



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
MENCIÓN AVIONES**

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA -
MENCIÓN AVIONES.**

**TEMA: “COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA
BOMBA BOOSTER DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE
TWIN OTTER DEL ALA DE TRANSPORTES N° 11 DE LA
FUERZA AÉREA ECUATORIANA”.**

AUTOR: VELASCO SARÁUZ, DAVID ESTEBAN

DIRECTOR: TLGO. NELSON, TIGSE GUISHCASHO

LATACUNGA

2015

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

Tlgo. Tigse Guishcasho Nelson

CERTIFICA

Que el trabajo titulado “Comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster de combustible de la aeronave Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana”. Realizado por el SR. VELASCO SARÁUZ DAVID ESTEBAN, ha sido revisado y guiado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos.

Latacunga, Abril 2015

Tlgo. Tigse Guishcasho Nelson
DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

VELASCO SARÁUZ DAVID ESTEBAN

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA BOOSTER DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE 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, Abril 2015

Velasco Saráuz David
C.I. 172585596-7

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORIZACIÓN

Yo, VELASCO SARÁUZ DAVID ESTEBAN

Autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el trabajo titulado “Comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster de combustible de la aeronave 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, Abril 2015

David Esteban Velasco Saráuz
C.I. 172585596-7

DEDICATORIA

A DIOS, por ser el autor de mi vida al concederme las fuerzas y la capacidad necesaria para terminar mis estudios.

A mis padres: Dr. Luis Velasco e Ing. Lidia Saráuz por su amor incondicional, su apoyo moral, sus consejos brindados para mi mejor futuro, ellos me han inculcado valores tales como: el respeto, la perseverancia, la responsabilidad, la honestidad, la verdad, que jamás olvidaré. A mis abuelitos y demás familiares que de cualquier forma me han dado la fortaleza a mi espíritu anhelante de una mejor formación.

A mis amigos y compañeros que juntos hemos luchado con solidaridad desde nuestras aulas universitarias.

VELASCO SARÁUZ DAVID ESTEBAN

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por permitirme estar en este mundo, y estar conmigo en cada paso que doy, por iluminar mi mente, y por poner en mi vida a esas maravillosas personas que son mis padres.

Agradezco a esta noble institución que me abrió las puertas y a todos mis instructores que impartieron sus conocimientos, así fortaleciéndome día a día para poder defenderme durante mi carrera profesional, y con ello poder compartir mis conocimientos con mis compañeros de trabajo a lo largo de mi vida.

A todos muchas gracias.

VELASCO SARÁUZ DAVID ESTEBAN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i.
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii.
AUTORIZACIÓN	iii.
DEDICATORIA	iv.
AGRADECIMIENTO	v.
RESUMEN	vi.
ABSTRACT	vii.
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 Características.....	7
2.1.3 Rendimiento.....	8
2.1.4 Generalidades y componentes.	8
2.2 Bomba de combustible	8
2.2.1 Tipos de bombas	9
2.2.2 Bombas Booster.....	9
2.2.3 Características de la Bomba Booster.....	10
2.2.4 Operación.....	10
2.2.5 Precaución	10
2.2.6 Peligro	11
2.2.7 Inspección y chequeo	11
2.2.8 Ventajas	12
2.2.8 Desventajas	12
2.2.9 Aplicaciones.....	12
2.3 Válvulas.....	12

