



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN
& AVIÓNICA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE
COMPROBACIÓN DE CHEQUEO FUNCIONAL DE LAS
BOMBAS DE COMBUSTIBLE DEL AVIÓN SÚPER TUCANO
PARA EL ALA DE COMBATE N°23 MANTA

AUTOR: FLORES CUYACHAMÍN IVÁN ARMANDO

DIRECTORA: TLGA. NAUÑAY MARITZA

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TEGNOLOGIAS**

CERTIFICADO

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **FLORES CUYACHAMÍN IVÁN ARMANDO**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**.

TLGA. MARITZA NAUÑAY
DIRECTORA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Mayo del 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TEGNOLOGIAS**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, FLORES CUYACHAMÍN IVÁN ARMANDO
DECLARO QUE:

El trabajo de grado denominado “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE COMPROBACIÓN DE CHEQUEO FUNCIONAL DE LAS BOMBAS DE COMBUSTIBLE DEL AVIÓN SÚPER TUCANO PARA EL ALA DE COMBATE N°23 MANTA”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Mayo del 2015

FLORES CUYACHAMÍN IVÁN ARMANDO
CI. 0502666373

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLÓGICAS**

AUTORIZACIÓN

Yo, FLORES CUYACHAMÍN IVÁN ARMANDO

Autorizo a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE COMPROBACIÓN DE CHEQUEO FUNCIONAL DE LAS BOMBAS DE COMBUSTIBLE DEL AVIÓN SÚPER TUCANO PARA EL ALA DE COMBATE N°23 MANTA” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo del 2015

FLORES CUYACHAMÍN IVÁN ARMANDO
CI. 0502666373

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Graduación, se la dedico con todo mi cariño y aprecio a los dos seres que me dieron la vida mis queridos padres quienes día a día han sabido guiarme por el camino del bien para así salir adelante y a mis Hermanos por estar siempre a mi lado dándome el apoyo moral, el impulso necesario para poder desarrollarme tanto humana como profesionalmente.

A mí querido tío Emilio por enseñarme que la vida es una lucha constante pero que nada es imposible, que las cosas llegan con el esfuerzo y sacrificio con el transcurrir del día a día y en general a toda mi familia por el apoyo brindado en todo el tiempo que estuve preparándome en el ámbito profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por guiarme, protegerme y darme la sabiduría, la fuerza necesaria para enfrentar mis retos, objetivos, metas y así poderlas cumplir de una manera eficaz.

A mis padres, mis hermanos y toda mi familia que fueron mi inspiración para construir este sueño que con su apoyo moral supieron llenarme de fuerzas para alcanzar el objetivo planteado.

A la Fuerza Aérea Ecuatoriana por brindarme la oportunidad de seguir capacitándome profesionalmente.

Al personal de docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas (Unidad de Gestión de Tecnologías) quienes día a día con sus enseñanzas fueron sentando las bases del conocimiento adquirido, que me dedicaron su tiempo y cultivaron en mí esa enseñanza, por guiarme y compartir sus conocimientos en mi formación y en la realización de esta tesis.

A mis compañeros de aula con los que compartimos muchas horas de sacrificio, estudio, deportes que perduraran siempre en mi alma y mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Alcance	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Introducción al Sistema de Combustible de una Aeronave.....	5
2.1.1 Tipos de sistemas de combustibles	5
2.1.1.1 Sistema de combustible por gravedad.....	6
2.1.1.2 Sistema de combustible por presión	6
2.1.3 Componentes del sistema de combustible.....	6
2.1.3.1 Sistema de combustible del avión comprende:.....	7
2.2 Sistema de combustible del avión A-29B.....	8
2.2.1 Descripción	8

2.2.2 Subsistemas del Sistema de combustible.....	8
2.2.3 Almacenamiento	9
2.2.3.1. Introducción	9
2.2.3.2 Descripción general	9
2.2.3.3 Componentes.....	10
2.2.3.4 Tanque de ala	10
2.2.3.5 Respiradero del depósito de combustible del ala.....	10
2.2.3.6 Tanques externos de combustible	11
2.2.3.7 Respiradero del depósito de combustible externo	11
2.2.4 Sistemas de distribución	12
2.2.4.1 Introducción	12
2.2.4.2 Descripción general	12
2.2.5 Sistema de indicación de combustible	12
2.2.5.1 Descripción general	12
2.2.5.2 Sistema de advertencia de combustible.....	13
2.2.5.3 Subsistemas del sistema de advertencia de combustible:.....	13
2.3 Bomba eléctrica de combustible del avión A-29B.....	14
2.3.1 Componentes con los que trabaja la bomba de combustible.....	15
2.3.1.1 Bomba eyector	15
2.3.1.2 Bomba de combustible presóstato.....	15
2.3.1.3 Válvulas de retención.....	15
2.3.1.4 Válvula de alivio	15
2.3.1.5 Interruptor de baja presión	16
2.3.2 Operación	17
2.4 Manómetros de presión	18
2.4.1 Concepto.....	18
2.4.2 Características y tipos de manómetros	18
2.4.2.1 Manómetro de dos ramas abiertas.....	18
2.4.3 Función y aplicación.....	19
2.5 Fluxómetros de combustible	20
2.5.1 Definición de un fluxómetro de combustible.....	20
2.5.2 Factores para la elección del tipo de medidor de fluido	20

2.5.3.1 Rotámetro	21
2.5.3.2 Fluxómetro de turbina	22
2.5.3.3 Fluxómetro de vórtice.....	22
2.5.3.4 Fluxómetro electromagnético.....	23
2.5.4 Función y aplicación.....	24
2.6 Voltímetro.....	24
2.6.1 Definición	25
2.6.2.3 Voltímetro digital	25
2.6.3 Características de un voltímetro	25
2.6.4 Como se utiliza	26
2.7 Amperímetro	27
2.7.1.3 Amperímetros digitales	28
2.7.2 Utilización.....	28
2.7.3 Conexión de un amperímetro en un circuito	29
2.8 Tanques de combustible	29
2.8.1.1 Tanques independientes.....	30
2.8.2 La construcción del tanque de combustible	30
2.8.3 Características de un tanque de combustible	31
2.9 Cañerías de combustible	31
CAPÍTULO III	32
DESARROLLO DEL TEMA.....	32
3.1 Preliminares	32
3.2 Componentes y materiales del módulo de comprobación.....	33
3.3 Diseño y Construcción de la estructura del módulo	33
3.3.1 Diseño.....	34
3.3.1.1 Diseño Estructural.....	34
3.3.1.2 Diseño eléctrico.....	35
3.3.1.2 Diseño mecánico.....	35
3.3.2 Material utilizado en la construcción de la estructura del módulo	36
3.3.2.1 Construcción de la estructura del módulo	36
3.3.2.2 Medidas de la Estructura del Módulo	36
3.3.3 Construcción del tanque de combustible	38

3.3.3.1 Medidas del tanque de combustible.....	39
3.3.4 Compilación y/o Ensamblaje de los componentes del módulo	40
3.3.4.1 Parte I ensamblaje de los componentes del módulo.....	40
3.3.4.2 Parte II instalaciones eléctricas del módulo.	45
3.3.4.4 Funcionamiento del módulo de comprobación.....	47
3.4 Pruebas y Análisis De Resultados	48
3.4.1 Prueba de conectividad del reservorio hacia la bomba.....	48
3.4.2 Prueba de alimentación de la fuente de poder al módulo	49
3.4.3 Prueba de funcionalidad general del módulo	50
3.5 Mediciones de una bomba de combustible en buen estado	50
3.5.1 Mediciones de una bomba de combustible en mal estado.....	51
CAPITULO IV.....	52
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES.....	54
GLOSARIO	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de operación del módulo (bomba en buen estado)	51
Tabla 2. Datos de operación del módulo (bomba en mal estado).....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del sistema de combustible.....	7
Figura 2. Sistema de combustible (Arquitectura)	8
Figura 3. Almacenamiento de combustible	11
Figura 4. Sistema de indicación de combustible - diagrama de bloque	14
Figura 5. Componentes del sistema de alimentación del motor.....	16
Figura 6. Manómetro de presión	18
Figura 7. Manómetro de dos ramas abiertas.....	19
Figura 8. Manómetro metálico.....	22
Figura 9. Fluxómetro electromagnético.....	23
Figura 10. Fluxómetro	24
Figura 11. Voltímetro.....	24
Figura 12. Voltímetro digital	25
Figura 13. Voltímetro corriente alterna.....	26
Figura 14. Voltímetro corriente continúa	27
Figura 15. Amperímetro digital	28
Figura 16. Conexión de un amperímetro.....	29
Figura 17. Tanques de combustible	30
Figura 18. Cañerías de combustible	31
Figura 19. Diseño estructural	34
Figura 20. Diseño eléctrico.....	35
Figura 21. Diseño mecánico.....	35
Figura 22. Medidas de la Estructura Del Módulo	36
Figura 23. Estructura del módulo (ancho)	37
Figura 24. Estructura del módulo (profundidad)	37
Figura 25. Partes de la estructura del módulo.....	38
Figura 26. Tanque de combustible (altura).....	39
Figura 27. Tanque de combustible (ancho).....	39
Figura 28. Tanque de combustible (profundidad).....	39
Figura 29. Voltímetro.....	40
Figura 30. Amperímetro digital	41

Figura 31. Indicador de presión.....	42
Figura 32. Fluxómetro	43
Figura 33. Tanque de combustible.....	44
Figura 34. Acoples y mangueras de combustible.....	44
Figura 35. Módulo ensamblado los equipos y materiales	45
Figura 36. Instalaciones eléctricas	46
Figura 37. Módulo ensamblado y realizado las instalaciones eléctricas	47
Figura 38. Funcionamiento del módulo de combustible	48
Figura 39. Prueba de conectividad del tanque hacia la bomba.....	49
Figura 40. Prueba de alimentación con la fuente de poder.....	49
Figura 41. Prueba de funcionalidad general del módulo	50

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo la implementación de un módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible del avión Súper Tucano para el Ala de Combate N°23 Manta. Este proyecto se asume con finalidad de solventar la carencia de un módulo de comprobación, para que el personal de técnicos que laboran en el Escuadrón Mantenimiento 2323 A- 29 B puedan realizar trabajos referentes al sistema de combustible del avión Súper Tucano. El capítulo I, trata acerca de los antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivo general, los objetivos específicos y alcance. El capítulo II, se refiere al marco teórico donde se realizó una investigación minuciosa de cómo se puede realizar este tipo de proyectos, los materiales que se pueden utilizar, además se detallan conceptos básicos sobre el sistema de combustible del avión A-29B, bombas eléctricas de combustible, además trata acerca de todos los componentes que comprenden este módulo de comprobación como son: voltímetro, amperímetro, fluxómetro, indicador de presión, tanque combustible y los diferentes materiales utilizados en este proyecto realizado. El capítulo III, se detalla paso a paso como se realizó el diseño y construcción, parte de acoplamiento de lo estructural, mecánico-eléctrico, de sus componentes en general, de los cuales se fundamenta mencionado proyecto y de la misma manera se encuentra la parte de las pruebas de funcionamiento, las mediciones que provee el módulo. El capítulo IV, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo durante el tiempo que se ejecutó mencionado proyecto.

