



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 MÉCANICA AERONÁUTICA

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA - MENCIÓN
AVIONES**

**TEMA: “COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO Y
OPERACIÓN DE LOS CAPACITORES DE COMBUSTIBLE
DE LAS AERONAVES TWIN OTTER DEL ALA DE
TRANSPORTES N° 11 DE LA FUERZA AÉREA
ECUATORIANA”.**

AUTOR: UNAPUCHA QUINTUÑA ANGEL OMAR

DIRECTOR: TLGO. TIGSE GUISHCASHO NELSON R.

LATACUNGA

MAYO 2015

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

Tlgo. Tigse Guishcasho Nelson R.

CERTIFICA

Que el trabajo titulado “Comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de las aeronaves Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana”. Realizado por el Sr. UNAPUCHA QUINTUÑA ANGEL OMAR, ha sido revisado, 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 el cual contiene los archivos.

Latacunga, Mayo 2015

Tlgo. Tigse Guishcasho Nelson
DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

UNAPUCHA QUINTUÑA ANGEL OMAR

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado "COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LOS CAPACITORES DE COMBUSTIBLE DE LAS AERONAVES TWIN OTTER DEL ALA DE TRANSPORTES N° 11 DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA", lo he desarrollado en base a investigación, respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en el pie de página correspondiente, cuya fuentes las e incorporado en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Mayo 2015

Unapucha Quintuña Ángel
C.I. 172219481-6

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORIZACIÓN

Yo, UNAPUCHA QUINTUÑA ANGEL OMAR

Autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el trabajo titulado “Comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de las aeronaves Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y criterio.

Latacunga, Mayo 2015

Ángel Omar Unapucha Quintuña
C.I 172219481-6

DEDICATORIA

El presente proyecto dedico a mis padres que día a día se han esforzado por darme una educación de calidad, también a mis amigos que creyeron en mí, aconsejándome y mostrándome que todo lo que se hace tiene una consecuencia y este trabajo es un reflejo de estos años de estudios y dedicación para obtener este tan ansiado título que es un primer paso para un futuro enriquecido que lo buscare con toda mi dedicación y esfuerzo

UNAPUCHA QUINTUÑA ANGEL OMAR

AGRADECIMIENTO

A Dios ya que sin él no podría llegar a culminar esta etapa de mi vida, dándome la vida y las fuerzas necesarias para terminar con éxito esta meta que un día me propuse y hoy lo veo hecho realidad.

Agradezco a todo el personal de docentes de esta noble institución por haber compartido conmigo todos sus conocimientos que serán de mucha utilidad en mi futuro como carrera profesional y como persona.

A todos muchas gracias

UNAPUCHA QUINTUÑA ANGEL OMAR

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.	2
1.3 Justificación.	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.	4
1.4.2 Objetivos Específicos.	4
1.5 Alcance.....	5
CAPÍTULO II	6
2.1 Twin Otter.....	6
2.1.1 Aeronave Twin Otter.....	6
2.1.2 Generalidades y componentes.	7
2.1.3 Características.....	7
2.1.4 Rendimiento.....	8
2.2 Sistema de combustible.....	8
2.2.1 Requerimientos del sistema de combustible.....	8
2.3 Tipos de sistemas de combustibles.....	10
2.3.1 Sistema de Combustible por Gravedad.....	10
2.3.2 Sistema de combustible por presión.	11
2.4 Componentes del sistema de combustible.....	12

2.4.1 Sistema de combustible del avión:.....	12
2.4.2 Sistema de combustible del motor	12
2.5 Combustibles para aviación.	13
2.5.1 Avgas.	13
2.5.2 Jet A-1.....	14
2.6 Filtros.....	15
2.6.1 Tipos de filtros.....	15
2.6.1.1 Filtros de fluidos.....	15
2.6.1.2 Filtros eléctricos.....	16
2.7 Sensores.....	16
2.7.1 Características de un Sensor.....	16
2.7.2 Tipos de sensores.....	17
2.8 Bombas.....	19
2.8.1 Tipos de bombas.....	19
2.9 Equipos de medición.....	19
2.9.1 Métodos para realizar medición directa.....	20
2.9.2 Método de medición indirecta.....	21
2.10 Capacitancia.....	21
2.10.1 Capacímetro.....	21
2.11 Condensadores.....	22
2.11.1 Tipos de condensadores.....	22
2.12 Banco de prueba.....	24
2.13 Elementos para la construcción del banco medidor de capacitancia.	25
2.13.1 PIC (Controlador de Interfaz periférico).....	25
2.13.1.1 Arquitectura del PIC.....	26
2.13.1.2 Programación del PIC.....	26
2.13.1.3 Características.....	27
2.13.2 Pantallas LCD digitales.....	28
2.14 Capacitores de aviación.....	29
2.14.1 Capacitor de combustible del Twin Otter.....	29
2.14.2 Operación del capacitor de combustible.....	29

2.15 Taques de combustibles de aviación.....	30
2.15.1 Tanques integrales.....	30
2.15.2 Tanques Bladder.....	31
2.15.3 Tanques de aluminio.....	31
CAPÍTULO III	32
3.1 Elaboración banco de comprobación.....	33
3.1.1 Capacitor de combustible.....	33
3.1.2 Circuito medidor de capacitancia y frecuencia.....	35
3.1.3 Reservorio de combustible.....	37
3.2 Terminales de conexión.....	40
3.3 Base y soporte del sistema de comprobación.....	41
3.4 Sistema de comprobación del Capacitor.....	43
3.5 Simbología para elaboración del Diagrama de flujo para el sistema de comprobación de los capacitores de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.....	45
3.6 Diagrama de flujo de la construcción del sistema de comprobación de los capacitores de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.....	46
3.7 Diagrama de flujo para el sistema de comprobación de los capacitores de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.....	47
3.8 Hoja de costos.....	48
CAPÍTULO IV	49
4.1 Conclusiones y recomendaciones.....	49
4.1.1 Conclusiones.....	49
4.1.2. Recomendaciones.....	50
GLOSARIO	51
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de sensores electrónicos.....	17
Tabla 2. Características y dimensiones del sistema Tester.....	33
Tabla 3. Simbología diagrama de flujo.....	45
Tabla 4. Costos Primarios.....	48
Tabla 5. Costos Secundarios.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aeronave Twin Otter.....	6
Figura 2. Sistema de combustible por gravedad.....	11
Figura 3. Sistema de combustible por presión.....	11
Figura 4. Descripción AVGAS.....	13
Figura 5. Descripción del JET.....	15
Figura 6. Medidor de Nivel Controlado.	20
Figura 7. Manómetro Analógico.....	21
Figura 8. Condensadores.....	22
Figura 9. Láminas de los condensadores.	23
Figura 10. Condensadores de alto voltaje.....	23
Figura 11. Condensadores de cerámica.....	24
Figura 12. Equipo de medición.	24
Figura 13. Microcontrolador PIC.....	25
Figura 14. Módulo Lcd Electrónico.....	28
Figura 15. Tanque integral.....	30
Figura 16. Tanque bladder.....	31
Figura 17. Tanque de aluminio.	31
Figura 18. Capacitor de Combustible vista frontal.	34
Figura 19. Capacitor de Combustible vista superior.	35
Figura 20. Circuito en pruebas para acondicionamiento de la señal.....	36
Figura 21. Circuito medidor de capacitancia.....	37
Figura 22. Lámina de aluminio doblada.....	38
Figura 23. Soldadura del reservorio.....	39
Figura 24. Perforación de la lámina.	39
Figura 25. Elaboración del ingreso del capacitor al reservorio.....	40
Figura 26. Reservorio de combustible para el capacitor.....	40
Figura 27. Conector Coaxial vista superior.....	41

Figura 28. Coaxiales Especiales vista lateral.....	41
Figura 29. Base del reservorio.....	42
Figura 30. Soporte del circuito acondicionado.....	43
Figura 31. Sistema Tester.....	44
Figura 32. Sistema Tester.....	44
Figura 33. Vistas del Sistema Tester.....	44
Figura 34. Valores de capacitancia de acuerdo al número de parte de los capacitores.....	45

RESUMEN

El presente proyecto centra su desarrollo en un sistema para la comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de la aeronaves Twin Otter del Ala de Transporte N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana ubicada en la ciudad de Latacunga, donde se utilizará un circuito de medición acondicionado para medir el capacitor la cantidad de capacitancia (micro faradios) que este presenta fuera del reservorio de combustible de la aeronave, estos datos serán tomados por circuito comparados con los ingresados y este circuito realizara la comparación y mediante indicadores visuales presentara el resultado de si este capacitor está en condiciones servibles para ser instalado en la aeronave; este sistema estará montando sobre una estructura en un cuarto asignado para su funcionamiento (Work Shop - Taller) en el Escuadrón Twin Otter, adicional a esta prueba este capacitor tiene la factibilidad de medir la cantidad de combustible que tiene el reservorio mediante la ayuda del dieléctrico que este forma al unirse el capacitor con el combustible y es presentado en forma digital en el panel de instrumentos de esta aeronave.