2.3.1 Llaves	13
2.3.2 Clasificación	13
2.3.3 Ventajas	13
2.3.4 Desventajas	14
2.3.5 Variaciones	14
2.3.6 Aplicaciones.....	14
2.3.7 Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio)	14
2.3.8 Recomendada.....	15
2.3.9 Instrucciones para instalación y mantenimiento	15
2.4 Cañerías	16
2.4.1 Tipos de cañerías.....	16
2.4.2 Cañerías rígidas.....	16
2.4.3 Cañerías flexibles	17
2.4.4 Características de las cañerías.....	18
2.5 Métodos de medición	18
2.5.1 Métodos de medida directa.....	18
2.5.3 Sensores	20
2.5.4 Sensor de presión	20
2.5.5 Características de los sensores	21
2.6 Circuitos electrónicos.....	22
2.6.1 Componentes	23
2.6.2 Leyes fundamentales en electrónica.....	23
2.6.2 Diseño de circuitos electrónicos	24
CAPÍTULO III	26
DESARROLLO DEL TEMA.....	26
3.1 ELABORACIÓN BANCO DE COMPROBACIÓN	26
3.1.1 Fuente de alimentación.....	27
3.1.2 Circuito medidor de voltaje, corriente y presión	27
3.1.3 Cañería rígida y flexible	29
3.1.4 Fittings AN	30
3.1.5 Sensor de presión digital	30
3.1.6 Manómetro analógico.....	31
3.1.7 Reservorio de combustible	31
3.2 Sistema de comprobación de la Bomba Booster	35
3.3 Simbología diagrama de flujo.....	37
3.3.1 Diagrama de flujo para el sistema de comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster para la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.	38
3.4 Resultado de la comprobación.....	39
CAPÍTULO IV	40

4.1 Conclusiones y recomendaciones	40
4.1.1 Conclusiones.....	40
4.1.2. Recomendaciones.....	41
GLOSARIO	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de la bomba Booster.	10
Tabla 2 Simbología diagrama de flujo.....	37
Tabla 3 Datos obtenidos de la bomba.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Bomba Booster vista frontal.....	9
Figura 2. Bomba Booster vista inferior.....	10
Figura 3 Bomba Booster vista superior.....	11
Figura 4 Bomba Booster vista lateral.....	11
Figura 5 Válvula Check.	15
Figura 6 Válvula de Alivio.....	15
Figura 7 Cañerías sistema de combustible	16
Figura 8 Cañerías rígidas.....	17
Figura 9 Cañerías Flexibles	18
Figura 10 Medidor de control de nivel.....	19
Figura 11 Manómetro Fimet.....	19
Figura 12 Sensor de presión vista interna de sus componentes.....	20
Figura 13 Sensor de presión digital	21
Figura 14 Circuito electrónico regular	22
Figura 15 Circuito básico	23
Figura 16 Leyes básicas de electrónica.....	23
Figura 17 Circuito impreso	24
Figura 19 Fuente de poder de 28 VDC, 8 Amp.....	27
Figura 20 Circuito impreso vista superior.....	28
Figura 21 Pic16f877A.....	28
Figura 22 Display de cristal líquido.....	29
Figura 23 Prueba de ensayo del circuito de medición	29
Figura 24 Cañerías y acoples.....	30
Figura 25 Sensor de presión ciego.....	30
Figura 26 Manómetro de glicerina	31
Figura 27 Reservorio de combustible de la Bomba Booster.....	31
Figura 28 Perforación reservorio de combustible.....	32
Figura 29 Corte con disco en el reservorio	32
Figura 30 Limadura del orificio del Reservorio	33
Figura 31 Bomba Booster colocada en el orificio del reservorio	33
Figura 32 Ajuste de cañería de la Bomba Booster con el reservorio.....	34
Figura 33 Componentes para realizar el acople al reservorio.	34

Figura 34 Sistema Tester ensamblado el sistema de cañerías.	35
Figura 35 Sistema de comprobación de la Bomba Booster.	35
Figura 36 Sistema Tester de la Bomba Booster	36

RESUMEN

El presente proyecto centra su diseño y desarrollo en un sistema de comprobación de funcionamiento y operación de la Bomba Booster para las aeronaves Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana ubicada en la ciudad de Latacunga, donde utiliza un circuito acondicionado y una estructura de soporte implementada; este sistema Tester realizará una prueba de voltaje, corriente y presión a la que está trabajando la Bomba Booster y, estos datos obtenidos serán comparados con los datos técnicos del manual de mantenimiento de la Bomba Booster que están ingresado en el circuito acondicionado, los resultados serán presentados mediante indicadores visuales (LCD, encendiéndose un LED de color verde que indicará Test de Pass, y un LED de color rojo que indicará Test Fail), determinando si esa Bomba Booster se encuentra dentro de los parámetros de funcionamiento que la aeronave requiere para su operación en vuelo.