PALABRAS CLAVES:

- ✓ **SISTEMA DE COMBUSTIBLE**
- ✓ **BOMBA DE COMBUSTIBLE**
- ✓ **MECÁNICO-ELÉCTRICO**
- ✓ **AVION A-29 B**
- ✓ **AMPERÍMETRO**

ABSTRACT

This project aims to implement a testing module functional check of the fuel pumps Super Tucano aircraft for “Ala de Combate N° 23 Manta”. This project is assumed to aim to solve the lack of a test module for technical personnel working in the “Escuadron Mantenimiento 2323 A- 29 B” may perform work related to the fuel system Super Tucano aircraft. Chapter I deals with the background, problem statement, justification, general objective, specific objectives and scope. Chapter II refers to the theoretical framework where a thorough investigation of how you can perform such projects, performed the materials that can be used in addition basics about the fuel system of the aircraft A-29B, electric pumps are detailed fuel, also deals with all components comprising this test module as: voltmeter, ammeter, flush valve, pressure gauge, fuel tank and the different materials used in this project done. Chapter III, step by step as the design and construction of coupling the structural, mechanical and electrical, components in general, of which mentioned project is based and in the same way the party is held detailed of performance testing, measurement provides us the module. Chapter IV finally the conclusions and recommendations obtained during the time that you ran mentioned project are presented.

KEY WORDS:

- ✓ **FUEL SYSTEM**
- ✓ **FUEL PUMP**
- ✓ **MECHANIC-ELECTRIC**
- ✓ **AIRPLANE A-29 B**
- ✓ **AMPERIMETER**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EL TEMA: “Implementación de un módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible del avión Súper Tucano para el Ala de Combate N°23 Manta”

1.1 Antecedentes

La Fuerza Aérea Ecuatoriana es una institución que fue creada un 27 de octubre de 1920 cuya labor es defender la soberanía del espacio aéreo. El Ala de Combate N°23 Manta es una base militar operativa de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, inicia sus operaciones el 24 de octubre de 1978 como base Aérea Eloy Alfaro constituyéndose en uno de los pilares fundamentales para la defensa y soberanía de nuestro país. El escuadrón Mantenimiento 2323 A-29B se encuentra estructurado de varias escuadrillas entre esas Aviónica la cual tiene que solventar los problemas que se presentan en cada uno de los sistemas del avión en la cual las bombas eléctricas de combustible forman parte de uno de estos sistemas.

Dado la necesidad de implementar una estación de comprobación para el chequeo funcional de las bombas de combustible del avión A-29 B Súper Tucano se procede a realizar una investigación de campo en donde se encontró un tema de tesis relacionado con el proyecto que se está realizando, existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico el cual se detalla a continuación:

Construcción de un banco de pruebas para verificar el funcionamiento del instrumento indicador de cantidad de combustible del avión Arava T-201 del GAE-44 “Pastaza” Realizado por Cbop. A.E Luis Abel Chuquitarco T. en el año 2006.

En la investigación de información sobre este tipo de proyectos realizados en el Ala de Combate N°23 no se pudo encontrar ningún tipo de módulo que sea similar al mencionado por tal razón de ahí la necesidad de realizar este tipo de proyecto.

1.2 Planteamiento del problema

En el Ala de Combate N°23 Manta específicamente en el Escuadrón de Combate 231 se inició hace aproximadamente tres años las operaciones de una flota nueva de aviones Súper Tucano A-29B.

El personal técnico de la Escuadrilla Aviónica del escuadrón mantenimiento 2323 A-29B cumple con el trabajo de inspecciones y levantada de reportajes de los aviones Súper Tucano, en la actualidad se dificulta realizar mencionados trabajos no existir el módulo adecuado para chequear el funcionamiento de una bomba eléctrica, en la actualidad dicho sistema tiene un alto porcentaje de reportajes motivo por el cual surge la necesidad de adquirir una estación de comprobación para el chequeo de mencionadas bombas eléctricas de combustible del avión Súper Tucano.

1.3 Justificación

El Escuadrón mantenimiento 2323 del Ala de Combate N°23 en la actualidad no cuenta con un módulo de comprobación funcional del chequeo de las bombas de combustible por lo que se dificulta realizar trabajos referentes al Sistema de Combustible del avión A-29B Súper Tucano.

Para solventar la carencia de un equipo de comprobación del Escuadrón de Mantenimiento A-29B se realizó la construcción e implementación de un módulo de comprobación, mencionado equipo será útil para los trabajos del personal técnico de la escuadrilla de Aviónica.

Entre los aspectos positivos que se lograron son: El mejor aprovechamiento del recurso humano, debido a que el personal técnico cuenta con un módulo adecuada de realizar trabajos del Sistema de Combustible.

En el futuro se dispondrá con un módulo de comprobación la cual va a facilitar trabajos de las bombas de combustible para así determinar las averías que poseen, y por ende saber con exactitud cuáles son las fallas que ostentan mencionadas bombas de combustible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Implementar un módulo de comprobación para el chequeo funcional de las bombas de combustible para trabajos del personal técnico del Escuadrón Mantenimiento 2323 A-29B del Ala de Combate N°23 Manta.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información para realizar este tipo de módulo de comprobación a través de la revisión bibliográfica para sustentar el proyecto de investigación.
- Investigar los elementos que se requieren utilizar para la construcción del módulo y efectuar el diseño estructural, eléctrico y mecánico.
- Ensamblar el módulo de comprobación del chequeo funcional de las bombas de combustible del avión A-29B Súper Tucano.
- Realizar los chequeos de prueba para que el módulo funcione de una manera óptima con datos reales.

1.5 Alcance

El presente trabajo de investigación será utilizado en trabajos referentes al Sistema de Combustible específicamente a reportajes que se presenten en las bombas de combustible del avión A-29 B del Ala de Combate N°23 Manta, la implementación de citado módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible beneficia al personal técnico del Escuadrón Mantenimiento 2323 A-29 B Súper Tucano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción al Sistema de Combustible de una Aeronave

“Los sistemas de combustible se consideran como parte de los sistemas del fuselaje. Combustible está diseñado para proporcionar un flujo ininterrumpido de combustible limpio desde los tanques de combustible hasta el motor. El combustible debe estar disponible para el motor en cualquier condición de potencia del motor, altitud, actitud, y durante todas las maniobras de vuelo aprobado.

El sistema de alimentación por gravedad utiliza la fuerza de gravedad para transferir el combustible de los depósitos en el motor. Por ejemplo, en aviones de ala alta, los tanques de combustible están instalados en las alas.

El sistema de la bomba principal es accionado por el motor con una bomba auxiliar de accionamiento eléctrico para su uso en el arranque del motor y en el caso de que la bomba accionada por el motor falle.

La bomba auxiliar, también conocida como bomba de alimentación, ofrece una mayor fiabilidad al sistema de combustible. La bomba de accionamiento eléctrico auxiliar está controlada por un interruptor en la cabina de vuelo.” (Mercado, 2013)

2.1.1 Tipos de sistemas de combustibles

Existen 2 tipos, los cuales se diferencian por el modo de enviar el combustible desde el estanque al carburador y/o unidad de control de combustible. Estos son:

- Por gravedad
- Por presión

2.1.1.1 Sistema de combustible por gravedad

Este sistema está en uso en un gran número de aviones de baja potencia, aun cuando tiene un diseño elemental, y las ventajas son la simplicidad y la regulación del funcionamiento, este sistema no se ocupa en las aeronaves de altas potencia, a causas de la disposición estructural y las exigencias más elevadas de presión.

La presión disponible en este sistema se puede calcular mediante la aproximación de 1 libra por pulgada cuadrada por cada 40 pulgadas de altura de combustible; así, se puede estimar que una vertical de 120 pulgadas de combustible es necesaria para producir una presión de descarga de 3 libras por pulgada cuadrada". (Writer, 2005)

2.1.1.2 Sistema de combustible por presión

“En las aeronaves donde no es posible instalar el tanque de combustible a la distancia requerida a la unidad de control de combustible, y cuando la presión de combustible necesaria para un buen funcionamiento de estas unidades es relativamente alta (por que el sistema de combustible por gravedad no la puede proporcionar), el sistema, necesariamente, constara de bombas para mantener la presión al valor adecuado para el correcto funcionamiento del carburador y/o la unidad de control de combustible.

2.1.3 Componentes del sistema de combustible

Los componentes de este sistema se pueden dividir en 2 secciones principales:

A.- Sistema de Combustible del Avión.

B.- Sistema de Combustible del Motor". (Writer, 2005)

2.1.3.1 Sistema de combustible del avión comprende:

- Estanque de combustible
- Bomba reforzadora (BOOSTER PUMP)
- Cañerías y mangueras de combustible
- Válvula selectora
- Filtro principal de combustible
- Indicador de flujo, presión y cantidad de combustible
- Válvulas de drenaje
- Válvulas shutt-off".

Esquema del sistema de combustible

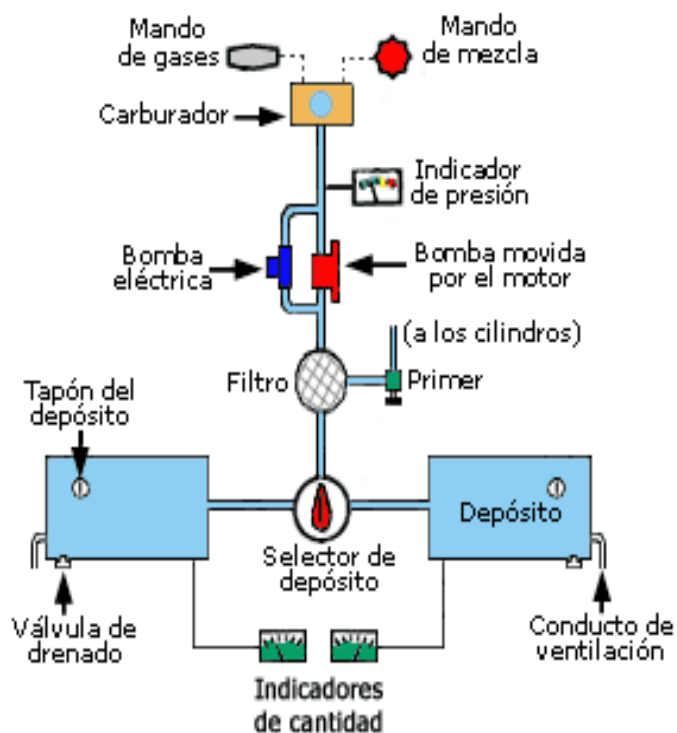


Figura 1. Esquema del sistema de combustible

Fuente: (Mercado, 2013)

2.2 Sistema de combustible del avión A-29B

2.2.1 Descripción

El sistema está compuesto por tanques, bombas de expulsión, bombas eléctricas (principal y auxiliar), válvulas y tubos, que permiten el almacenamiento, reabastecimiento de combustible, el drenaje y la ventilación de los tanques, así como los instrumentos para la indicación de la cantidad y la indicación de funcionamiento del sistema.