PALABRAS CLAVES:

- **SISTEMA DE COMPROBACIÓN**
- **CAPACITORES DE COMBUSTIBLES**
- **TWIN OTTER**
- **ALA DE TRANSPORTES N°11**
- **DIELÉCTRICO.**

ABSTRACT

This project focuses its development on a system for capacitor fuel functioning and operation testing on Twin Otter aircraft at Ala de Transporte No. 11 of Ecuadorian Air Force located in Latacunga city. It uses a measuring circuit to measure the capacitor, capacitance quantity (farads micro) that it shows out of the aircraft fuel reservoir; the data will be taken by circuit compared to those entered and this circuit will perform comparison using visual indicators and will display the result if this capacitor is in serviceable condition to be installed in the aircraft. This system mounts on a structure in a room assigned for operation (Shop Work - work area) at the Twin Otter Squadron. In addition to the this test, the capacitor has the possibility of measuring the fuel quantity that the reservoir has by the dielectric aid that forms when capacitor joins to fuel and displayed in digital on the aircraft instrument panel.

KEYWORDS:

- **TEST SYSTEM**
- **CAPACITORS FUEL**
- **TWIN OTTER**
- **ALA DE TRANSPORTE Nº 11**
- **DIELECTRIC**

.....
Legalized by: MSc. Rosa E. Cabrera T.

CAPÍTULO I

TEMA

“COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LOS CAPACITORES DE COMBUSTIBLE DE LAS AERONAVES TWIN OTTER DEL ALA DE TRANSPORTES N° 11 DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”.

1.1 Antecedentes.

El campo aeronáutico mundial ha avanzado a pasos agigantados por lo que hay que prepararse día a día para estar preparados para los nuevos retos que la aviación actual no brinda con la finalidad de ser capaces de solventar las diferentes necesidades que estos demanda alcanzando una experiencia amplia y ser el pilar fundamental de las diferentes compañías que requieren técnicos capaces y dispuestos a aprender e impartir sus conocimientos con sus subordinados.

El presente proyecto brindará un apoyo al desarrollo aeronáutico en el Ecuador, ya que éste facilitará el desempeño para la aeronave Twin Otter optimizando el tiempo en las inspecciones y mantenimientos a los que se somete la aeronave con el propósito de conservarla Aeronavegable.

El Escuadrón Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana realiza vuelos dentro del país, cuenta con sistemas y equipos de prueba limitados para la ejecución de los mantenimientos programados, viéndose en la necesidad de implementar sistemas de comprobación, funcionamiento y operación con el objeto de prolongar la vida útil de estos equipos evitando daños a futuro en la aeronave.

Se llevará a cabo la implementación de un sistema de comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de la aeronave Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 para beneficio del personal de mantenimiento de mencionado escuadrón

1.2 Planteamiento del problema.

Actualmente el Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, con sede en la ciudad de Latacunga ofrece los servicios de transporte de carga y pasajeros a la provincia de Pastaza a las comunidades de Lorocachi, Jaime Roldos y Montalvo. La provincia de Morona Santiago: Cantón Taisha y a las comunidades de Taisha, Wampuik y Tuutinentza. A la Provincia Zamora Chinchipe: Cantón Zamora pista de Cumbaratza a las comunidades de: Pangui, Yantzaza, Centinela del Cóndor, Paquisha, Nangaritza, Chinchipe y Zamora.

Las aeronaves Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana en la actualidad no cuenta con un sistema para realizar el chequeo y comprobación del funcionamiento y operación de los capacitores de combustible, por lo que al momento de realizar los mantenimientos programados en estas aeronaves este chequeo se realiza una inspección visual y asumen que se encuentran en condiciones operables, esto a futuro ocasionara que pueda producirse un incidente en el sistema de combustible y afectar a otros componentes de mencionado sistema

Dando origen a:

- Retraso en las operaciones aéreas.
- Retrasos en los períodos de mantenimientos e inspecciones programadas.
- Capacitores de combustible en mal estado ocasionando una información errónea.

Por lo expuesto y debido a un requerimiento por el personal de la Fuerza Aérea Ecuatoriana es necesario la implementación de mencionado sistema con el fin de prevenir daños en los capacitores de combustible, logrando así la eficiencia de las aeronaves para futuras misiones en las diferentes regiones del Ecuador.

1.3 Justificación.

El presente proyecto se justifica debido a la necesidad de mejorar los chequeos de los capacitores de combustible de manera inmediata y segura, con el propósito de adquirir habilidades y destrezas, las cuales son importantes en la vida laboral y no atentar con el personal de mantenimiento, ni la pérdida que involucre daños en la operación de la aeronave.

Al mismo tiempo beneficiara el servicio que ofrece a la región Oriental el Ala de Transporte N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana por medio de la aeronave Twin Otter.

Razón por la cual es necesario que el Ala de Transporte N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana cuente con un sistema de comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible del Twin Otter, dicho sistema además permitirá:

- Reducir costo en adquisición de los capacitores de combustible.
- La rapidez de las inspecciones y mantenimiento de la aeronave Twin Otter.
- Obtener una aeronave altamente funcional y operativa.
- Optimizar la vida útil de los capacitores de combustible
- Reducir costo en el mantenimiento programado de los capacitores de combustible.

El motivo del trabajo de investigación es ampliar los conocimientos adquiridos en la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT), el cual

fortalecerá la formación intelectual y práctica de los conocimientos aprendidos en el transcurso de la carrera, con la cual me permitirá alcanzar un mejor nivel profesional, mejorando la imagen institucional ya que se aportará profesionales más preparados para la industria de la aviación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Comprobar el funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de acuerdo a los procedimientos del manual de mantenimiento de las aeronaves Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Investigar el funcionamiento y operación de los capacitores de combustible.
- Diseñar e implementar un sistema de comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible.
- Construir el sistema de comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible para la aeronave Twin Otter de la FAE.
- Elaborar un instructivo de operación y manejo del sistema de comprobación de los capacitores de combustible.

1.5 Alcance.

El presente proyecto se basa en la Comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de las aeronaves Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, además que ofrece beneficios para evitar y prevenir daños a futuro en los capacitores y posterior esto afecte a la aeronave en sí.

También se propiciará a que el personal de mantenimiento desarrolle su destreza práctica, y se incentive en el campo aeronáutico, trazándose metas para poseer un mejor desempeño en su vida profesional, obteniendo experiencia laboral y técnica, capaces de generar propuestas creativas que permitan el desarrollo de nuestro país en general y de la aérea aeronáutica en particular.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Twin Otter

2.1.1 Aeronave Twin Otter

Esta aeronave fue ensamblada y con patente canadiense, opera en pistas de difícil acceso, dichas aeronaves han sido diseñadas bajo estándares de calidad y perfeccionamiento con el fin de decolar y aterrizar en pistas de segundo orden manteniendo su efectividad al 100% sin verse afectados sus equipos y componentes, siendo aviones cotizados por los diversos países en el mundo debido a un performance altamente rentables, ya que por sus características de funcionamiento, operación y mantenimiento muy manejables con el técnico aeronáutico quienes realizan los diferentes pre-vuelos e inspecciones de acuerdo al manual de mantenimiento y operación de las mismas.



Figura 1. Aeronave Twin Otter

Fuente: (Desarrollo Amazónico, 2003)

Los equipos y componentes que conforman esta aeronave son de fácil manipulación en cuanto a su mantenimiento y operación, la mayoría de estos componentes no cuenta con bancos de prueba para realizar su chequeo funcional en tierra, motivo por el cual el personal técnico encargado en la realización de estas inspecciones únicamente realiza chequeos visuales poco convencionales en el campo aeronáutico.

2.1.2 Generalidades y componentes.

- Sistema de combustible
- Filtros de combustible
- Capacitores de combustible
- Válvulas
- Cañerías
- Fittings
- Medidores
- Indicadores
- Fuente

2.1.3 Características

- Tripulación: mínimo 1, comúnmente 2 (debe ir a bordo un asistente de vuelo si el avión lleva al menos 19 pasajeros)
- Capacidad: 19-20 pasajeros
- Longitud: 15,77 m
- Envergadura: 19,80 m
- Altura: 5,90 m
- Superficie alar: 39 m²
- Peso vacío: 3.200-3.628 kg
- Peso máximo al despegue: 5.670 kg
- Planta motriz: 2x turbohélice Pratt & Whitney PT6A-27.
- Potencia: 620-680 HP 460-507 kW cada uno.