PALABRAS CLAVE:

- ✓ Sistema de comprobación.
- ✓ Circuito acondicionado.
- ✓ Bomba Booster.
- ✓ Datos técnicos.
- ✓ Indicadores visuales.
- ✓ Parámetros.

ABSTRACT

This project focuses its design and development in a functioning and operational testing system for Booster Pump for Twin Otter aircraft of Ecuadorian Air Force located in Latacunga city. It uses a conditioning circuit and a support structure implemented. This system will test a voltage tester, current and pressure that the Booster pump is working. These data obtained will compare the technical details of the Pump Booster Maintenance Manual that admitted into the conditioning circuit. The results will be presented by visual indicators (LCD, green LED indicates that Test Pass, and the red LED indicates Test Fail), determining whether the Booster Pump is within the operating parameters that the aircraft requires for operation in flight.

KEYWORDS:

- ✓ Testing system.
- ✓ Conditioning circuit.
- ✓ Booster Pump.
- ✓ Technical details.
- ✓ Visual indicators.
- ✓ Parameters.

Legalized by: MSc. Rosa E. Cabrera T.

CAPÍTULO I

TEMA

“COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA BOOSTER DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE TWIN OTTER DEL ALA DE TRANSPORTES N° 11 DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”.

1.1 Antecedentes:

El progreso y el estudio de nuevas técnicas, herramientas, métodos y procedimientos en el ámbito de la aviación han permitido alcanzar trabajos de mantenimiento de una forma más eficiente, eficaz y segura, permitiendo a los técnicos y personal relacionado con el mundo de la aviación actualizarse conforme avanza la tecnología, ejecutando proyectos que impliquen la mejora continua para un buen desenvolvimiento en el campo laboral.

El presente trabajo brindará apoyo al Escuadrón Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, quienes realizan vuelos domésticos hacia la región amazónica, y al personal que realiza los mantenimientos programados en las aeronaves ya que cuentan con sistemas limitados, viéndose en la necesidad de implementar técnicas de comprobación con el fin de prolongar la vida útil componentes y accesorios.

Con el objetivo de mejorar el campo aeronáutico militar se llevará a cabo la elaboración de un sistema de comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster de combustible de la aeronave Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 para beneficio del personal de mantenimiento de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.2 Planteamiento del problema:

El Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, con sede en la ciudad de Latacunga está dedicada al transporte de pasajeros y carga, entre comunidades de la región Oriental.

Actualmente la Fuerza Aérea Ecuatoriana cuenta con tres aeronaves Twin Otter; dos operativas y una que lamentablemente ya no presta sus servicios, mencionadas aeronaves no cuentan con un sistema para la comprobación de funcionamiento de las Bombas Booster, ocasionando que al momento de realizar los mantenimientos programados de estas aeronaves, no se cuente con un sistema para verificar la condición en la que se encuentran las Bombas Booster.

Dando origen a:

- Retraso en las operaciones aéreas que realizan estas aeronaves.
- Retrasos en los mantenimientos e inspecciones programadas.
- Bombas Booster inoperativas.
- Elevados costos para el Ala de Transportes N° 11, en la adquisición de nuevas Bombas Booster de combustible.

Por lo que se ve la necesidad de elaborar un sistema de comprobación de las bombas Booster de las aeronaves Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, con la finalidad de prevenir daños en las Bombas, logrando reducir costos, agilizar el tiempo en las inspecciones y chequeos, con el fin de contar con aeronaves operativas y disponibles para las diferentes operaciones que realizan en las comunidades de la región oriental.

1.3 Justificación:

El presente proyecto se justifica debido a la necesidad de mejorar el área de mantenimiento del escuadrón Twin Otter en la realización de las inspecciones mandatorias que se realizan a mencionada aeronave.