Sistema de combustible (Arquitectura)

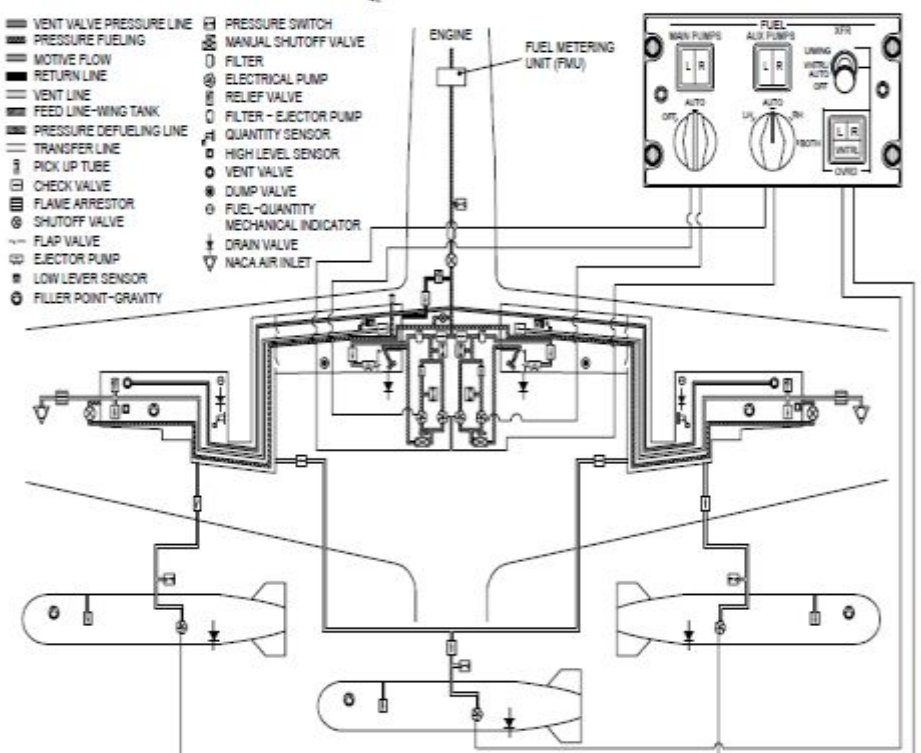


Figura 2. Sistema de combustible (Arquitectura)

Fuente: (Embraer, 2010)

2.2.2 Subsistemas del Sistema de combustible

- Almacenamiento
- Distribución

- Indicación

2.2.3 Almacenamiento

2.2.3.1. Introducción

El subsistema de almacenamiento mantiene el combustible en condiciones adecuadas en tanques ventilados”. (Embraer, 2010)

2.2.3.2 Descripción general

“El almacenamiento incluye estos subsistemas:

- Tanque de ala
- Respiradero del depósito de combustible del ala
- Tanques externos de combustible
- Respiradero del depósito de combustible externo

El combustible se almacena en dos montajes de tanques integrales, uno en cada ala. Cada conjunto de depósito se compone de una célula hacia el interior, el cual incorpora un recogedor y una célula fuera de bordo. Estas células son interconectadas entre sí para trabajar como un solo tanque. La capacidad de combustible para el ala integral ensamblajes de tanques cuando la gravedad repostada es:

La capacidad total de combustible de los dos conjuntos integrales de tanques es 648 L. (171.2 galones), incluyendo 18 L. (4,7 galones), que son inutilizables.

El subsistema de almacenamiento de combustible de avión también tiene disposiciones para la instalación de tres tanques de combustible externos

desprendibles: dos tanques bajo el ala en los pylon y un tanque en el pylon ventral.

La capacidad de combustible de cada tanque externo es 317 L. (83.7 galones) y la del tanque ventral es 294 L. (77.7 galones), con un total de 928 L. (245.2 galones), incluyendo 24 L. (6,3 galones), que son inutilizables. Los tanques externos (bajo el ala y ventral) echazón se realiza a través el accionamiento de los controles en el panel de armamento y en el control.

La capacidad total de combustible de los tanques de combustible de las aeronaves es 1576 L. (416.3 galones.) con el inferior de las alas y el tanque ventral instalado.

Cada tanque de combustible tiene un sistema de ventilación. El sistema de ventilación opera independientemente para permitir que el aire dentro y fuera del tanque, y para controlar las diferencias de presión entre el interior y el exterior de cada tanque durante todas las condiciones operacionales.

2.2.3.3 Componentes

2.2.3.4 Tanque de ala

Cada ala de la aeronave tiene un tanque de combustible. El tanque está diseñado para mantener el combustible se almacena correctamente, el nivel de combustible correcto en la caja de recolección y el movimiento del combustible en el tanque dentro de los límites durante las maniobras.

2.2.3.5 Respiradero del depósito de combustible del ala

La función del subsistema de ventilación de cada tanque de combustible del ala es igualar las presiones internas y externas de tanques en todas las aeronaves actitudes.

2.2.3.6 Tanques externos de combustible

La aeronave cuenta con disposiciones para instalar tres tanques de combustible externos desprendibles, dos tanques sub alares, y un tanque ventral.

2.2.3.7 Respiradero del depósito de combustible externo

La función del sistema de ventilación del depósito de combustible externo es mantener la presión interna del depósito en todas las actitudes de aeronaves.

Ubicación de almacenamiento de combustible

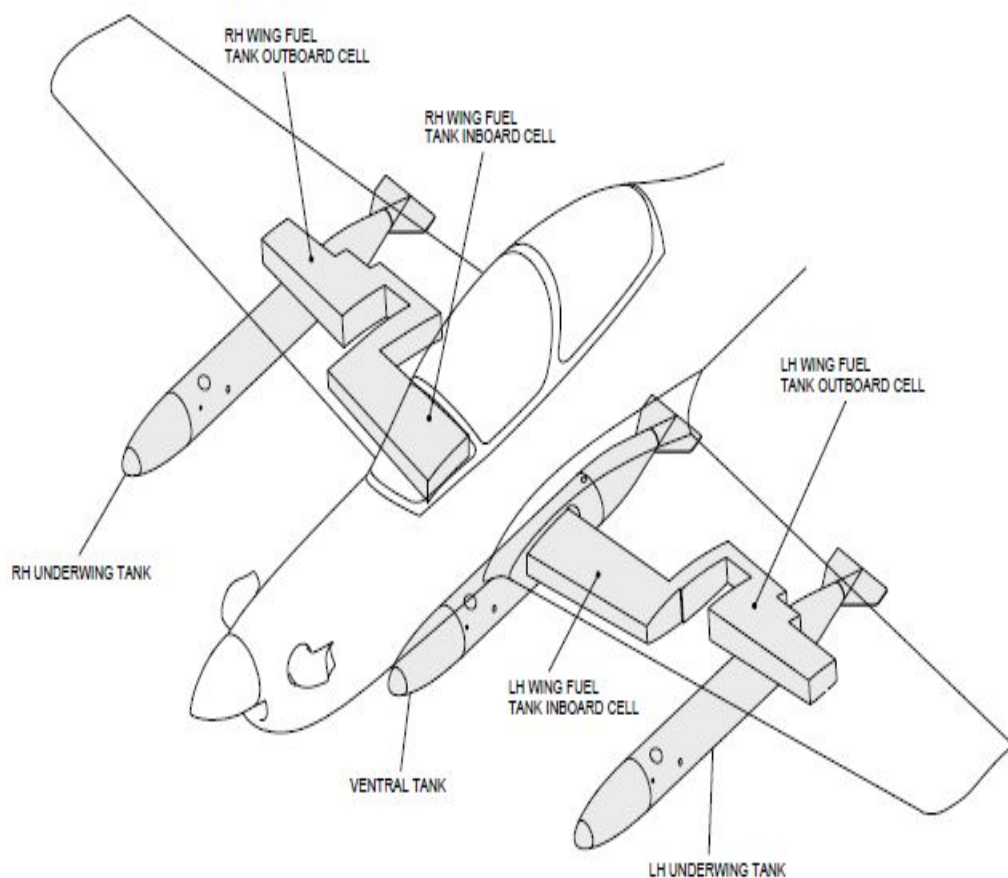


Figura 3. Almacenamiento de combustible

Fuente: (Embraer, 2010)

2.2.4 Sistemas de distribución

2.2.4.1 Introducción

“El sistema de distribución de los aviones permite a la tripulación hacer operaciones tales como: suministro de combustible del motor y la transferencia de combustible.

El reabastecimiento de combustible a presión, descarga de combustible de presión, y la operación de transferencia de combustible sobre el terreno se llevan a cabo por el mantenimiento personal.

2.2.4.2 Descripción general

El sistema de distribución incluye los siguientes subsistemas:

- Sistema de alimentación del motor
- Sistema descarga de combustible
- Sistema de transferencia de combustible
- Panel de mantenimiento

2.2.5 Sistema de indicación de combustible

El sistema de indicación de combustible proporciona a la tripulación de la aeronave las indicaciones necesarias y mensajes de advertencia.

2.2.5.1 Descripción general

El sistema de indicación de combustible incluye estos subsistemas:

- Combustible-magnitud eléctrica
- Combustible-cantidad mecánica

- Sistema de advertencia de bajo nivel de combustible
- Baja presión de combustible

2.2.5.2 Sistema de advertencia de combustible

El sistema indicador de combustible proporciona la tripulación de la aeronave con tales indicaciones como: indicación de la cantidad de combustible para cada tanque de combustible del ala, joker indicación, indicación de flujo de combustible y el combustible residual indicación de cantidad.

El sistema también ofrece este tipo de mensajes de advertencia como: bajo nivel de combustible, Cantidad Bingo, combustible de baja presión, y el fracaso de la transferencia de combustible al tanque de combustible externo (si está instalado).

Las indicaciones y mensajes de advertencia son procesados por MDP (Misión Display Processor) 1 y 2, y presentado en la pantalla EICAS (Indicaciones del motor y equipo del Sistema de Alerta), instalado en el cabina.

2.2.5.3 Subsistemas del sistema de advertencia de combustible:

- Sistema de Indicación eléctrica (cantidad de combustible a nivel de flotador transmisor).
- Sistema Mecánico Indicando la cantidad de combustible (varilla).
- Sistema de advertencia de bajo nivel de combustible.
- Sistema de advertencia de baja presión de combustible.

Sistema de indicación de combustible - diagrama de bloque

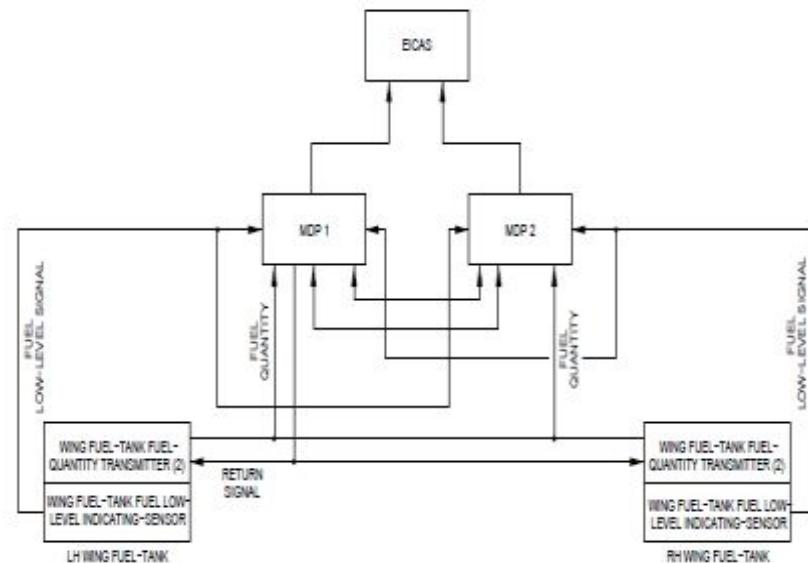


Figura 4. Sistema de indicación de combustible - diagrama de bloque

Fuente: Maintenance Aircraft Manual A-29B

2.3 Bomba eléctrica de combustible del avión A-29B

Las bombas eléctricas principales y auxiliares son física y funcionalmente iguales, sólo su ubicación y operación diferentes. Cada bomba es accionada eléctricamente, que tiene un motor a prueba de explosión provisto fusible y el condensador que acciona un rotor centrífugo que proporciona un flujo de combustible adecuado a la bomba del motor y el eyector.