2.1.4 Rendimiento

- Velocidad nunca excedida (V_{ne}): 472 km/h
- Velocidad máxima operativa (V_{no}): 340 km/h 210 mph
- Velocidad crucero (V_c): 266 km/h 165 mph
- Alcance: 1.690 km 1.050 mi
- Techo de servicio: 8.140 m 26.700 pies
- Régimen de ascenso: 8,1 m/s 1.600 pies/min

2.2 Sistema de combustible

El sistema de combustible es una parte esencial para el funcionamiento y operación de los motores de toda aeronave, este sistema consta de: bombas, filtros, sensores, etc.

2.2.1 Requerimientos del sistema de combustible

El propósito es almacenar el combustible y entregar una cantidad precisa, limpia y a la presión correcta, para satisfacer las exigencias del motor. Un sistema en buenas condiciones y bien proyectado, asegura un flujo abundante y efectivo de combustible en todas las fases del vuelo, que incluyen un cambio de velocidad, maniobras violentas y repentinas, las aceleraciones y desaceleraciones; además, el sistema debe estar razonablemente libre de la tendencia de obstrucción de vapor que pueda resultar por cambios de las condiciones climáticas en tierra o durante el vuelo.

Los indicadores de combustibles, tales como el instrumento de presión, de flujo e indicadores de cantidad, dan señales continuas del funcionamiento del sistema.

Para que este sistema trabaje con el máximo de seguridad y una mayor eficiencia, el sistema debe cumplir los siguientes requisitos:

- Los sistemas por gravedad, los estanques de combustibles deben estar colocados sobre el carburador a una distancia suficiente para

dar presión de combustible y flujo, que debe ser alrededor del 150% del flujo de combustible requerido por el motor en el despegue.

- Los sistemas que utilizan bombas para mantener la presión, deben ser diseñados para entregar un flujo de combustible de 0.9 lbs/hora por cada HP entregado por el motor en el despegue, o el 125% del flujo de combustible necesario para el despegue con el motor a un máximo de potencia.
- La bomba reforzadora (BOOSTER PUMP), que comúnmente está ubicada en punto más bajo del estaque, debe estar disponible en la partida del motor, el despegue, el aterrizaje y para utilizarla a grandes alturas. Esta bomba debe tener la capacidad de sustituir o reemplazar a la bomba de combustible accionada por el motor en el momento en que esta fallase.
- El sistema debe estar provisto con válvulas, de tal manera que el combustible pueda ser cortado, evitando el flujo hacia cualquier motor.
- Este sistema en los aviones multimotores deberá construirse de tal manera, que cada motor se alimente de su propio estanque; Sin embargo, otros medios pueden agregarse para la transferencia de combustible de un estanque a otro, o para que funcionen 2 motores con un solo estanque de emergencia, mediante un "Sistema de Alimentación Cruzada".
- Las líneas de combustible deberán tener un tamaño adecuado para llevar un máximo de flujo de combustible requerido bajo todas las condiciones de operaciones del motor, y no deberán tener dobladuras muy apretados o subidas rápidas, las cuales tendrán a producir acumulación de vapores y el sub.-siguiente bloqueo de vapores en las líneas.
- Los estanques de combustibles deberán estar provistos con drenajes y colectores para permitir la remoción de agua y suciedad, que, generalmente se acumula en la parte más baja del estanque. Los estanques deben tener una ventilación adecuada, puesto que

previene la entrega de combustible a una baja presión, la que puede restringir el flujo del combustible y causar la detención del motor.

- Los estanques deben estar provistos con deflectores internos para evitar un cambio muy brusco en la posición del combustible, lo que provocaría una variación en el balance del avión, esto es aplicable a los estanques principales del ala donde el cambio rápido del peso del combustible puede causar la pérdida del control del avión. Los deflectores también ayudan a prevenir al salpicado o chapoteo del combustible, lo cual puede contribuir al bloqueo de vapores.

2.3 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

2.3.1 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.

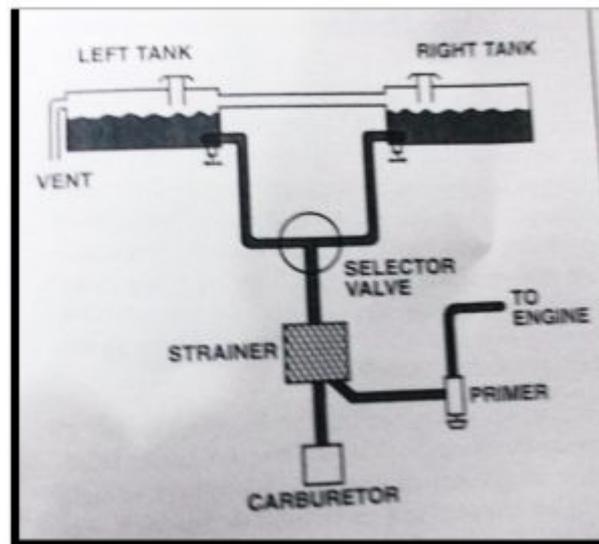


Figura 2. Sistema de combustible por gravedad.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

2.3.2 Sistema de combustible por presión.

En las aeronaves donde no es posible instalar el estanque de combustible a la distancia requerida sobre el carburador y/o 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.

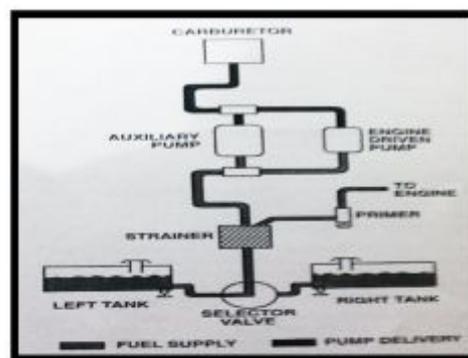


Figura 3. Sistema de combustible por presión.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

2.4 Componentes del sistema de combustible.

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

- Sistema de Combustible del Avión.
- Sistema de Combustible del Motor.

2.4.1 Sistema de combustible del avión:

Este sistema contiene los siguientes componentes:

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

2.4.2 Sistema de combustible del motor

Comienza desde el lugar donde el combustible es entregado a la bomba accionada por el motor, e incluye:

- Bomba de combustible accionada por el motor
- Cañerías y mangueras de combustibles
- Unidad de control de combustible o carburador
- Válvula difusora de flujo
- Inyectores.

2.5 Combustibles para aviación.

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos. Nuestro interés se centra en los combustibles líquidos que son obtenidos del petróleo y más concretamente en los que se emplean en la aviación.

Dentro de los combustibles de aviación se encuentran algunos tipos que se clasifican de acuerdo a su uso y composición química como son:

- AVGAS
- JET

2.5.1 Avgas.

Es una gasolina de octanaje elevado (alto), diseñada específicamente para motores de aviación, sus especificaciones son muy estrictas debido a que tiene que soportar el amplio rango de temperaturas y presiones de funcionamiento que tienen las aeronaves, el número 100 indica que tiene 100 partes de iso-octano y 0 de heptano, obteniendo así un poder antidetonante de 100; y LL indica que contiene aditivos, en este caso es bajo en plomo.

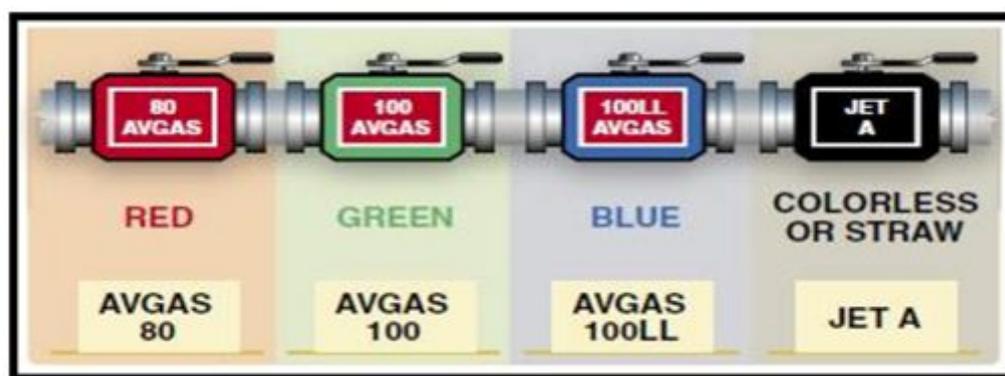


Figura 4. Descripción AVGAS.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

2.5.2 Jet A-1.

JET A-1 es el combustible utilizado en las turbinas de los motores a reacción en aviación civil. Es un queroseno que procede de la destilación del crudo de petróleo, que es la materia prima de la industria de refino.

Su función principal es suministrar potencia al avión, siendo parámetros clave su contenido energético y la calidad de combustión.