Actualmente el personal de mantenimiento no cuenta con un sistema el cual permita verificar el funcionamiento y operación de las Bombas Booster de combustible al momento de realizar mantenimiento en el sistema de combustible de las aeronaves Twin Otter del Ala de Transportes N°11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

He aquí la importancia que el Ala de Transporte N° 11 cuente con un sistema de comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster de combustible para las aeronaves Twin Otter, logrando:

- Prolongar la vida útil de las bombas.
- Reducir costos en mantenimiento y adquisición de Bombas Booster de combustible.
- Obtener una aeronave operativa.

Con la creación de este tipo de sistema se permitirá obtener una supervisión control y monitoreo de las Bombas Booster de la aeronave Twin Otter durante una inspección mandatorio o en un chequeo rutinario que realice el personal de mantenimiento del escuadrón con la finalidad de evitar daños de la misma durante su operación en vuelo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Comprobar el funcionamiento de la Bomba Booster de combustible de acuerdo a los parámetros establecidos en el manual de mantenimiento para la aeronave Twin Otter del Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Analizar el funcionamiento y operación de la Bomba Booster.
- Diseñar y elaborar un sistema de comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster de combustible.
- Realizar pruebas de funcionamiento y operación del sistema.
- Elaborar un instructivo de operación y manejo del sistema de comprobación de funcionamiento y operación de la Bomba Booster.

1.5 Alcance.

El presente proyecto se basa en el chequeo eléctrico y de presión de las Bombas Booster de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, mediante un sistema Tester que va a realizar el control y monitoreo digital del funcionamiento de la Bomba Booster aparte del sistema de combustible del avión, verificando sus parámetros de funcionamiento de acuerdo al manual de mantenimiento de la aeronave y las especificaciones técnicas de la misma, contando con un sistema óptimo en el chequeo, funcionamiento y operación de la Bomba Booster fuera del sistema de combustible de la aeronave, reduciendo costos a la Fuerza Aérea en la realización de los chequeos de las Bombas Booster y reduciendo el tiempo en los mantenimientos e inspecciones que se realiza a la aeronave.

Este proyecto incentivará al personal técnico de la Fuerza Aérea a realizar futuros proyectos encaminados a mejorar día a día el campo aeronáutico de su escuadrón, trazándose metas para mejorar el desempeño durante su vida personal y profesional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Twin Otter

2.1.1 Aeronave Twin Otter

En el año de 1955 la Havilland de Canadá realizó el estudio de factibilidad de un nuevo avión capaz de reemplazar al DHC-3 Otter, pero con el doble de capacidad. Los requerimientos de carga y peso máximo de despegue debía tener 5900kg (13000 lbs), bimotor y estar equipado con motores fuertes para el cual eligieron al Pratt and Whitney R-1340 de 600hp.

En 1960 aparecen en el mercado canadiense los primeros turbohélices PT6. El nuevo turbohélice de 579 hp, poseía un diseño compacto con 48,3 cm² de sección frontal, 157,5 cm de largo y 125 kg, lo cual era menos pesado que el motor a pistón de la misma potencia. El primer paso seguido por DHC fue instalar dos PT6 en las alas de un Otter modificado para tal fin.

Los trabajos de diseño comenzaron en abril de 1963, tomando de base un avión de 10000 lbs (4540 kg) de peso máximo de despegue, capacidad para 5400 lbs (2450 kg) de carga y lugar para 12 o 14 pasajeros. Se lo bautizó DHC-6 "Twin Otter".

Los primeros aviones construidos fueron bautizados "Serie 1", indicando que eran prototipos. La producción inicial en salir al mercado se denominó "Serie 100", con números de serie desde 7 a 115 inclusive. En 1968 la producción de la "Serie 200" comenzó con el número de serie 116. Los cambios que se hicieron al inicio de la producción de la "Serie 200" incluían una mejora de las características STOL, agregando una proa alargada que contenía mayor espacio para equipaje (excepto en los aviones equipados con flotadores) y agregando una puerta más grande en el compartimento de equipaje trasero. Todos los aviones de la Serie 1, 100, y 200 y sus variantes (110, 210) fueron equipados con motores 550 HP PT6A-20.