El motor y rotor están montados en un cuerpo cilíndrico que alberga los conectores eléctricos en su parte superior. Cada bomba individual es capaz de la alimentación del motor y el suministro de flujo motriz al respectivo eyector, en cualquier modalidad de operación. Las bombas principales se suministran con 28 VDC y las bombas auxiliares se suministran con 28 VDC en emergencia. Para obtener el consumo simétrico de combustible desde los tanques de ala, tanto las bombas principales son operadas simultáneamente". (Embraer, 2010)

2.3.1 Componentes con los que trabaja la bomba de combustible

2.3.1.1 Bomba eyector

“La bomba de eyector se encuentra dentro de cada tanque de combustible, externamente al tanque colector, y su propósito es mantener el nivel de combustible en el colector tanque en el nivel operativo, independientemente de la posición de vuelo del avión. La bomba de eyector funciona con una presión y flujo motriz suministrado por la respectiva bomba eléctrica.

2.3.1.2 Bomba de combustible presóstato

Cada bomba de combustible tiene un interruptor de presión para el funcionamiento indicación. Los interruptores consisten en un cuerpo sellado que alberga un sensor de presión cápsula, que acciona un contacto eléctrico.

El interruptor se activa cuando la presión de combustible es igual o superior a 7 ± 1 psi para el bombas principales, e igual o inferior a 7 ± 1 psi, para el auxiliar bombas.

2.3.1.3 Válvulas de retención

Las válvulas de retención, que se encuentra en la salida de cada bomba, impiden una cruz fluir entre las bombas y el motor de alimentación consecuentes de una solo tanque.

2.3.1.4 Válvula de alivio

Una válvula de alivio se instala en la línea de alimentación del motor, aguas abajo de la conexión de las líneas de tanque, para permitir que el

combustible en el ala izquierda (izquierda) tanque, en caso de un aumento de presión excesiva causada por energía térmica la expansión de las líneas. Esta válvula está regulada para abrir con una presión de 50 psi.

2.3.1.5 Interruptor de baja presión

Hay un interruptor de presión instalado en la entrada de combustible del motor. El interruptor se compone de un cuerpo sellado que alberga un tipo diafragma, sensor de presión, que acciona un contacto eléctrico cuando el combustible tiene la presión inferior a $6,5 \pm 1$ psi.

Componentes del sistema de alimentación del motor

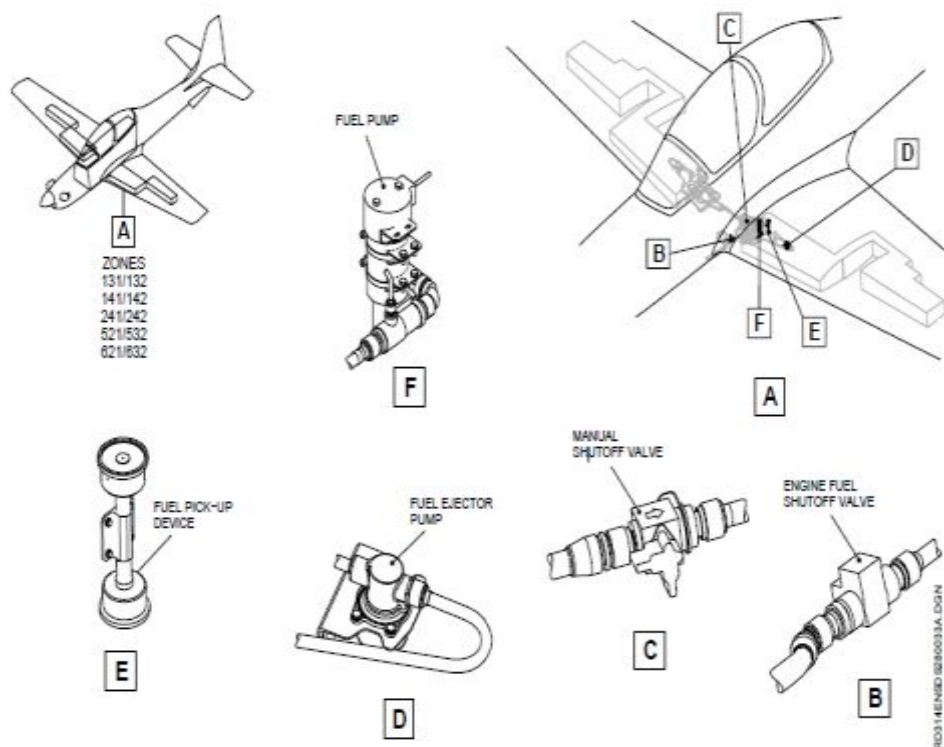


Figura 5. Componentes del sistema de alimentación del motor
Fuente: (Embraer, 2010)

2.3.2 Operación

El funcionamiento del sistema de alimentación del motor se realiza a través del panel combustible, instalado en la parte inferior derecha del panel de instrumentos. El panel de combustible tiene dos interruptores de selección, "bombas principales" y "bombas auxiliares", que se utilizan para seleccionar y operar las bombas del tanque de combustible.

El panel también cuenta con dos conjuntos de luces que se utilizan para indicar funcionamiento de las bombas del tanque de combustible.

Las bombas principales se les controlan a través del selector "Bombas principales", situado en el panel de combustible, en la parte inferior derecha del panel de instrumentos. Este interruptor tiene dos posiciones "OFF" y "AUTO". Cuando se encuentre en la posición "AUTO", las bombas principales son energizadas y las bombas auxiliares se colocan en modo de espera.

Las bombas auxiliares automáticamente en caso de un fallo en la respectiva bomba principal. Las bombas auxiliares se les manda a través del selector "AUX BOMBAS", situado en el panel de combustible.

Este interruptor tiene cuatro posiciones: "AUTO", "LH", "RH" y "dos". Cuando se establece en la Posición "AUTO", las bombas auxiliares se colocan en espera. Cuando el interruptor se ajusta a la "LH", "RH" y "AMBOS" posiciones, las respectivas bombas auxiliares están energizadas, independientemente de la automatismo, y sólo la bomba que no fue seleccionada se coloca en espera". (Embraer, 2010)

2.4 Manómetros de presión

2.4.1 Concepto

“El manómetro (del gr. $\mu\alpha\nu\acute{o}\varsigma$, ligero y $\mu\acute{\epsilon}\tau\rho\nu$, medida) es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.



Figura 6. Manómetro de presión

Fuente: (ANTONIO CREUS, 1997)

2.4.2 Características y tipos de manómetros

- Manómetro de dos ramas abiertas
- Manómetro truncado
- Bourdon
- Manómetro metálico o aneroide

2.4.2.1 Manómetro de dos ramas abiertas

Estos son los elementos con los que se mide la presión positiva, estos pueden adoptar distintas escalas. El manómetro más sencillo consiste en un tubo de vidrio doblado en U que contiene un líquido apropiado (mercurio, agua, aceite, entre otros). Una de las ramas del tubo está abierta a la atmósfera; la otra está conectada con el depósito que contiene el fluido cuya presión se desea medir. El fluido del recipiente penetra en parte del tubo en

U, haciendo contacto con la columna líquida. Los fluidos alcanzan una configuración de equilibrio de la que resulta fácil deducir la presión absoluta en el depósito: resulta:

$$p = p_{\text{atm}} + \rho_m g h - \rho g d$$

donde ρ_m = densidad del líquido manométrico. ρ = densidad del fluido contenido en el depósito.

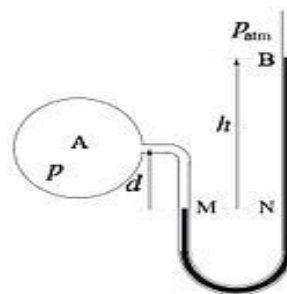


Figura 7. Manómetro de dos ramas abiertas

Fuente: Maintenance Aircraft Manual A-29B

2.4.3 Función y aplicación

Se utiliza para medir la presión en distintos lugares de inyección, este medidor llega a 7 bares suficiente para medir combustible (esta última en la salida de bomba eléctrica sumergida del sistema como rail).

En la valija del medidor tiene el instrumento con protector siliconado contra golpes, con válvula esférica de un cuarto de vuelta, manguera de inyección y conectores rápidos para la inserción en acoples para medir o los tres juegos de conectores para realizar la medición, además una herramienta para sacar los acoples rápido en los que van a realizar las mediciones". (ANTONIO CREUS, 1997)

2.5 Fluxómetros de combustible

2.5.1 Definición de un fluxómetro de combustible

“Los fluxómetros máscos son usados en medición de gasolina, diésel, Fuel-oil, aceites, aditivos, gases comprimidos y licuados, pinturas, colorantes por mencionar algunos. Sus errores son del orden de $\pm 0,1\%$ pudiendo medir hasta 2.200 toneladas por hora. Los nuevos diseños son livianos y fáciles de montar siendo levemente más gruesos que la tubería en la que se instalarán, no requieren de soportes especiales pudiendo ser soportados directamente por las líneas ni de procedimientos complicados de ajuste en el montaje.

Por otra parte, además de medir flujo máscico, el fluxómetro puede medir densidad, temperatura, flujo volumétrico y viscosidad, lo que lo convierte en uno de los instrumentos más poderosos del mercado.

2.5.2 Factores para la elección del tipo de medidor de fluido

Rango: los medidores disponibles en el mercado pueden medir flujos desde varios mililitros por segundo (ml/s) para experimentos precisos de laboratorio hasta varios miles de metros cúbicos por segundo (m³/s) para sistemas de irrigación de agua o agua municipal o sistemas de drenaje. Para una instalación de medición en particular, debe conocerse el orden de magnitud general de la velocidad de flujo así como el rango de las variaciones esperadas.

Exactitud requerida: cualquier dispositivo de medición de flujo instalado y operado adecuadamente puede proporcionar una exactitud dentro del 5 % del flujo real. La mayoría de los medidores en el mercado tienen una exactitud del 2% y algunos dicen tener una exactitud de más del 0.5%. El costo es con frecuencia uno de los factores importantes cuando se requiere de una gran exactitud.

Pérdida de presión: debido a que los detalles de construcción de los distintos medidores son muy diferentes, éstos proporcionan diversas cantidades de pérdida de energía o pérdida de presión conforme el fluido corre a través de ellos.

Tipo de fluido: el funcionamiento de algunos medidores de fluido se encuentra afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración básica es si el fluido es un líquido o un gas. Otros factores que pueden ser importantes son la viscosidad, la temperatura, la corrosión, la conductividad eléctrica, la claridad óptica, las propiedades de lubricación y homogeneidad.