Las principales características de este combustible son:

- Combustible para motores a turbina
- Incoloro o ligeramente amarillo
- Densidad media 0,8 kg/l aprox.
- Inflamable a temperaturas superiores a 38°C en presencia de llama o chispa.
- Gran potencia calorífica que permite obtener la máxima energía posible con el mínimo peso.
- Pequeña volatilidad para evitar las pérdidas por evaporación y los peligros de incendio en caso de accidente.
- Temperaturas muy bajas del punto de cristalización, ya que a las alturas a las que se desplazan los aviones, las temperaturas son muy bajas.
- Gran estabilidad del producto, con el objetivo de que no se vea afectado por procesos de oxidación, así como un alto grado de estabilidad térmica.
- Además de proveer la energía, el combustible es también usado como fluido hidráulico en los sistemas de control del motor y como refrigerante para ciertos componentes del sistema de combustible.

FUEL TYPE AND GRADE	COLOR OF FUEL	EQUIPMENT CONTROLS COLOR	PIPE BANDING AND MARKING	REFUELER DECAL
JET A	COLORLESS OR STRAW	JET A	JET A	JET A
JET A-1	COLORLESS OR STRAW	JET A-1	JET A-1	JET A-1
JET B	COLORLESS OR STRAW	JET B	JET B	JET B

Figura 5. Descripción del JET.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

2.6 Filtros

Son dispositivos cuyo funcionamiento básico es discernir un material de otro, en otros tipos de casos permite el paso de ciertos materiales sea en fluidos o eléctricos.

2.6.1 Tipos de filtros

- Filtros de fluidos
- Filtros eléctricos

2.6.1.1 Filtros de fluidos.

Estos filtros son usados en los sistemas en los que estén involucrados fluidos en movimiento como son el combustible, el agua, etc.

En aviación estos elementos por sus características de discernir y separar el combustible de ciertas impurezas que se encuentran en el ambiente son importantes para evitar el mal funcionamiento y daño de los componentes de los sistemas de combustible.

2.6.1.2 Filtros eléctricos.

Estos filtros son usados en los sistemas en los que estén involucrados voltaje y corriente para mantener una línea de tensión continua para que los componentes y módulos que trabajan con estos tipos de señales sean las más exactas

En aviación y específicamente en el sistema de combustible, estos filtros por sus características son usados en la toma de medición de cantidad de combustible que presentan los reservorios de las aeronaves, siendo estos los encargados de sensar y monitorear el flujo y el nivel del mismo.

2.7 Sensores

Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas, este tipo de magnitudes pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

2.7.1 Características de un Sensor

- **Rango de medida:** dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **Precisión:** es el error de medida máximo esperado.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.

- **Sensibilidad de un sensor:** suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.
- **Rapidez de respuesta:** puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- **Derivas:** son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

2.7.2 Tipos de sensores

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

Tabla 1.

Tipos de sensores electrónicos.

Fuente: (Enciclopedia, 2005)

Magnitud	Transductor	Característica
Posición lineal y angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
	Sensor Hall	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica

Continua →

	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-accelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal - Termostato	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica

Continua 

Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	Analógica
	Sensor inductivo	Analógica
	Sensor fotoeléctrico	Analógica
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono	Analógica
Sensores de acidez	ISFET	

2.8 Bombas.

Las bombas son encargadas de dar el impulso ya sea de fluidos o gases mediante contenedores de vacío que expulsan a los mismos de un lugar a otro mediante movimientos síncronos (de un tiempo determinado y estándar).

2.8.1 Tipos de bombas.

Se clasifican en tres tipos principales:

- De émbolo alternativo.
- De émbolo rotativo.
- Roto dinámicas.

2.9 Equipos de medición.

Generalmente medir es la comparación de un elemento físico (elementos tangibles del entorno) o ideal (elementos ajenos a la

manipulación del hombre tales como tiempo y gravedad) con un patrón establecido que rige de base universal para todo elemento.

Existen diferentes maneras y métodos para la medición de fluidos, los mismos que pueden ser calificados en:

- Métodos de medida directa.
- Método de medición indirecta.

2.9.1 Métodos para realizar medición directa.

Estos instrumentos se utilizan generalmente para control de nivel, aunque se los utiliza como indicadores. Está compuesto por:

- Desplazador.
- Palanca.
- Tubo de torsión.

Función: Convierte el movimiento vertical en movimiento circular

La figura muestra los componentes básicos de este medidor:

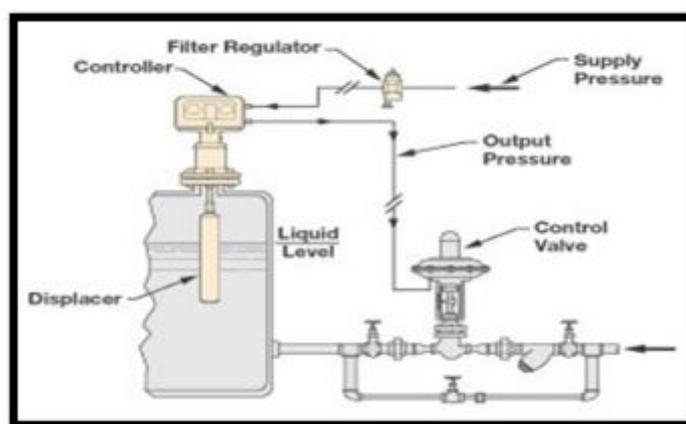


Figura 6. Medidor de Nivel Controlado.

Fuente: (Magnetrol, 2015)

2.9.2 Método de medición indirecta

Dentro de los sistemas hidrostáticos este sistema es el más sencillo. Consta solamente de un manómetro y si el material a medir es corrosivo o viscoso es necesario un equipo de sello con la finalidad de aislar al equipo del fluido.



Figura 7. Manómetro Analógico.

2.10 Capacitancia.

La capacitancia es la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse al cambio en la magnitud de tensión a través del circuito. También capacitancia se refiere a la característica de un sistema que almacena carga eléctrica entre sus conductores y un dieléctrico, almacenando así una energía en forma de campo eléctrico.

2.10.1 Capacímetro.

El capacímetro es un equipo de prueba electrónico utilizado para medir la capacidad o capacitancia de los condensadores. Dependiendo de la sofisticación del equipo, puede simplemente mostrar la capacidad o también puede medir una serie de parámetros tales como las fugas, la resistencia del dieléctrico o la componente inductiva.

2.11 Condensadores

Se los considera dos conductores que tienen una diferencia de potencial (V) entre ellos, y se supone que los dos conductores tienen cargas iguales y de signo opuesto. Esto se puede lograr conectando los dos conductores descargados a las terminales de una batería. Una combinación de conductores así cargados es un dispositivo conocido como condensador. Se encuentra que la diferencia de potencial (V) es proporcional a la carga Q en el condensador.

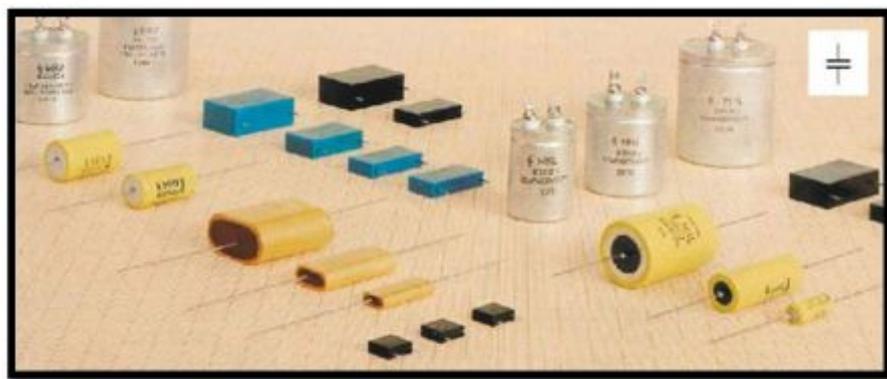


Figura 8. Condensadores.

Fuente: (Global Trade Starts here, 2013).