En 1974, la Fuerza Aérea Ecuatoriana adquirió los aviones Twin Otter, para ser destinados a cumplir misiones de "Acción Cívica" en la región Litoral, operando

desde la base Simón Bolívar de Guayaquil y en la región Oriental desde la Base Aérea Cotopaxi.

El Twin Otter se caracteriza por ser un avión flexible para las tareas en la selva del oriente Ecuatoriano.

Es de fabricación canadiense y opera en pistas de difícil accesibilidad, las aeronaves Twin Otter han sido diseñadas bajo estándares de calidad y perfeccionamiento con el fin de volar y aterrizar en pistas lastradas, manteniendo su operatividad al 100% sin verse afectados sus equipos y componentes, siendo aviones de un performance altamente rentables y al mismo tiempo cotizados por los diversos países en el mundo ya que son aeronaves que por sus características de funcionamiento, operación y mantenimiento muy amigables con el personal aeronáutico quienes realizan los diferentes chequeos e inspecciones a los determinados ciclos de operación siguiendo los requerimientos del manual de mantenimiento y operación de las mismas.

Los componentes que conforman esta aeronave son de fácil manipulación en cuanto a su mantenimiento y operación; pero la mayoría de estos componentes no cuentan con bancos de prueba para realizar su chequeo funcional en tierra motivo por el cual, el personal encargado en la realización de las inspecciones solo realizan chequeos visuales poco comunes en el campo aeronáutico.

Por este motivo se implementa un sistema de maniobrabilidad el cual va a ayudar en tarea de inspección y mantenimiento del sistema de combustible de la aeronave.

2.1.2 Características.

- Tripulación: mínimo 1, comúnmente 2 (debe ir a bordo un asistente de vuelo si el avión lleva al menos 19 pasajeros).
- Capacidad: 14-20 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: 2× turbohélice Pratt & Whitney PT6A-27.
- Potencia: 620-680 HP 460-507 kW cada uno.

2.1.3 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.

2.1.4 Generalidades y componentes.

- Reservorio de combustible.
- Bomba de combustible.
- Filtros de combustible.
- Capacitores de combustible.
- Válvulas.
- Cañerías.
- Fittings.
- Medidores.
- Indicadores.
- Fuente.

2.2 Bomba de combustible

Son transformadores de energía mecánica a energía cinética, que pueden venir de un motor eléctrico, motor térmico u otro tipo de motor, y esta la adquiere en forma de presión o velocidad y la convierte en energía.

Las bombas son de gran importancia al momento de realizar el movimiento de fluidos de un lugar a otro, existen una infinidad de bombas para las distintas funciones que se desee ejecutar, todo dependerá del tipo de fluido a transportar tomando en cuenta la temperatura y presión que ésta vaya a soportar.

2.2.1 Tipos de bombas

- Bombas hidráulicas.
- Bombas neumáticas.
- Bombas eléctricas.
- Bombas mecánicas.
- Bombas de succión.

2.2.2 Bombas Booster

Tienen la función de enviar el combustible a los canales y tuberías de suministro a una determinada presión para que pueda dirigir el combustible hacia el motor, esta bomba (Figura 1) funciona con energía eléctrica interna o enviada desde una fuente externa quien debe suministrar 28 VDC, para su correcto funcionamiento.



Figura 1 Bomba Booster vista frontal

Estas bombas diseñadas e instaladas en aeronaves y helicópteros pequeños, son usadas para transferir combustible desde el interior del reservorio por medio de

líneas diseñadas específicamente para llevar flujo y presión de combustible hacia los motores.



Figura 2. Bomba Booster vista inferior

2.2.3 Características de la Bomba Booster

Tabla 1

Características de la bomba Booster.

Fluido cantidad nominal	22 Psi
Alimentación	8 Amp, 28 Vdc
Peso	4,2 Lbs
Motor de circulación	Continuo

2.2.4 Operación

Cada unidad tiene una fuente de poder con un conductor eléctrico, sus principales componentes son el campo contenedor y la armadura del motor de propulsión y expulsión.