Calibración: se requiere de calibración en algunos tipos de medidores. Algunos fabricantes proporcionan una calibración en forma de una gráfica o esquema del flujo real versus indicación de la lectura.

2.5.3 Medidores de flujo de área variable

2.5.3.1 Rotámetro

El rotámetro es un medidor de área variable que consta de un tubo transparente que se amplía y un medidor de "flotador" (más pesado que el líquido) el cual se desplaza hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en la tubería. El tubo se encuentra graduado para leer directamente el caudal.

La ranura en el flotador hace que rote y, por consiguiente, que mantenga su posición central en el tubo. Entre mayor sea el caudal, mayor es la altura que asume el flotador". (S.A.C, 2006)

2.5.3.2 Fluxómetro de turbina

El fluido provoca que el rotor de la turbina gire a una velocidad que depende de la velocidad de flujo.

Conforme cada una de las aspas de rotor pasa a través de una bobina magnética, se genera un pulso de voltaje que puede alimentarse de un medidor de frecuencia, un contador electrónico u otro dispositivo similar cuyas lecturas puedan convertirse en velocidad de flujo. Velocidades de flujo desde 0.02 L/min hasta algunos miles de L/min se pueden medir con fluxómetros de turbina de varios tamaños.

2.5.3.3 Fluxómetro de vórtice

Una obstrucción chata colocada en la corriente del flujo provoca la creación de vórtices y se derrama del cuerpo a una frecuencia que es proporcional a la velocidad del flujo. Un sensor en el fluxómetro detecta los vórtices y genera una indicación en la lectura del dispositivo medidor.

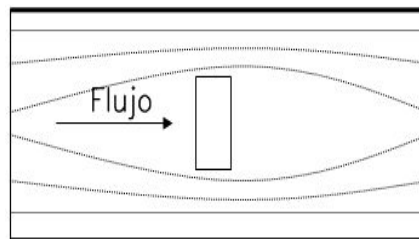


Figura 8. Manómetro metálico

Fuente: (ANTONIO CREUS, 1997)

Esta figura muestra un bosquejo del fenómeno de derramamiento de vórtice. La forma del cuerpo chato, también llamada elemento de derramamiento de vórtice, puede variar de fabricante a fabricante.

Conforme el flujo se aproxima a la cara frontal del elemento de derramamiento, este se divide en dos corrientes. El fluido cerca del cuerpo

tiene una velocidad baja en relación con la correspondiente en las líneas de corrientes principales.

2.5.3.4 Fluxómetro electromagnético

Su principio de medida está basado en la Ley de Faraday, la cual expresa que al pasar un fluido conductor a través de un campo magnético, se produce una fuerza electromagnética (F.E.M.), directamente proporcional a la velocidad del mismo, de donde se puede deducir también el caudal.

Está formado por un tubo, revestido interiormente con material aislante, sobre dos puntos diametralmente opuestos de la superficie interna se colocan dos electrodos metálicos, entre los cuales se genera la señal eléctrica de medida.

En la parte externa se colocan los dispositivos para generar el campo magnético, y todo se recubre de una protección externa, con diversos grados de seguridad.



Figura 9. Fluxómetro electromagnético

Fuente: (S.A.C, 2006)

El flujo completamente sin obstrucciones es una de las ventajas de este medidor. El fluido debe ser ligeramente conductor debido a que el medidor opera bajo el principio de que cuando un conductor en movimiento corta un campo magnético, se induce un voltaje". (ANTONIO CREUS, 1997)

2.5.4 Función y aplicación

Los fluxómetros operan basados en el principio de las fuerzas inerciales que se generan cuando una partícula en un cuerpo rotatorio se mueve con respecto al cuerpo acercándose o alejándose del centro de rotación.

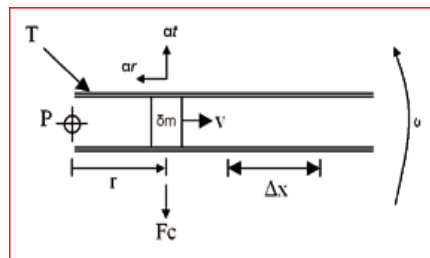


Figura 10. Fluxómetro

Fuente: (S.A.C, 2006)

Si una partícula de masa δm se mueve con velocidad constante en un tubo T que está rotando con una velocidad angular ω con respecto a un punto fijo P adquiere 2 componentes de aceleración.

2.6 Voltímetro

“Antes de hablar del voltímetro aclararé que el voltaje se puede definir como la fuerza sobre los electrones.



Figura 11. Voltímetro

Fuente: (MANZANO ORREGO, 2007)

2.6.1 Definición

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir de manera directa o indirecta el voltaje entre dos puntos de un circuito eléctrico. Para poder efectuar esta medida se coloca en paralelo entre los puntos cuyo voltaje se desee medir. El voltímetro está constituido por un galvanómetro (instrumento que se usa para detectar y medir la corriente eléctrica) y por una resistencia serie". (MANZANO ORREGO, 2007)

2.6.2.3 Voltímetro digital

Instrumento diseñado para medir y presentar en forma digital una variable voltaje de la corriente eléctrica, la indicación es numérica por lo general en una pantalla LCD.



Figura 12. Voltímetro digital

Fuente: (MANZANO ORREGO, 2007)

2.6.3 Características de un voltímetro

1. Sirve para medir el voltaje tanto en corriente alterna como en corriente continua.
2. Los voltímetros se simbolizan con la letra V encerrada en un círculo.
3. La unidad básica de medida expresada por los voltímetros es el Voltio.
4. El voltímetro siempre se conecta en paralelo en el circuito; nunca en serie.

2.6.4 Como se utiliza

“Establecer si el voltaje es de corriente alterna o de corriente continua, de acuerdo a esto seleccionamos en el voltímetro la opción de medir tensión continua o tensión alterna de acuerdo al tipo de corriente que tengamos, y luego empezamos con el voltaje más alto establecido en el voltímetro y lo vamos disminuyendo hasta acercarnos al dato más preciso.

Si la corriente es alterna el voltímetro se puede conectar en cualquier sentido, si es de corriente continua debe conectarse con polaridad positivo y negativo según correspondan.

Para poder tomar la medida del voltaje el voltímetro se debe colocar en paralelo; ósea en derivación sobre cada uno de los puntos en que deseamos tomar la medida”. (Rada, 2009)

Voltímetro corriente alterna (no importa la polaridad)

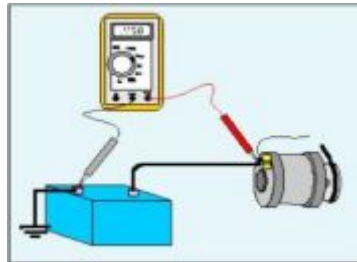


Figura 13. Voltímetro corriente alterna

Fuente: (MANZANO ORREGO, 2007)

Voltímetro de corriente continua (es importante tener en cuenta la polaridad)

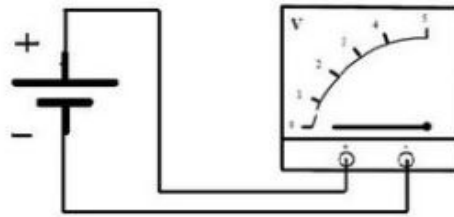


Figura 14. Voltímetro corriente continúa
Fuente: (MANZANO ORREGO, 2007)

2.7 Amperímetro

“Un amperímetro es un instrumento que se utiliza para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Un micro amperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio. En términos generales, el amperímetro es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente), con una resistencia en paralelo, llamada "resistencia shunt". Disponiendo de una gama de resistencias shunt, se puede disponer de un amperímetro con varios rangos o intervalos de medición.

Los amperímetros tienen una resistencia interna muy pequeña, por debajo de 1 ohmio, con la finalidad de que su presencia no disminuya la corriente a medir cuando se conecta a un circuito eléctrico. El aparato descrito corresponde al diseño original, ya que en la actualidad los amperímetros utilizan un conversor analógico/digital para la medida de la caída de tensión en un resistor por el que circula la corriente a medir.

La lectura del conversor es leída por un microprocesador que realiza los cálculos para presentar en un display numérico el valor de la corriente eléctrica circulante”.

(<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/amperímetros-tipos-y-usos>, 2010).

2.7.1.3 Amperímetros digitales

Estos amperímetros utilizan una resistencia de derivación y un convertidor analógico-digital (ADC)



Figura 15. Amperímetro digital

Fuente: (<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/amperimetros-tipos-y-usos>, 2010)

2.7.2 Utilización

Para efectuar la medida es necesario que la intensidad de la corriente circule por el amperímetro, por lo que éste debe colocarse en serie, para que sea atravesado por dicha corriente. El amperímetro debe poseer una resistencia interna lo más pequeña posible con la finalidad de evitar una caída de tensión apreciable (al ser muy pequeña permitirá un mayor paso de electrones para su correcta medida). Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, están dotados de bobinas de hilo grueso y con pocas espiras.

En algunos casos, para permitir la medida de intensidades superiores a las que podrían soportar los delicados devanados y órganos mecánicos del aparato sin dañarse, se les dota de un resistor de muy pequeño valor colocado en paralelo con el devanado, de forma que solo pase por éste una fracción de la corriente principal. A este resistor adicional se le denomina shunt. Aunque la mayor parte de la corriente pasa por la resistencia de la derivación, la pequeña cantidad que fluye por el medidor

sigue siendo proporcional a la intensidad total por lo que el galvanómetro se puede emplear para medir intensidades de varios cientos de amperios.

2.7.3 Conexión de un amperímetro en un circuito

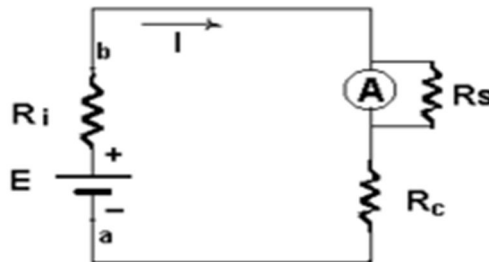


Figura 16. Conexión de un amperímetro

Fuente: (<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/amperímetros-tipos-y-usos>, 2010)

En la figura se muestra la conexión de un amperímetro (A) en un circuito, por el que circula una corriente de intensidad (I), así como la conexión del resistor shunt (RS)". (HERMOSA, 2009)

2.8 Tanques de combustible

“La colocación, tamaño, forma y tipos de construcción de los tanques de combustible varían con el tipo y misión del avión. Como cada estanque debe caber en el compartimiento en el cual estará colocado, hay una estrecha relación entre el tamaño y la forma del depósito y el lugar donde estará ubicado.

La construcción del tanque también depende mucho del tipo de avión. Por lo general los aviones de combate pueden estar provistos de depósitos auto-obturación, mientras que los depósitos de los aviones de transportes y los de carga, usualmente son de construcción de metal.



Figura 17. Tanques de combustible

Fuente: (Rodríguez, 2009)

2.8.1.1 Tanques independientes

Instalados en aeronaves de cierta antigüedad similares a los de un automóvil un recipiente instalado en una parte del avión fijado a la estructura mediante abrazaderas.

2.8.2 La construcción del tanque de combustible

Algunos tanques de combustible están siendo fabricados por artesanos del metal o hechos a mano. Estos incluyen tanques personalizados y restauración de automóviles, aviones, motocicletas, e incluso tractores. Construcción de los tanques de combustible sigue una serie de pasos específicos.