Un capacitor se compone básicamente de 2 placas conductoras paralelas, separadas por un aislante denominado dieléctrico. Capacitor formado a partir de un par de placas paralelas

2.11.1 Tipos de condensadores

Los condensadores comerciales suelen fabricarse utilizando láminas metálicas intercambiadas con delgadas hojas de papel impregnado de parafina o Mylar, los cuales sirven como material dieléctrico. Estas capas alternadas de hoja metálica y dieléctrico después se enrollan en un cilindro para formar un pequeño paquete

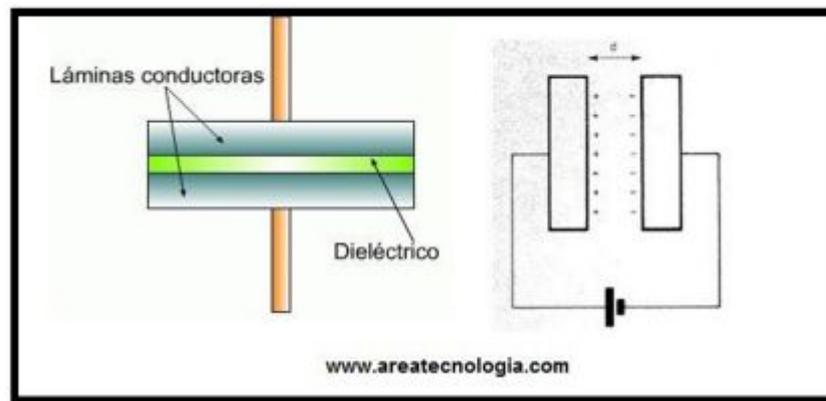


Figura 9. Láminas de los condensadores.

Fuente: (Área tecnológica, 2011)

Los condensadores de alto voltaje por lo común constan de varias placas metálicas entrelazadas inmersas en aceite de silicio.



Figura 10. Condensadores de alto voltaje.

Fuente: (Direct Industry, 2011)

Los condensadores pequeños en muchas ocasiones se construyen a partir de materiales cerámicos. Los condensadores variables (por lo común de 10 a 500 pF) suelen estar compuestos de dos conjuntos de placas metálicas entrelazadas, uno fijo y el otro móvil, con aire como dieléctrico.

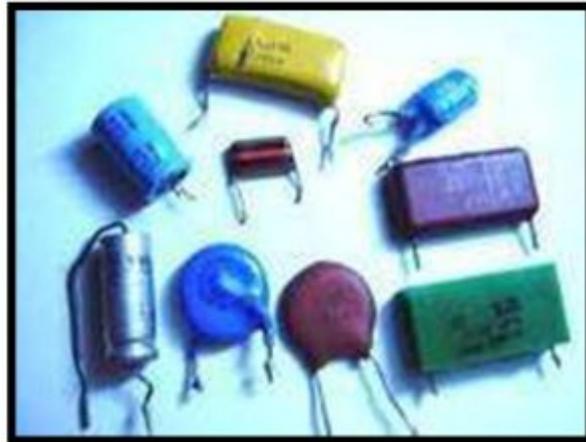


Figura 11. Condensadores de cerámica.

Fuente: (EcuRed, 2009)

2.12 Banco de prueba.

Un banco de pruebas es una plataforma para la comprobación de equipos.

Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.



Figura 12. Equipo de medición.

Fuente: (Mediciones electrónicas, 2009)

2.13 Elementos para la construcción del banco medidor de capacitancia.

Para la elaboración del banco medidor de capacitancia los elementos que interaccionan entre si son:

- PIC.
- Pantalla LCD digital.

2.13.1 PIC (Controlador de Interfaz periférico).

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument. El nombre actual no es un acrónimo. En realidad el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (Controlador de Interfaz Periférico).

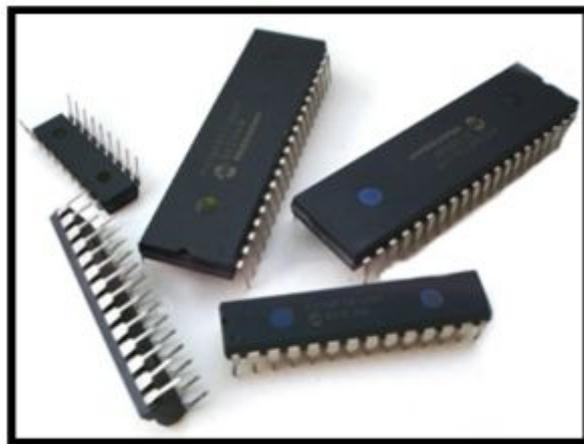


Figura 13. Microcontrolador PIC.

Fuente: (Microcontroladores, 2009).

2.13.1.1 Arquitectura del PIC

- Área de código y de datos separadas (Arquitectura Harvard).
- Un reducido número de instrucciones de longitud fija.
- Implementa segmentación de tal modo que la mayoría de instrucciones duran 1 tiempo de instrucción (o 4 tiempos de reloj). Pueden haber instrucciones de dos tiempos de instrucción (saltos, llamadas y retornos de subrutinas y otras) o inclusive con más tiempo de instrucción en PIC de gama alta. Esto implica que el rendimiento real de instrucciones por segundo del procesador es de al menos 1/4 de la frecuencia del oscilador.
- Un solo acumulador (W), cuyo uso (como operador de origen) es implícito (no está especificado en la instrucción).
- Todas las posiciones de la RAM funcionan como registros de origen y/o de destino de operaciones matemáticas y otras funciones.
- Una pila de hardware para almacenar instrucciones de regreso de funciones.
- Una relativamente pequeña cantidad de espacio de datos direccionable (típicamente, 256 bytes), extensible a través de manipulación de bancos de memoria.
- El espacio de datos está relacionado con el CPU, puertos, y los registros de los periféricos.
- El contador de programa está también relacionado dentro del espacio de datos, y es posible escribir en él (permitiendo saltos indirectos).

2.13.1.2 Programación del PIC.

Para transferir el código de un ordenador al PIC normalmente se usa un dispositivo llamado programador. La mayoría de PIC que Microchip

distribuye hoy en día incorporan ICSP (In Circuit Serial Programming, programación serie incorporada) o LVP (Low Voltage Programming, programación a bajo voltaje), lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino. Para la ICSP se usan los pines RB6 y RB7 (En algunos modelos pueden usarse otros pines como el GP0 y GP1 o el RA0 y RA1) como reloj y datos y el MCLR para activar el modo programación aplicando un voltaje de 13 voltios. Existen muchos programadores de PIC, desde los más simples que dejan al software los detalles de comunicaciones, a los más complejos, que pueden verificar el dispositivo a diversas tensiones de alimentación e implementan en hardware casi todas las funcionalidades.

2.13.1.3 Características

- Núcleos de CPU de 8/16 bits con Arquitectura Harvard modificada.
- Memoria Flash y ROM disponible desde 256 bytes a 256 kilobytes.
- Puertos de E/S (típicamente 0 a 5.5 voltios).
- Temporizadores de 8/16/32 bits.
- Tecnología Nanowatt para modos de control de energía.
- Periféricos serie.
- Síncronos: USART, AUSART, EUSART.
- Conversores analógico/digital de 8-10-12 bits.
- Comparadores de tensión.
- Módulos de captura y comparación PWM.
- Controladores LCD.
- Periférico MSSP para comunicaciones.
- Memoria EEPROM interna con duración de hasta un millón de ciclos de lectura/escritura.
- Periféricos de control de motores.
- Soporte de interfaz USB.
- Soporte de controlador Ethernet.

- Soporte de controlador CAN.

2.13.2 Pantallas LCD digitales

En los inicios se utilizaban los Display de segmentos donde se aprecia la información digital, en la actualidad se cuenta con módulos LCD para visualizar la misma información en una forma más amigable y de presentación llamativa, por medio de estos LCD se observará caracteres alfanuméricos y símbolos, estos elementos tienen un consumo de corriente bajo y su forma física, ocupa un espacio reducido y maleable para donde se requiera ubicarlo.

Las aplicaciones de estos módulos son infinitas ya que se las puede aplicar en cualquier ingeniería de diseño de tarjetas y que se desee visualizar sus resultados, todo está en el ingenio de quienes lo deseen utilizarlos.



Figura 14. Módulo Lcd Electrónico.

Fuente: (Sgatec, 2007)

En estos módulos se puede apreciar información como voltaje, corriente, capacitancia, potencia, frecuencia, símbolos de suma, resta, multiplicación, división, etc.

2.14 Capacitores de aviación.

Los capacitores utilizados en aviación permiten medir la cantidad de combustible que tiene en los reservorios.

2.14.1 Capacitor de combustible del Twin Otter.

Los transmisores de cantidad de líquido, parte número 391088-002 al 391088-006, son componentes de la DeHavilland DHC-6 Sistema de medición de cantidad de combustible (FQGS). El transmisor consiste de dos tubos de metal, dos conjuntos de cables con conectores, una toma de tierra, los dos tubos encajan concéntricamente entre sí, uno incide en el otro. El interior es un tubo de alta impedancia este tubo es de níquel electroform y el tubo del exterior es de baja impedancia es de aluminio anodizado, estos tubos son separados por aislante de teflón distribuido a lo largo de la longitud del transmisor. Estos espaciadores se encuentran ubicados afuera del tubo están formadas por abrazaderas de resortes de acero inoxidable.

