciones de la persona a cargo: Docentes y técnicos. • Utilizar las herramientas de forma segura y adecuada para prevenir daños personales y al Case de la sección de escape. • El área donde se va realizar el desmontaje debe estar libre de obstáculos para evitar percances personales. 	
	

3.4.4 Descripción de procedimientos nuevos

El único procedimiento nuevo que debería considerarse por realizarse en este componente a futuro para mantenerlo de la mejor manera en lo que se refiere a su aspecto estético así como para protegerlo sobre el tema de desgaste y arranque de cables o desprogramaciones sería como recomendación aplicar de una a dos revisiones semestrales. Para llevar a cabo esta tarea es necesario contar con:

- Cautín
- Estaño y pasta
- Multímetro

Antes de todo, se debe tomar muy en cuenta al realizar esta tarea hacerlo con todas las medidas de seguridad como son el uso de overol, guantes.

Con todas las medidas de seguridad tomadas, verificar que las conexiones sean las correctas antes de empezar con su funcionamiento conectar la tarjeta arduino mega a la computadora y verificar que sus códigos sean correctos con la ayuda del cautín, estaño y pasta ir soldando posibles cables sueltos de los LED y con el multímetro verificar continuidad.

3.5 ESTUDIO ECONÓMICO

Una vez que se ha finalizado este proyecto es necesario realizar un estudio económico minucioso de todos los gastos hechos durante el desarrollo de la construcción e implementación del Sistema de combustible de los motores CF34E de los aviones Embraer 170 190 ubicado en el taller de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías, hasta cumplir con el objetivo de culminar de la mejor manera esta tesis.

Para una mejor comprensión del detalle del rubro total se dividió en varias tablas tanto para el proceso de construcción, de implementación, y sin olvidar gastos varios; donde se especifican todos los costos de los materiales, accesorios y demás materiales que se necesitaron para realizar el proyecto.

3.5.1 Estudio económico de construcción

Para la construcción del sistema de combustible de los motores CF34E de los aviones Embraer 170 190 ubicado en el taller de motores de la UGT existieron los siguientes gastos que se detallan a continuación. Así en el presente rubro se da conocer los materiales utilizados para la construcción.

Tabla 4. Estudio económico de construcción

ESTUDIO ECONOMICO DE COSTRUCCIÓN					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	1	EA	Lámina de acrílico de 4 mm	60.00	60.00
2	1	EA	Impresiones 3D	40.00	40.00
3	3	EA	Cintas LED	6.00	18.00
4	2	EA	Cargadores Regulables de voltaje	6.80	13.60
5	2	EA	Cables de 40 pines	4.50	9.00
6	2	EA	Taípe	0.70	1.40
7	20	EA	LED	0.50	10.00
8	3	EA	Brocas 3/8	0.83	2.49
9	10	EA	Pernos tripa de pato	0.05	0.50
10	1	EA	Poxica	6.42	6.42
11	2	EA	Bisagras	0.70	1.40
12	4	EA	Pernos con tuercas	0.50	2.00
13	1	EA	Tarjeta Arduino Mega	30.00	30.00
14	1	EA	Soquer	0.27	0.27
15	1	EA	Caja de proyectos	10.00	10.00
16	20	EA	Switch	0.50	10.00
17	1	MTR	Espagueti 1mm	1.25	1.25
18	1	MTR	Estaño	1.00	1.00
TOTAL					217.33

3.5.2 Estudio económicos varios

En este estudio económico se explican los gastos varios de todos los aspectos secundarios necesarios referentes al desarrollo y culminación del proyecto tanto práctico como escrito.

Tabla 5. Estudio económico varios

ESTUDIO ECONOMICO VARIOS					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	1	CARRERA	Traslado del banco esquemático a la UGT	10.00	10.00
2	1	CARRERA	Traslado del banco esquemático con sus complementos y motor	10.00	10.00
3	1	RESMA (500 hojas)	Impresiones	0.10	50.00
4	1	HONORARIO	Pago al ingeniero especializados en programación	50.00	50.00
5	1	HONORARIO	Pago al Ingeniero especializado en diseño en solid Work e impresiones 3D	30.00	30.00
TOTAL					150.00

3.5.3 Estudio económico total

En la tabla siguiente se explica el costo total del proyecto que incluye a los valores del estudio económico de construcción, implementación, y sumado el de los rubros varios.