A continuación, se abordan las cuestiones de diseño que afectan a la estructura del depósito por ejemplo, cuando la toma de corriente, drenaje, indicador de nivel de líquido, costuras, y van deflectores.

Los fabricantes deben determinar el espesor, la paciencia y la aleación de la hoja que va a usar para hacer el depósito. Después de la lámina se corta a las formas necesarias, varias piezas se doblan para crear la estructura básica y/o extremos y deflectores para el tanque. Deflectores Muchos tanques de combustible contienen agujeros de aligeramiento.

2.8.3 Características de un tanque de combustible

- Almacenamiento seguro de combustible.
- El relleno debe ser sin riesgos (ej. chispas).
- Almacenamiento sin pérdidas por escape o evaporación.
- Proveer de un método para determinar el nivel de combustible.
- Alimentación del motor (por medio de una bomba)". (Rodríguez, 2009)

2.9 Cañerías de combustible

“Cada cañería metálica o manguera de combustible se identifica por una franja de clave de color rojo, la cual está puesto alrededor de cada extremo. Las tuberías son de metal o de manguera flexible; las primeras de aleación recosida de aluminio, mientras que las otras se fabrican de caucho sintético y de tejido. El grosor de las cañerías o mangueras depende del régimen de consumo del motor.

El tipo de manguera flexible, tanto el de obturación automática como el corriente, es resistente al combustible aromático, cuando se colocan dónde estarán sometidas a un calor intenso, hay que utilizar mangueras especialmente resistentes al calor. Las mangueras comúnmente tienen 2 o más capas de tejidos entre el revestimiento interior y la capa exterior, y pueden utilizarse cuando no se requieran mangueras de obturación a prueba de llamas”. (VC, 2009)



Figura 18. Cañerías de combustible

Fuente: (VC, 2009)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

En el presente capítulo se detalla paso a paso como se realiza la elaboración e implementación de un módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible del avión Súper Tucano la construcción de su estructura su montaje y funcionamiento.

Debido a que la adquisición de un módulo de comprobación de las bombas de combustible no existe en el país y por ende realizar la compra en el exterior es muy costosa, se realizó un estudio minuciosa de cómo se puede diseñar construir e implementar un módulo de estas características el cual se está implementando en el Escuadrón mantenimiento 2323 del Ala de Combate N°23 Manta.

El módulo cuenta con los niveles altos de seguridad el cual va a facilitar un adecuado trabajo para el personal de aerotécnicos que trabajan en el escuadrón mantenimiento 2323 A-29B Súper Tucano.

Mencionado módulo va ser construido para que provea los siguientes parámetros de mediciones:

- Voltaje
- Amperaje
- Flujo de combustible
- Presión de combustible

3.2 Componentes y materiales del módulo de comprobación

- Estructura de aluminio
- Tanque de combustible
- Voltímetro de 0 a 99 VDC
- Amperímetro de 0 a 20 A
- Indicador de presión de combustible 0 a 100 PSI
- Fluxómetro de combustible de 0 a 2400 PPH
- Manguera de combustible
- Acoples de alta presión para mangueras
- Luces piloto
- Switch de mando
- Fusibles
- Cableado eléctrico
- Llave de control
- Batería de 9 V.
- Acople de la bomba
- Plugs de alimentación.

3.3 Diseño y Construcción de la estructura del módulo

La autenticidad del diseño y construcción de la estructura del módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible del avión Súper Tucano fue realizada por el autor de este proyecto de acuerdo con las necesidades y requerimientos que se necesitó para el ensamblaje de materiales y componentes que se utilizó en la implementación de mencionado módulo.

3.3.1 Diseño

El diseño se elaboró de acuerdo a las investigaciones realizadas, las cuales sirvieron para determinar las medidas y normas de seguridad que se deberían emplear para el correcto ensamblaje y desempeño.

Consta de tres diseños:

- Diseño estructural
- Diseño eléctrico
- Diseño mecánico

Para la realización de los diseños descritos anteriormente se utilizaron los programas Labview y Proteus 8 Profesional.

3.3.1.1 Diseño Estructural

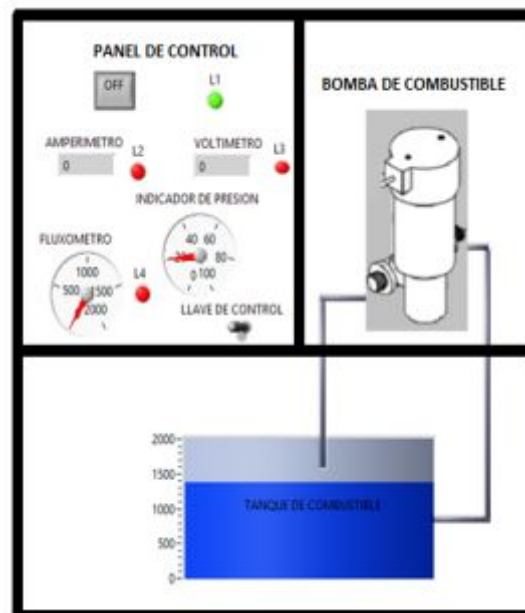


Figura 19. Diseño estructural

3.3.1.2 Diseño eléctrico

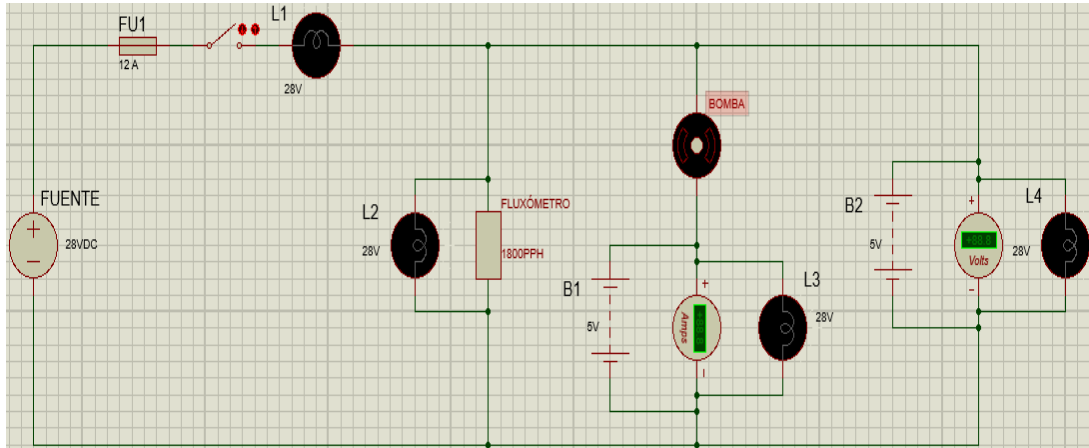


Figura 20. Diseño eléctrico

3.3.1.2 Diseño mecánico

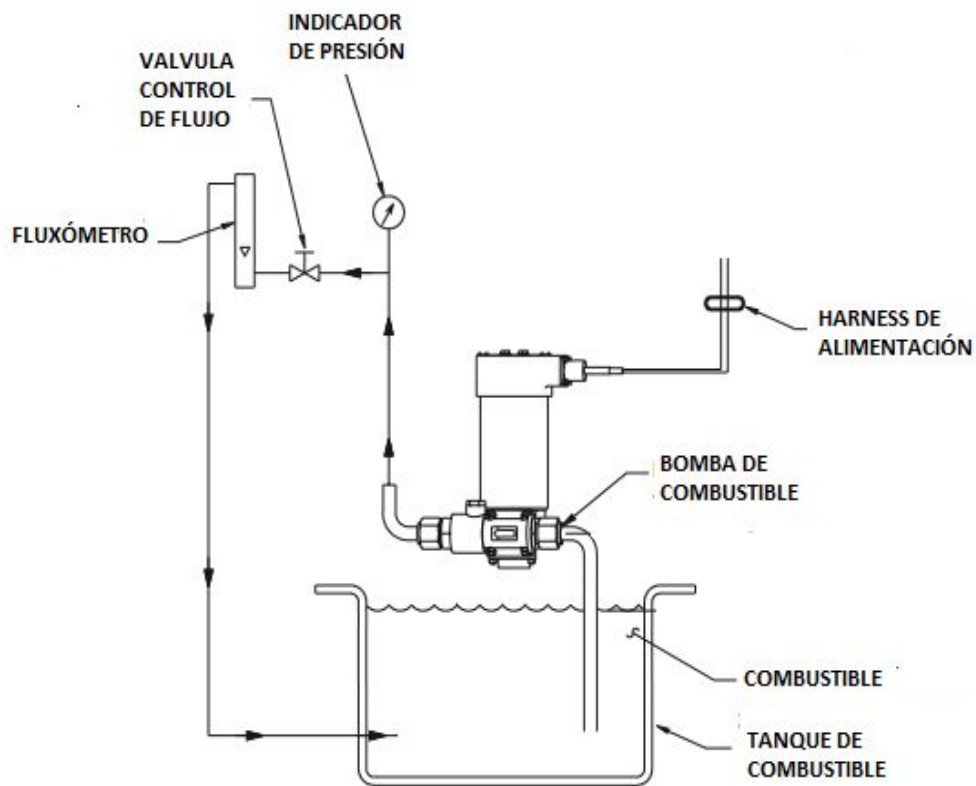


Figura 21. Diseño mecánico

Fuente: Fuente: (Embraer, 2010)

3.3.2 Material utilizado en la construcción de la estructura del módulo

- a) 3 metros de plancha de aluminio
- b) 2 metros de plancha de metal
- c) 5 metros de ángulos de acero
- d) 5 docenas de pernos y tornillos
- e) Pintura amarilla de poliuretano antioxidante

3.3.2.1 Construcción de la estructura del módulo

La estructura del módulo se elaboró de acuerdo con las necesidades que se requerían para la adecuada funcionalidad de todos los componentes pertenecientes al módulo.