2.14.2 Operación del capacitor de combustible.

El transmisor de cantidad de combustible es inmerso en el tanque y actúa como un condensador variable, cuya capacitancia varía sólo con un cambio en el valor de constante del material del dieléctrico entre los miembros tubulares. El transmisor de cantidad de combustible se utiliza para medir entre los miembros tubulares todo el combustible, y esta es determinada con el proporcional de combustible y aire, como resultado de condición la capacitancia llegara a variar el nivel de combustible in el tanque. La señal capacitancia es transmitida a un puente indicador amplificador el cual amplía la señal y lo presenta en un display que indica la cantidad de combustible en el tanque.

2.15 Tanques de combustibles de aviación.

Los tanques o reservorios de combustible son utilizados en las aeronaves para transportar y almacenar combustible para alimentar al sistema de combustible de la aeronave existes tres tipos de tanques de combustible:

- Tanques integrales.
- Tanques bladder.
- Tanque de aluminio.

2.15.1 Tanques integrales.

Depósito integral se encuentran integrados en la estructura del avión. Los utilizan los aviones comerciales.



Figura 15. Tanque integral.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

2.15.2 Tanques Bladder.

Depósito elástico o flexible están fabricados en materiales que permiten su adaptación a distintos lugares del avión, desde donde son comunicados con el sistema de combustible del avión.

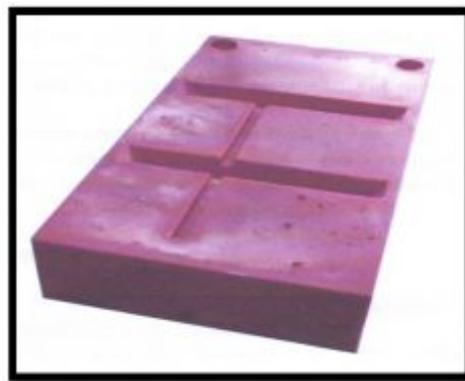


Figura 16. Tanque bladder.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

2.15.3 Tanques de aluminio.

Depósitos rígidos son los más antiguos. Están formados por planchas metálicas unidas entre sí con tabiques internos para evitar desplazamientos incontrolados del combustible.



Figura 17. Tanque de aluminio.

Fuente: (ENGINE FUEL SYSTEM, 2007)

CAPÍTULO III

En el campo aeronáutico existen un sin número de bancos de prueba y equipos de medición para realizar diferentes pruebas analógicas y digitales etc. que conllevan este campo. Dentro de este banco constan equipos de prueba para el chequeo, inspección visual y física de los capacitores de combustible de las diferentes aeronaves tanto militares como civiles.

Estos sistemas no solo incluyen campos y parámetros en los que van a ser medidos, también cuentan con indicadores visuales de inicialización y Test para estos capacitores, comprobando así el correcto funcionamiento de los mismos.

El sistema de comprobación de funcionamiento y operación del capacitor de combustible de la aeronave Twin Otter tiene como objetivo realizar la prueba funcional y verificar si se encuentra dentro de los parámetros establecidos de funcionamiento previo a ser colocado en el avión para su operación durante el vuelo de la aeronave.

El sistema Tester realizará una prueba de capacitancia y frecuencia a la que está trabajando el capacitor de combustible, este será sentido por un circuito electrónico acondicionado el cual se encargara de comparar y verificar si los datos emitidos por el capacitor se encuentran dentro de los parámetros establecidos en el manual de mantenimiento del mismo.

Los resultados de esta prueba serán reflejados en un Display LCD, y unos indicadores LED, determinando si el capacitor está en condiciones de funcionamiento aceptables para su operación en la aeronave.

Tabla 2.

Características y dimensiones del sistema Tester.

Dimensiones del reservorio	Ancho 30cm Alto 45 cm
Peso	15 lbs
Capacidad	4 gls
Dimensiones de la caja de control	Ancho 20 cm Alto 20 cm
Peso	5 lbs
Medición	Capacitancia Frecuencia
Conectores	Coaxiales
Indicadores	Led – Display

3.1 Elaboración banco de comprobación

Para la elaboración de este banco de comprobación de funcionamiento y operación del capacitor de combustible del sistema de combustible de la aeronave Twin Otter se requerirá de los siguientes materiales y componentes:

- Capacitor de combustible.
- Circuito medidor de capacitancia.
- Reservorio de combustible.

3.1.1 Capacitor de combustible

El capacitor de combustible de la aeronave brindará información de la cantidad de combustible que tiene el tanque de combustible de la aeronave, a través de su medidor de capacitancia, emite información a

los indicadores que están en el panel de aviónica de la aeronave esta información es en forma digital.

El capacitor de combustible de la aeronave P/N 391088-003, S/N 6630, está conformado por 2 cables que son los encargados de llevar la información de alta y baja impedancia la misma que es sensada en (Pico Faradios), capacitancia y por medio de circuitos elevadores de impedancia son presentados en un display en el panel de instrumentos del motor.



Figura 18. Capacitor de Combustible vista frontal.



Figura 19. Capacitor de Combustible vista superior.

Este tipo de capacitor en las aeronaves Twin Otter hay en cuatro tipos, varía el número de parte pero su funcionamiento y operación es la misma.

3.1.2 Circuito medidor de capacitancia y frecuencia

Diseño y acondicionamiento de un circuito para poder obtener los datos referentes a capacitancia y frecuencia, este banco de prueba va a proporcionar esta información mediante un programa acondicionado y diseñado para medir estas magnitudes, cumpliendo los parámetros que determina el manual de mantenimiento de la aeronave Twin Otter.

En la elaboración de este circuito acondicionado se utilizará los siguientes elementos electrónicos:

- **PIC.-** Controlador de Interfaz Periférico, integrado que grabar información que va a interface, comparar y enviar a un LCD.
- **LCD.-** Display Cristal Led, estos módulos permiten visualizar la información que un circuito condicionado genera, luego de realizar las respectivas operaciones, comparaciones a fin de observa si están funcionando correctamente.

- **Resistencias.-** Elementos que se oponen al paso de la corriente eléctrica, hay resistencias de precisión, carbón y de potencia.
- **Oscilador de cristal.-** Utilizado para dar una frecuencia en el tiempo de respuesta del circuito.

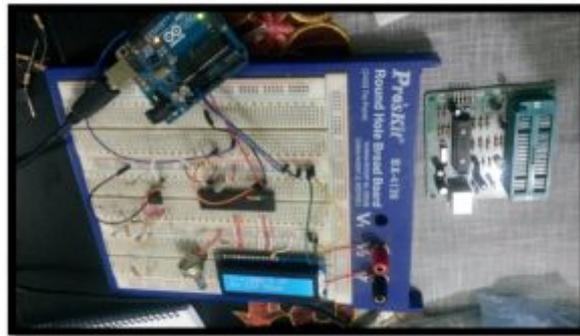


Figura 20. Circuito en pruebas para acondicionamiento de la señal.

El circuito acondicionado se encuentra alimentado por una fuente de 5VDC, la misma que fue diseñada para que pueda operar este sistema. El sistema Tester está conformado por resistencias, condensadores, potenciómetro, PIC, LCD, LED, conectores coaxiales hembra y macho captadores de la impedancia del capacitor de combustible, estos elementos electrónicos están interconectados para realizar la función de medir y sensor la capacitancia que los capacitores de combustible de la aeronave Twin Otter emite al momento de ser conectados a este circuito por medio de sus conectores coaxiales (macho y hembra) respectivamente.

Estos conectores coaxiales son de alta y baja impedancia permitiéndome tomar la lectura que este transmite al momento de estar fuera y dentro del reservorio de combustible logrando comprobar si se encuentra dentro de los parámetros establecidos mediante el AMM de la aeronave Twin Otter.

Los indicadores de luz (LED), están conectados al circuito acondicionado para medir la capacitancia y son los encargados de dar la

indicación de si estos se encuentran dentro o fuera de parámetros mediante los colores respectivos que se encuentran detallados en la guía de operación del sistema Tester.



Figura 21. Circuito medidor de capacitancia.

3.1.3 Reservorio de combustible

Aunque la mayoría de los tanques se fabrican, algunos tanques de combustible están son fabricados de metal o hechos a mano, esto en el caso de los tanques de estilo vejiga. Estos incluyen tanques personalizados en la restauración de tanques para automóviles, aviones, motocicletas, e incluso tractores.