2.2.5 Precaución

Se debe asegurar todas las partes, los protectores durante su desmontaje, remueva todos los lugares y partes con la finalidad de evitar daños al equipo y posteriormente al sistema.

2.2.6 Peligro

Prevenir la caída de combustible en las conexiones eléctricas. No utilizar el combustible que ha caído en los compartimientos de las bombas.

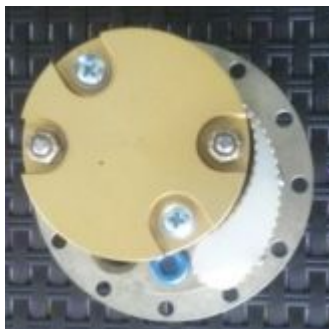


Figura 3 Bomba Booster vista superior

2.2.7 Inspección y chequeo

Realizar una inspección visual, a todas las partes metálicas de la bomba que sea aplicable, también a breakers, abrazaderas, pernos, tuercas, fittings, acoples según el manual de mantenimiento de la aeronave con la finalidad de evitar que las mismas se encuentren corroídas o presenten fisuras a la vista, esto se lo puede realizar con la ayuda de equipos especiales para el mencionado chequeo como son los de NDI (inspección de ensayos no destructivos).

Chequear el sistema de válvulas para asegurarse que no hay distorsión o deformaciones en las mismas.



Figura 4 Bomba Booster vista lateral

2.2.8 Ventajas

- Usada en aviación menor.
- Posee una presión constante.
- Factible desmontaje.
- Bajo costo.

2.2.8 Desventajas

- No usada en aviación mayor.
- Presión baja.
- Consumo alto.

2.2.9 Aplicaciones

Por su forma y performance es utilizada en aviación menor esto incluye aeronaves de menos de 12000 libras de peso incluyendo a los helicópteros, y por las características técnicas que esta bomba brinda es una de las más utilizadas en las aeronaves de bimotor incluyéndose al Twin Otter.

Adicionalmente a sus características técnicas estas bombas son utilizadas y cotizadas por el campo aeronáutico debido a su peso que no supera las 5 libras, ya que esto es de vital importancia para el personal que posee aeronaves ya que este peso influye mucho al momento de realizar el peso y balance de la misma, considerando que entre menos pese la aeronave mayor cantidad de carga y pasajeros esta puede transportar, llegando a tener un mayor ingreso y alargando el tiempo de horas de vuelo de la aeronave.

2.3 Válvulas

Una válvula es un mecanismo que regula el flujo líquido o gaseoso de comunicación entre dos partes de una máquina o sistema.

La válvula es uno de los instrumentos de control esenciales en el campo industrial. Debido a su diseño y materiales usados, las válvulas pueden abrir y cerrar,

conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde milímetros hasta metros de diámetro (aunque en tamaños grandes suelen llamarse compuertas). Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 140 MPa (mega pascales) y temperaturas muy altas.

2.3.1 Llaves

La llave suele referirse a mecanismos que permiten abrir, cerrar o regular el flujo de un fluido líquido o gaseoso concretamente con caudales relativamente reducidos.

2.3.2 Clasificación

- Válvulas industriales.
- Válvulas de asiento.
- Válvulas de camisa.
- Válvula hidráulica.
- Válvula de paso.
- Válvula multivía.
- Válvula de seguridad.
- Válvula anti retorno.
- Válvula rotatoria.

2.3.3 Ventajas

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

2.3.4 Desventajas

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarlas.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- Desgaste del asiento.

2.3.5 Variaciones

- Materiales.
- Cuerpo: bronce, hierro fundido, acero forjado, aluminio, aleaciones.
- Componentes diversos.

2.3.6 Aplicaciones

- Servicios generales.
- Líquidos.
- Vapores.
- Gases.

2.3.7 Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio)

Son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento del sentido de circulación o de las presiones en el sistema de cañerías. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.



Figura 5 Válvula Check.



Figura 6 Válvula de Alivio.

2.3.8 Recomendada

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- Cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación.
- Para servicios de cañerías que poseen válvulas de compuerta.
- Para cañerías verticales que tiene circulación ascendente.