3.3.2.2 Medidas de la Estructura del Módulo

Altura:



Figura 22. Medidas de la Estructura Del Módulo

Ancho:



Figura 23. Estructura del módulo (ancho)

Profundidad:



Figura 24. Estructura del módulo (profundidad)

La estructura se encuentra dividida de la siguiente manera:

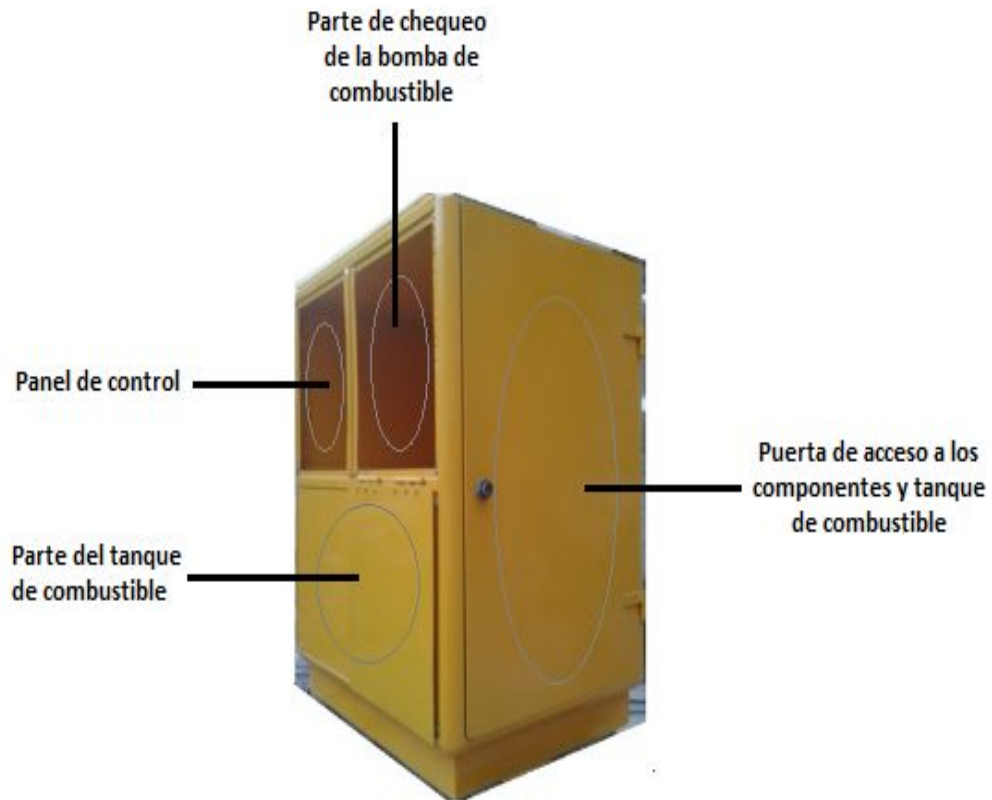


Figura 25. Partes de la estructura del módulo

3.3.3 Construcción del tanque de combustible

Se elaboró con las medidas y el material que se necesita para este tipo de proyecto, el material que se utilizó para la construcción del tanque es de latón galvanizado de 1/16 de espesor es resistente a la oxidación.

La ubicación del tanque es en la parte inferior del módulo, las medidas son las correctas para obtener los parámetros de medida eficientes para el chequeo de las bombas de combustible del avión Súper Tucano.

3.3.3.1 Medidas del tanque de combustible

Altura:

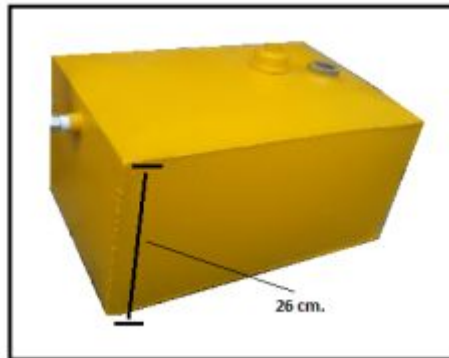


Figura 26. Tanque de combustible (altura)

Ancho:

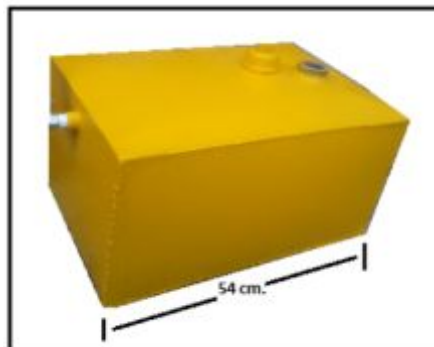


Figura 27. Tanque de combustible (ancho)

Profundidad:

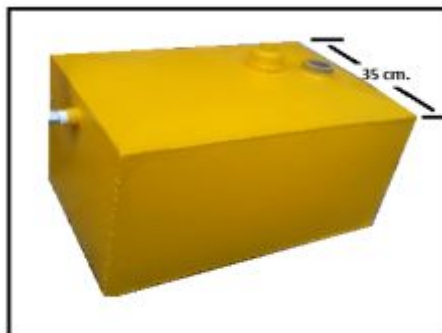


Figura 28. Tanque de combustible (profundidad)

3.3.4 Compilación y/o Ensamblaje de los componentes del módulo

Para el ensamblaje y/o compilación de los componentes del módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible se desarrolló de la siguiente manera:

- Parte I ensamblaje de los componentes del módulo.
- Parte II instalaciones eléctricas del módulo.

3.3.4.1 Parte I ensamblaje de los componentes del módulo

La cual se la realizó en el siguiente orden:

- a) Se instaló un voltímetro digital con los parámetros adecuados que se necesitó para este módulo, este voltímetro está instalado para que provea las marcaciones de voltaje de salida cuando la bomba de combustible esté en funcionamiento.



Figura 29. Voltímetro

Especificaciones:

Dimensiones: 48x29x21 MM (LxAxA)

Rango : VDC 0-99.9

Pantalla : 3 dígitos leds color rojo

Pantalla : color rojo

Frecuencia de actualización: alrededor de 500 ms

Precisión : 1 % (+/- 1 dígito)

Fuente de alimentación: 4.5-28 VDC

Temperatura de funcionamiento: -10 °C-65°C

- b) Está compuesto por un amperímetro digital que provee una lectura óptima de medición con el parámetro necesario que se exige, el cual está conformado con una resistencia shunt para su funcionamiento, se instaló para proporcionar mediciones de corriente de salida cuando la bomba de combustible entre a funcionar.



Figura 30. Amperímetro digital

Especificaciones:

Tensión de alimentación: 5V +/- 5% VDC

Rango de medición: 0-20 A VDC

Tipo de pantalla : 3 dígitos leds color rojo

Precisión : +/- 0.5 % +/- 1 dígito

Impedancia de entrada: > 10M OHM

Tasa de conversión: 2-3 lecturas / segundo

Temperatura de funcionamiento: -10°C - +50°C

Dimensión exterior : 79x43x24 MM (LxAxA)

Dimensiones de montaje: 76x39 MM

Peso neto : 60 G

- c) También está conformado de un indicador de presión de combustible la cual indica las mediciones de la cantidad de presión que entrega la bomba de combustible cuando esta se encuentra operando.



Figura 31. Indicador de presión

Especificaciones:

Presión de trabajo: hasta 100 PSI

Tipo de pantalla : medición analógica

Dimensiones : 10x10x15 CM (LxAxA)

Tabla mangolia : plástico

Precisión : +/- 1 %

Conexión : 1/8"

Carátula : blanca con números negros

- d) Se instaló un fluxómetro analógico que está compuesto de un amplificador e indicador el cual va a proporcionar la cantidad de flujo de combustible cuando la bomba este en su pleno funcionamiento y asimilar los parámetros de medición cuando la bomba de combustible este en operación.



Figura 32. Fluxómetro

Especificaciones:

Voltaje de alimentación : 28 VDC

Rango de flujo de trabajo: 2400 PPH

Tipo de pantalla : medición analógica

Dimensiones : 10x10x15 CM (LxAxA)

Precisión : +/- 0.5 %

Carátula : negra con números blancos

Estructura : de metal y vidrio

- e) Se instaló el tanque de combustible el cual va a mantener a la bomba con el suficiente suministro de combustible para que la bomba opere de una manera adecuada, en este reservorio de combustible se colocó un filtro de combustible el cual nos va ayudar a retener las impurezas de combustible también están colocadas dos mangueras de combustible una de entrada y la otra de salida de combustible.



Figura 33. Tanque de combustible

Especificaciones:

Material : latón galvanizado

Espesor : 1/16

Forma del tanque: rectangular

Dimensiones : 54x26x34 cm (AxAxP)

Modelo exterior : tapa de rellenado y filtros de combustible

Incluido : acoples de entrada y salida de combustible

- f) Se realizó la inclusión de acoples y mangueras a los diferentes instrumentos de medición por los cuales atraviesa el combustible para obtener y proveer de suficiente combustible a la bomba y esta opere adecuadamente.



Figura 34. Acoples y mangueras de combustible

Especificaciones:

Tubo interno	: Nitrilo resistente a combustibles
Refuerzo	: Capa de textil trenzado.
Cubierta	: Neopreno tipo A, resistente al combustible
Resistencia a la tensión:	8.27 MPa (Mín.)
Tamaño nominal	: 3/8"; 200 (PULG; PSI)
De alta presión	: -40 °C @ 150 °C

- g) Ya realizado todo el ensamblaje de instrumentos, componentes, equipos y materiales que comprenden este módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible esta como a continuación se lo observa;



Figura 35. Módulo ensamblado los equipos y materiales

3.3.4.2 Parte II instalaciones eléctricas del módulo.

Ya instalada y ensamblada todos los componentes que comprenden el módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de

combustible del avión Súper Tucano se realizó las conexiones eléctricas de los componentes con los que está equipado el módulo.

Las instalaciones eléctricas se realizaron mediante la guía del diseño eléctrico del módulo de comprobación.



Figura 36. Instalaciones eléctricas

Este módulo va a funcionar con una fuente de alimentación de 28 VDC por tal razón se instaló una toma con esos parámetros ya que en su gran parte los equipos van a funcionar con este voltaje. Para su protección general del módulo se instaló un fusible de 10 A. para cuando se presente un sobre voltaje en el módulo el cual va a evitar que los equipos eléctricos sufran averías o se quemen. Para su funcionamiento tienen un switch de mando el cual va a facilitar con el encendido y apagado del módulo.

Tanto el fluxómetro el amperímetro y el voltímetro van a estar en paralelo con la bomba de combustible para obtener los valores reales cuando la bomba entre en funcionamiento, estos dispositivos tienen conectados luces piloto la cual cuando el módulo en general entra a funcionar se enciende una luz de color verde y cuando cada instrumento entre a funcionar individualmente se encenderán luces piloto de color rojo estas están

conectadas en paralelo con cada instrumento, con el objetivo de verificar que estos equipos estén operando en su plenitud.

Ya ensamblado todos los componentes del módulo de comprobación de las bombas de combustible y realizada todas las conexiones del mismo este proyecto queda completo en su totalidad como a continuación se visualiza:



Figura 37. Módulo ensamblado y realizado las instalaciones eléctricas

3.3.4.4 Funcionamiento del módulo de comprobación

El módulo funciona de la siguiente manera:

Su voltaje va ser de 28 VDC que se obtiene de una fuente de poder para alimentar a la bomba de combustible y fluxómetro también tenemos un voltaje de 9 V que provee una batería para que funcione el amperímetro y voltímetro. Cuando se alimenta la bomba de combustible con los 28 VDC esta va a empezar a funcionar succionando el combustible del tanque, al momento que la bomba se encuentra en operación se obtienen las mediciones que provee tanto de flujo, presión, voltaje, y amperaje con la cual se observa los diferentes rangos de mediciones que resulta de las variaciones de flujo que por medio de una válvula de control de flujo se la puede ir cambiando para ir verificando los parámetros, de esta manera

visualizar cuales son los valores que se requieren para saber cuándo una bomba está funcionando correctamente y erróneamente.