La construcción de los tanques de combustible sigue una serie de pasos específicos. Por lo general se crea una maqueta para determinar el tamaño y la forma del tanque. Las cuestiones de diseño que afectan a la estructura del depósito - por ejemplo, la toma de corriente, drenaje, indicador de nivel de líquido, y costuras. Luego se debe determinar el espesor, la aleación de la lámina que se va a usar para hacer el depósito. Después que la lámina se corta a las formas necesarias, varias piezas se doblan para crear la estructura básica y/o extremos para el tanque. Muchos tanques de combustible "contienen agujeros de aligeramiento. Estos agujeros sirven para dos propósitos, reducen el peso del tanque. Hacia los extremos de las aberturas de la construcción se suman la boca de llenado, recogida de combustible,

drenaje, y la unidad de envío de nivel de combustible. A veces, estos agujeros se crean en la superficie plana, otras veces se añaden al final del proceso de fabricación. Pantallas y extremos pueden ser fijos en su lugar. Las cabezas de los remaches son con frecuencia soldadas para evitar fugas en los tanques. Finalmente pueden ser cerrados y soldados herméticamente. Una vez que la soldadura se haya realizado el depósito de combustible es a prueba de fugas

El reservorio ayudará a contar con el combustible necesario para la realización de la prueba funcional y operacional del capacitor de combustible de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, determinando si esta está en los parámetros correctos de operación.

La lámina para la construcción del reservorio es Alclad 7075 T6, Alclad es el fabricante con un espesor es de 0,063 mm/inch, el cual tiene una aleación aluminio y zinc. T6 es el número de veces de tratamiento térmico que recibe la lámina, lo que la convierte en un material más resistente.

La lámina del circuito acondicionado electrónico es Alclad 2024 (aluminio cobre) T3 (tratamiento térmico), lo que la hace más maleable para su utilización.



Figura 22. Lámina de aluminio doblada

Soldadura del reservorio de combustible mediante la suelda TIG, con el propósito de obtener un sellado hermético el cual permita no tener fugas de combustible.



Figura 23. Soldadura del reservorio.

Perforación de la lámina de aluminio con un taladro neumático para el ingreso del capacitor de combustible al reservorio del sistema de comprobación de funcionamiento y operación.



Figura 24. Perforación de la lámina.

Corte de la lámina de aluminio con fresadora recta neumática para el ingreso del capacitor de combustible de la aeronave Twin Otter.



Figura 25. Elaboración del ingreso del capacitor al reservorio.



Figura 26. Reservorio de combustible para el capacitor.

3.2 Terminales de conexión.

Los terminales de conexión que se utilizará para este sistema Tester de comprobación de tipo coaxiales especiales utilizados en los

capacitores de combustible del Twin Otter, con la finalidad de obtener un mejor aseguramiento debido a ser coaxiales de media vuelta, con esto se evitará que estos conectores se suelten o aflojen durante el vuelo.

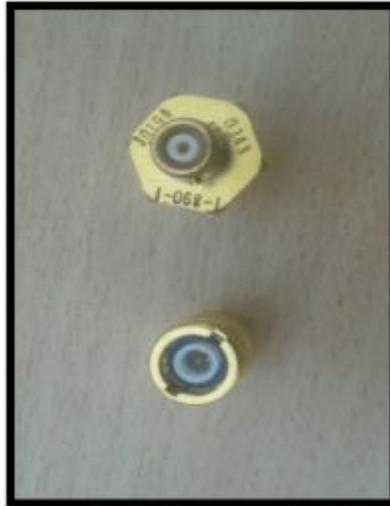


Figura 27. Conector Coaxial vista superior.



Figura 28. Coaxiales Especiales vista lateral.

3.3 Base y soporte del sistema de comprobación.

Este soporte consta de dos partes una base para asentar el reservorio de combustible y un brazo de soporte para el circuito acondicionado

electrónico del sistema de comprobación de funcionamiento y operación del capacitor de combustible de la aeronave Twin Otter del Ala de transporte N°11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

- Base para el tanque de combustible elaborado con el siguiente material
Tubo cuadrado de $\frac{1}{4}$.
Angulo de $\frac{1}{4}$.
- Soldado con suelda eléctrica.



Figura 29. Base del reservorio.



Figura 30. Soporte del circuito acondicionado.

3.4 Sistema de comprobación del Capacitor

El Banco de comprobación del Capacitor de combustible, se utilizará en la medición del capacitor tanto en la parte interna del reservorio como en la parte externa, logrando determinar si está en condiciones de funcionamiento y dentro de los parámetros que el manual determina para operar en la aeronave.



Figura 31. Sistema Tester.



Figura 32. Sistema Tester.



Figura 33. Vistas del Sistema Tester.

Con la elaboración de este sistema se determinó la comprobación y funcionamiento de los capacitores de combustible con N° de parte 391088-003 de la aeronave Twin Otter la cual se obtiene una lectura de

capacitancia de 36.8 uf a 43.1 uf indicando una luz azul en el circuito electrónico con la que se podrá determinar si este capacitor está funcionalmente dentro de los parámetros que el AMM de la aeronave determina.

TABLE 1
LEADING PARTICULARS

Part Number	L Dim Inches	Capacitance Dry	Mounting
391088-002	14.5	43.1	Flange
391088-003	14.5	36.8	Flange
391088-004	14.5	39.4	Flange
391088-005	14.5	42.9	Flange
391088-006	14.0	33.4	Flange

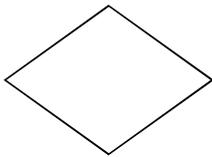
Figura 34. Valores de capacitancia de acuerdo al número de parte de los capacitores.

Fuente: (DHC-6, 2013)

3.5 Simbología para elaboración del Diagrama de flujo para el sistema de comprobación de los capacitores de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

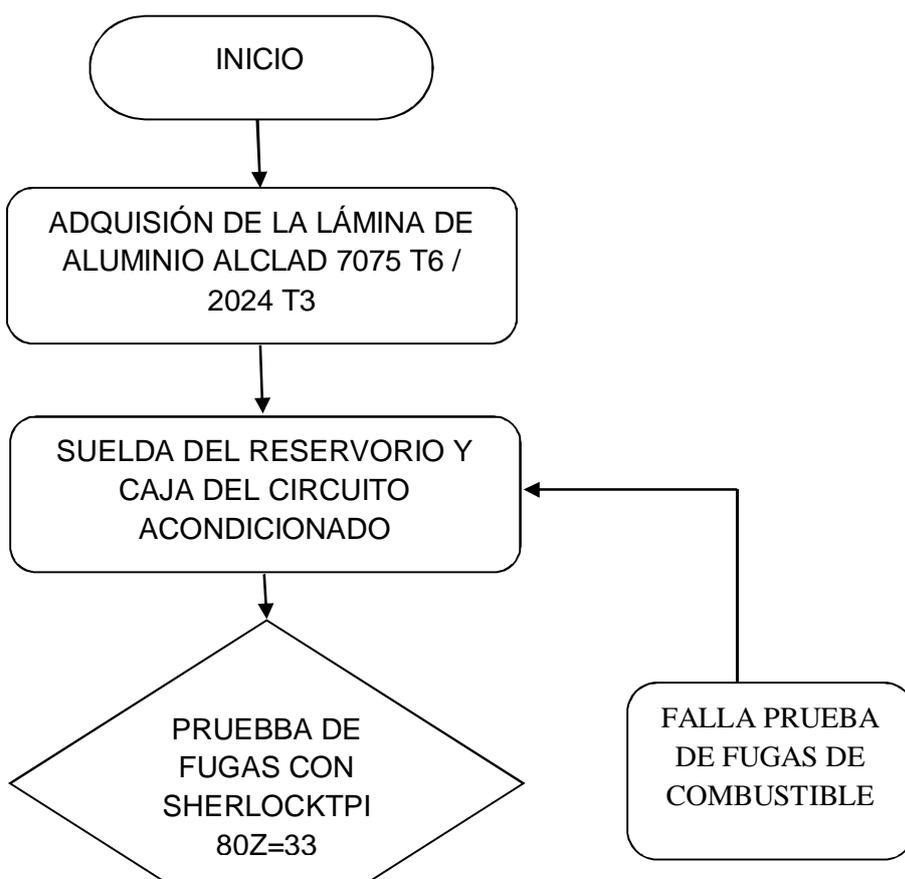
Tabla 3.

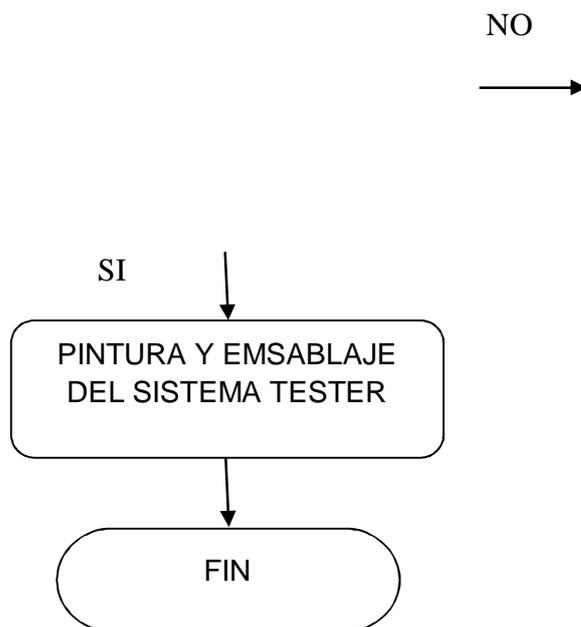
Simbología diagrama de flujo.