Tabla 6. Estudio económico total

ESTUDIO ECONOMICO TOTAL		
ITEM	DETALLE	VALOR TOTAL
1	Estudio económico de construcción	217.33
3	Estudio económico varios	150.00
COSTO TOTAL		367.33

Una vez realizado todo el estudio económico del proyecto, el costo total del mismo fue de trecientos sesenta y siete dólares americanos con treinta y tres centavos (\$ 367.33).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La implementación de la maqueta didáctica del sistema de combustible del motor CF34E de los aviones Embraer 170 – 190 ubicado en el taller de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías, a más de dar una visión real de cómo está constituido este sistema dentro del motor permite entender observar la funcionalidad de como el combustible circula desde los tanques hasta la cámara de combustión para el momentos de la mezcla Aire Combustible y pueda cumplir la función para la combustión de la mezcla y el empuje al motor.
- Debido a que la maqueta didáctica de la implementación del sistema de combustible del motor CF34E de los Embraer 170 – 190 servirá como material didáctico, no fue necesario construirlo con el material original de acuerdo a lo escrito en el manual de mantenimiento por lo cual se eligió acrílico.
- Una vez que se ha determinado el material más idóneo para realizar la construcción del proyecto, es sumamente más fácil realizar los cortes y demás pasos para poder construir los componentes a utilizar.
- Para realizar una tarea aeronáutica cualquiera que sea esta, es vital en el ámbito aeronáutico seguir al pie de la letra lo que muestra el manual, es por esta razón que para el presente proyecto a más de servir como guía de mantenimiento a la vez sirve como maqueta ilustrativa del sistema de combustible.

4.2 Recomendaciones

- Programar e incluir en las tareas a realizarse para esta maqueta didáctica leer y observar manuales y diagramas para que el sistema de combustible sea armado de una manera correcta que durante las clases prácticas en el transcurso del semestre se pudo obtener con el objetivo de afianzar el aprendizaje, generar nuevos conocimientos, desarrollar destrezas en el estudiantado.
- Tener mucho cuidado y evitar las malas medidas de los componentes fabricados para este proyecto ya que si su diseño en Solid Word no es a la escala la cual fue decidida su diseño y medidas pueden ser erróneas y que dificultan realizar una réplica exacta de cualquier componente que sea este.
- Para realizar un estudio de alternativas es recomendable guiarse con una persona de mayor experiencia como docentes y/o técnicos de aviación.
- Antes de adquirir cualquier material que sea, primero se debe comparar calidad y precios; y mejor aún si se es asesorado de una persona más entendida en el tema.

GLOSARIO

- **ATTCS:** Sistema de Control de Despegue Automático de Empuje.
- **CDP:** Presión de Descarga del compresor.
- **ESTAÑO:** Elemento químico de símbolo Sn y número atómico 50, es un metal de color blanco o gris que se trabaja fácilmente y puede extenderse en planchas, se usa especialmente en soldaduras y para proteger el hierro y el cobre.
- **FIABILIDAD:** Se define como la probabilidad de que un mecanismo u objeto funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas.
- **FADEC:** Full Authority Digital Engine Control.
- **FCOC:** Fuel Cooled Oil Cooler.
- **FCU:** Fuel Control Unit.
- **FMU:** Unidad de Medición de Combustible.
- **HPTCC:** Válvula de Control de Alta Presión para la Turbina.
- **IMPRESIONES 3D:** Una impresora 3D es un dispositivo capaz de generar un objeto sólido tridimensional mediante (y ahí radica la principal diferencia con los sistemas de producción tradicionales) la adición de material.
- **LED:** Diodo Emisor de Luz
- **PEGAMENTO POXICA:** Adhesivos cuyo polímero base está formado por el grupo químico denominado epoxi, los adhesivos de epoxi son conocidos también como adhesivos rígidos.
- **PROGRAMACION:** se refiere a idear y ordenar las acciones que se realizarán en el marco de un proyecto; al anuncio de las partes que componen un acto o espectáculo.
- **PMA:** Imán Permanente alternador.
- **PO:** Presión Ambiente.
- **VSV:** Alabe Estatora Variable.
- **VBV:** Válvula de Purga Variable.
- **WOW:** Inversor de Empuje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAER. (2010). *Multimedia Based Training*. Brasil.

Aeropuertos, R. d. (3 de Noviembre de 2014). *Airline92.com*. Recuperado el 15 de Abril de 2015, de http://www.airline92.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3884:ge-celma-inaugura-nuevas-instalaciones-para-motores-cf-34-e-inspeccionara-los-nuevos-genx-usados-por-los-boeing-787-y-7478-en-brasil&catid=1:noticias&Itemid=55%20www.gloturbparts.c

Embraer Commercial Aviation. (s.f.). Recuperado el 27 de Marzo de 2015, de <http://www.embraercommercialaviation.com/Pages/Market-Info.aspx>

MUÑOZ, M. (s.f.). *Manual de Vuelo*. Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de Sistema Funcional : <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF36>

ANEXOS