Figura 38. Funcionamiento del módulo de combustible

3.4 Pruebas y Análisis De Resultados

3.4.1 Prueba de conectividad del reservorio hacia la bomba

Se realizó la prueba de conectividad del reservorio hacia la bomba de combustible verificando que no haya fuga de combustible en ningún punto por el cual se traslada el combustible como a continuación se detalla:



Figura 39. Prueba de conectividad del tanque hacia la bomba

3.4.2 Prueba de alimentación de la fuente de poder al módulo

La alimentación al módulo se la va a realizar mediante una fuente de poder externa la que va a proveer los parámetros necesarios para su funcionamiento, como a continuación se especifica;



Figura 40. Prueba de alimentación con la fuente de poder

3.4.3 Prueba de funcionalidad general del módulo

La prueba de funcionalidad consiste, alimentar el módulo con la fuente de poder de 28 VDC. los equipos y componentes entren a operar correctamente dando la indicación de encendido general del módulo de la siguiente manera:

Se enciende todos los indicadores y luces piloto del módulo de comprobación de chequeo funcional de las bombas de combustible así indicando que todos los equipos y componentes estén trabajando en forma normal, como a continuación se observa;



Figura 41. Prueba de funcionalidad general del módulo

3.5 Mediciones de una bomba de combustible en buen estado

Tomando los datos de mediciones en el módulo de comprobación del chequeo funcional de las bombas de combustible se encontró los siguientes valores cuando una bomba está funcionando en forma correcta:

Tabla 1**Datos de operación del módulo (bomba en buen estado)**

DATOS CUANDO UNA BOMBA FUNCIONA CORRECTAMENTE				
Medición	Flujo (PPH)	Presión (PSI)	Amperios (ADC)	Voltaje (VDC)
1	1800	18.0 min.	Ref.	Ref.
2	1300	34.0-40.0	Ref.	Ref.
3	650	36.0-40.0	Ref.	Ref.
4	0	50.0 max.	10.0 max.	26.5

3.5.1 Mediciones de una bomba de combustible en mal estado

Se obtuvo datos de los valores medidos en el módulo cuando una bomba de combustible está funcionando de una manera incorrecta, se obtuvo las medidas debido al estado de las bombas hay una variación en sus mediciones las cuales oscilan en los siguientes parámetros;

Tabla 2**Datos de operación del módulo (bomba en mal estado)**

DATOS CUANDO UNA BOMBA FUNCIONA ERRONEAMENTE				
Medición	Flujo (PPH)	Presión (PSI)	Amperios (ADC)	Voltaje (VDC)
1	1800	18.0 min.	1.5	Ref.
2	1300	34.0-40.0	2	Ref.
3	650	36.0-40.0	4	Ref.
4	0	50.0 max.	5.5	Ref.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- Se concluye que es muy importante y necesario la Implementación del Módulo de Comprobación de Chequeo Funcional de Las Bombas De Combustible del Avión Súper Tucano, debido a que el personal técnico del escuadrón mantenimiento 2323 poseerá a su disposición un equipo para facilitar el chequeo funcional de las bombas de combustible del avión Súper Tucano así facilitando su trabajo referente al Sistema de Combustible, disminuyendo así con el recurso humano y factor tiempo.
- Se recolectó la suficiente y concreta información la cual fue muy fructífera para la asistencia de cómo se puede construir un módulo de comprobación del chequeo funcional de las bombas de combustible con el estudio e investigación referente a temas de aviación se pudo obtener la indagación necesaria y precisa de cuáles son los materiales para facilitar realización de este proyecto.
- Se efectuó el diseño estructural, eléctrico y mecánico del módulo de comprobación funcional del chequeo de las bombas de combustible la cual fue un punto importante para que se pueda efectuar este proyecto, además la construcción y ensamblaje del módulo con todos los componentes equipos y materiales que se necesitó para finalizar este proyecto.
- Se implementó el módulo de chequeo funcional de las bombas de combustible en el Ala de Combate N°23 en el Escuadro Mantenimiento 2323 para que cumpla las funciones y tareas para la cual se lo construyo.

- Se ejecutó las pruebas funcionales del módulo de comprobación del chequeo funcional de las bombas de combustible para verificar su operatividad del mismo y que esté funcionando de una la manera correcta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, que para la manipulación de este módulo se debe seguir los procedimientos adecuados para su buen funcionamiento ya que la mala operación podría ocasionar problemas y daños al módulo.
- Para operar este módulo se debe tomar en cuenta las normas de seguridad y utilizar el equipo de protección personal necesaria (overol, guantes, respiradores, fonos.) para no ocasionar daños a la salud del operador.
- Es importante al módulo realizar un mantenimiento programado para constatar que el funcionamiento de los equipos y componentes estén operando de una manera correcta y así tener la certeza que no haya problemas futuros con el equipo.

GLOSARIO

Amperímetro digital.- Es un instrumento para medir la corriente eléctrica en amperios, que fluye sobre una rama de un circuito eléctrico, se debe colocar en serie con la rama al medir y debe tener muy baja resistencia para evitar una alteración significativa de la corriente que se va a medir.

Bomba de combustible.- Su función es aumentar la presión del fluido, así como el de succionar el fluido del acumulador o depósito para distribuirlo al sistema través de los conductos.

Bourdon.- Este manómetro está formado por un tubo “aplanado” y que tiene una forma de “C”, puede resistir grandes presiones y además es el más usado.

Cableado eléctrico.- La función de los cables es conducir la energía eléctrica de un punto a otro para poder aprovecharla, realizar la unión metálica de conexión eléctrica entre los puntos de alimentación y las cargas, y para esto deben cumplir condiciones de óptima conducción, y optima aislamiento.

Calibración.- Es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.

Cañería de combustible.- Una tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos, se suele elaborar con materiales muy diversos.

Circuito eléctrico.- Se denomina circuito eléctrico a una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

Corriente alterna.- La corriente alterna es aquella que circula durante un tiempo en un sentido y después en sentido opuesto, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante, su abreviación es CA y en inglés por la de AC.

Corriente continua.- Es aquella corriente en donde los electrones circulan en la misma cantidad y sentido, es decir, que fluye en una misma dirección. Su polaridad es invariable a este tipo de corriente se le conoce como corriente continua (cc) o corriente directa (cd), y es generada por una pila o batería.

Corriente eléctrica.- El movimiento de los electrones a través de un conductor, según el tipo de desplazamiento diferenciamos entre corriente continua y alterna.

Doppler.- Es el aparente cambio de frecuencia de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.

Drenaje.- Cloacas o red de saneamiento, en ingeniería y urbanismo, es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos.

Fluxómetro.- Es un dispositivo electrónico de uso universal, de muy baja mantención y alta precisión que se basa en la Ley de Faraday para medir caudal.

Fuente de alimentación.- Podemos definir fuente de alimentación como aparato electrónico modificador de la electricidad que convierte la tensión alterna en una tensión continua.

Latón galvanizado.- Es un metal compuesto de cobre y zinc, ofrecen una alta durabilidad y una alta resistencia a la corrosión y sin la necesidad de un revestimiento.

Manómetro presión.- Es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

MDP.- (Misión Display Processor) es una computadora que su responsabilidad básica es procesar los datos de la misión de vuelo y las imágenes de una aeronave.

Multimotores.- Se les conoce como multimotores a las que cuentan con más de 2 motores utilizados para su propulsión, estas podrán ser de ignición interna o externa, de propelas o turbo-reactoras.

Polaridad.- A la cualidad que permite distinguir cada uno de los terminales de una pila, batería u otras máquinas eléctricas de corriente continua, cada uno de estos terminales llamados polos, puede ser positivo o negativo.

PSI.- Un psi es una unidad de presión cuyas siglas (PSI) provienen de Pounds per Square Inch, lo que viene diciendo que es la presión de fuerza que se ejerce sobre una pulgada cuadrada.

Pylon.- Son estaciones que soportan la los tanques externo de combustible y son responsables de la interfaz entre las estaciones y la aeronave.

Resistencia shunt.- Es una carga resistiva a través de la cual se deriva, generalmente la resistencia de un shunt es conocida con precisión y es utilizada para determinar la intensidad de corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de tensión o voltaje a través de ella, valiéndose de ello de la ley de ohm ($I = V/R$).

Revestimiento.- Lo podemos definir como todo elemento superficial que aplicado sobre la cara de otro elemento constructivo, mejora su aspecto estético y otras propiedades.

Rotor centrífugo.- Constituye la parte móvil del motor, el rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete.

Rotámetro.- Es un medidor de caudal en tuberías de área variable, de caída de presión constante, consiste de un flotador (indicador) que se mueve libremente dentro de un tubo vertical ligeramente cónico, con el extremo angosto hacia abajo.

Tanques sub alares.- Están constituidos por un recipiente completamente independiente de la estructura donde va alojado y pueden ser quitados del avión para ser reparados o recibir el servicio adecuado.

Transferencia de combustible.- Se denomina al proceso de trasladar o enviar de un lugar a otro combustible.

Transmisor flotador.- Es un instrumento que capta la variable en proceso a través del elemento primario y le transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos ,pero en realidad la función primordial de este dispositivo es tomar cualquier señal

para convertirla en una señal estándar adecuada para el instrumento receptor,

Tubo pitot.- Es uno de los medidores más exactos para medir la velocidad de un fluido dentro de una tubería, consta de un tubo cuya abertura está dirigida hacia arriba, de modo que el fluido penetre dentro de ésta y suba hasta que la presión aumente lo suficiente dentro del mismo y equilibre el impacto producido por la velocidad.

Válvula de combustible.- Tiene la función de controlar la presión en la rampa de inyección, independientemente de la cantidad inyectada y de la cantidad de combustible suministrado por la bomba.

Voltímetro digital.- Dan una indicación numérica de la tensión, normalmente en una pantalla tipo LCD, tienen prestaciones adicionales como memoria, detección de valor de pico, verdadero valor eficaz (RMS), autorango y otras funcionalidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIO CREUS, S. (1997). Instrumentación Industrial. Barcelona : 6ª Edición Marcombo Boixareu Editores.
- Contributor, E. (s.f.). *Como utilizar el voltímetro*.
- Embraer. (2010). Sistema de combustible del avión A-29B. En Embraer, *Maintenance Aircraft Manual A-29B*. Brazil.
- HERMOSA, A. (2009). Amperímetro. En A. HERMOSA, *Principios De Electricidad Y Electrónica Tomo 1*. Marcombo.
- <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/amperímetros-tipos-y-usos>. (2010). [Citado el 08-Sep- 2014]
- MANZANO ORREGO, J. ., (2007). Voltímetro. En J. MANZANO ORREGO, *Electricidad I: Teoría Básica*,. Marcombo.
- Mercado, e. (13 de septiembre de 2013). *sistema de combustible*. Obtenido de aerowiki: <http://aerowiki-info.blogspot.com/2013/09/v-behaviorurldefaultvmlo.html>[Citado el 14-Sep- 2014]
- Rada. (2009). <http://es.slideshare.net/Radablanco/el-voltmetro>. [Citado el 19-Sep- 2014]
- Rodriguez, A. (2009). http://www.ehowenespanol.com/tipos-tanques-combustible-integrales-aeronaves-info_235162/. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/tipos-tanques-combustible-integrales-aeronaves-info_235162/. [Citado el 03-Otc- 2014]
- S.A.C, T. C. (2006). *Medidores de caudal, flujómetros y ó cuentalitros para diesel y aceite*. Obtenido de Technical Commercial Advisor S.A.C. [Citado el 19-Sep- 2014]
- VC, M. (19 de Octubre de 2009). <http://es.slideshare.net/MigvelxD/sistema-de-combustible>. [Citado el 19-Sep- 2014]

- Writer, C. (2005). *Tipos de combustible de aviación*. Obtenido de Tipos de combustible de aviación: http://www.ehowenespanol.com/tipos-combustible-aviacion-sobre_141188/ [Citado el 10-Oct- 2014]

ANEXOS