Ítem	Simbología	Significado
1		Inicio o fin de un proceso
2		Operación de un proceso
3		Decisión en un proceso
4		Conectores o dirección del

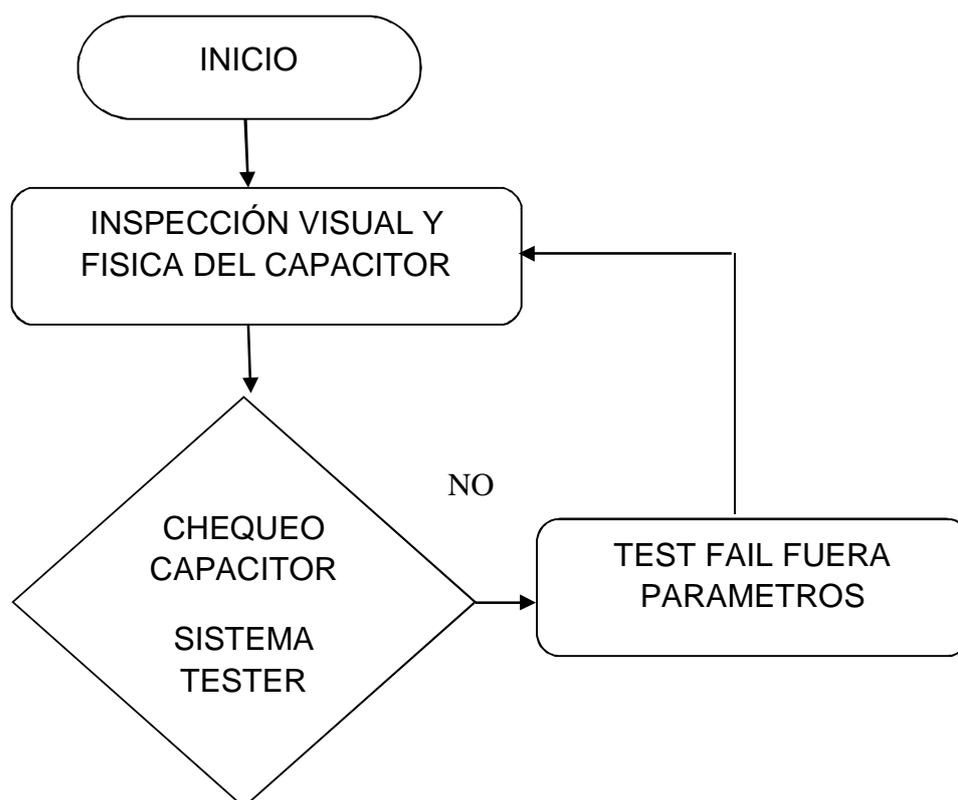
		proceso
--	--	---------

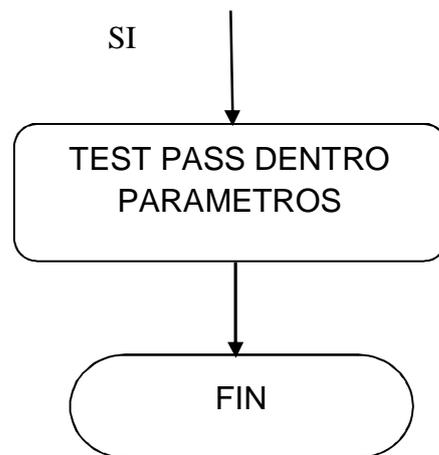
3.6 Diagrama de flujo de la construcción del sistema de comprobación de los capacitores de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana





3.7 Diagrama de flujo para el sistema de comprobación de los capacitores de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.





3.8 Hoja de costos.

Costos Primarios para el sistema de comprobación de funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de la aeronave Twin Otter.

Tabla 4.

Costos Primarios

Cant	MATERIAL	V/U	V/T
1	Base y soporte		300
1	Capacitores de Combustible		500
1	Switch	5	5
3	Indicadores	5	15
1	Dispositivo analizador de datos		700
1	Cable # 20	1.20	24
SUBTOTAL			\$ 1544

Tabla 5.

Costos Secundarios

Cant	Material	V/U	V/T
3	Anillados	4	12
3	Empastados	15	45
400	Copias	0.05	20
	Transporte	500	500
	Alimentación	360	360
	Varios	100	100
		SUBTOTAL	\$ 1037

El costo de elaboración del sistema de comprobación tiene un costo total \$ 2581 dólares americanos.

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se realizó el estudio pertinente de los componentes y elementos utilizados en la construcción este sistema de comprobación de acuerdo al AMM de los capacitores de combustible del Twin Otter capacitores.
- Se elaboró el sistema de comprobación del funcionamiento y operación de los capacitores de combustible de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana en PICmicro, PROSKIT.
- La información que emite todo el sistema de comprobación está basada en base a los datos de acuerdo al manual de mantenimiento y operación del Capacitor de combustible.
- El sistema cuenta con un indicador digital LCD para la visualización de los parámetros de la capacitancia del capacitor de combustible de la aeronave Twin Otter

- Se elaboró un instructivo guía para encender y apagar el sistema Tester además cuenta con ítems de mantenimiento del mismo.

4.1.2. Recomendaciones

- Colocar el sistema de comprobación de capacitores en un lugar seguro mientras se realizan los trabajos en la aeronave.
- Revisar el manual instructivo para verificar las posibles fallas y soluciones antes de ponerlo a funcionar el sistema.
- Asegúrese que el sistema de comprobación del capacitor presente la luz de indicación blanca lo que indicará que está listo para trabajar, caso contrario revise.
- Revisar el medidor de capacitancia este encendido antes de realizar la comprobación del funcionamiento del capacitor.
- Realizar el mantenimiento preventivo trimestral, semestral y anual, a fin de prolongar la vida útil del sistema de comprobación.

GLOSARIO

AMM: Manual de Mantenimiento de la Aeronave.

CPU: Unidad de procesamiento y control utilizado para realizar trabajos de supervisión control, monitoreo, su visualización de datos se puede visualizar mediante una pantalla LCD o un monitor LED.

E/S: Entrada – Salida

FAE: Fuerza Aérea Ecuatoriana.

LCD.- Display Cristal Led, estos módulos nos permiten visualizar la información que un circuito condicionado genera, luego de realizar las respectivas operaciones, comparaciones a fin de observa si están funcionando correctamente.

LED: Diodo emisor de Luz.

MEMORIA ROM: Son memorias donde se almacenan información de un sistema o un equipo al momento que estos se apagan automáticamente la información se borra de estas memorias.

Oscilador de cristal.- Utilizado para dar una frecuencia en el tiempo de respuesta del circuito.

PIC: Puerto De Interface Controlado.

ROM: Memoria de operación rápida.

Resistencias.- Elementos que se oponen al paso de la corriente eléctrica, hay resistencias de precisión, carbón y de potencia.

BIBLIOGRAFÍA

AIRFRAME, F. (s.f.). AIRFRAME, FAA.

Área tecnológica. (2011). *Área tecnológica*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

Desarrollo Amazónico. (2003). *Desarrolloamazonico*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.desarrolloamazonico.gob.ec/transporte-aereo-economico-listo-para-iniciar-sus-operaciones-en-zamora-chinchiipe/>

DHC-6, C. M.-A. (2013). *Component Maintenance Manual - Aircraft DHC-6*.

Direct Industry. (2011). *Direct Industry*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.directindustry.es/prod/hk-film-capacitor-ltd/condensador-electrico-pelicula-polipropileno-metalizado-terminales-axiales-alto-dv-dt-15366-322086.html>

EcuRed. (2009). *EcuRed*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:Condensadores.jpg>

Enciclopedia. (2005). *Wiki*. Recuperado el 20 de mayo de 2015, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

ENGINE FUEL SYSTEM. (2007). *FUEL STORAGE AND DELIVERY*. Recuperado el 19 de mayo de 2015

Global Trade Starts here. (2013). *Global Trade Starts here*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/aluminum-electrolytic-capacitors-ceramic-capacitors-tantalum-capacitors-357477298.html>

Magnetrol. (2015). *Magnetrol*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://mx.magnetrol.com/technologies.aspx?technology=12>

Mediciones electrónicas. (2009). *Mediciones electrónicas*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://medicioneselectronicas.blogspot.com/>

Microcontroladoresesv. (s.f.). *Microcontroladoresesv*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <https://microcontroladoresesv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>

Sgatec. (2007). *Sgatec*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.sgatec.com/blog/>

ANEXOS