2.3.9 Instrucciones para instalación y mantenimiento

- La presión en la cañería debe estar desde el fondo.
- La válvula horizontal debe ser instalada en cañerías horizontales.
- La válvula vertical se utiliza en cañerías verticales con circulación ascendente, desde el fondo.
- Si hay fugas de la circulación inversa, examinar disco y fondo.

2.4 Cañerías

Muchos sistemas aeronáuticos utilizan cañerías de tipo rígido y flexible para la circulación de fluidos, ya sean estos líquidos o gaseosos. Como por ejemplo:

- Aire acondicionado.
- Anti – hielo.
- Protección contra el fuego.
- Combustible.
- Potencia hidráulica.
- Trenes de aterrizaje.
- Controles de vuelo.



Figura 7 Cañerías sistema de combustible

Fuente: (G&P 2015)

2.4.1 Tipos de cañerías

Las cañerías vienen en dos tipos:

- Rígidas.
- Flexibles.

2.4.2 Cañerías rígidas

Estas cañerías son de aluminio generalmente en aviación se las utiliza para la conducción de fluidos líquidos y gaseosos que tienen menor cantidad de presión y son:

- Presión atmosférica.
- Presión dinámica.
- Oxígeno.
- Sistema de fuego.

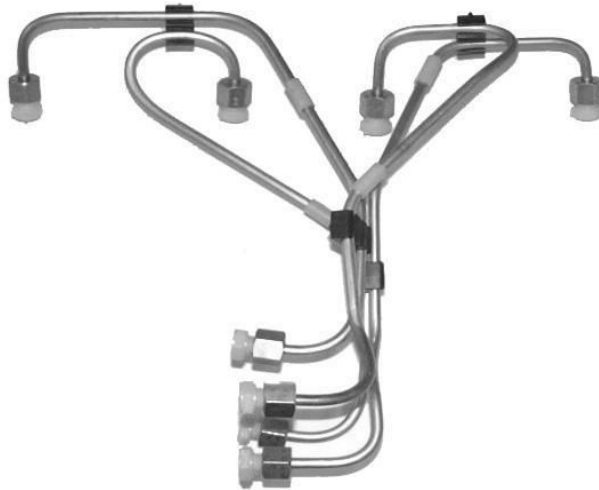


Figura 8 Cañerías rígidas.

Fuente: (Miguiaargentina 2012)

Debido a las situaciones de presión, temperatura, vibración y demás exigencias durante la operación en vuelo, las cañerías rígidas se fabrican en aleaciones especiales de aluminio, titanio, acero inoxidable y otras aleaciones.

2.4.3 Cañerías flexibles

Estas cañerías son utilizadas para soportar mayor presión, pero fundamentalmente son fabricadas de acuerdo a la necesidad de conducir el fluido por lugares inaccesibles para poder colocar una cañería rígida.

Están fabricadas de manguera de lona revestidas con caucho polietileno.

Estas cañerías son utilizadas en:

- Controles de vuelo.

- ADC Pitot y Static.
- Neumático.



Figura 9 Cañerías Flexibles

Fuente: (OU PONT 2011)

2.4.4 Características de las cañerías

Los requisitos o características que debe cumplir una cañería (su diámetro nominal es distinto de su diámetro real) o un tubo (su diámetro, nominal coincide con su diámetro real) están determinados por su aplicación o uso. Estos requisitos consisten fundamentalmente en reunir ciertas propiedades mecánicas y tener ciertas características de resistencia al medio que serán expuestas, lo que está determinado fundamentalmente por el material, método de fabricación y tratamiento térmico de éste.

2.5 Métodos de medición

Los métodos utilizados para la medición de líquidos, básicamente pueden ser clasificados en:

Métodos de medida directa y método de medición indirecta.

2.5.1 Métodos de medida directa

Estos instrumentos se utilizan generalmente para control de nivel, aunque se los utiliza como indicadores. Está compuesto por un desplazador, una palanca y un tubo de torsión.

La figura muestra los componentes básicos de este medidor:

- Convierte el movimiento vertical en movimiento circular.

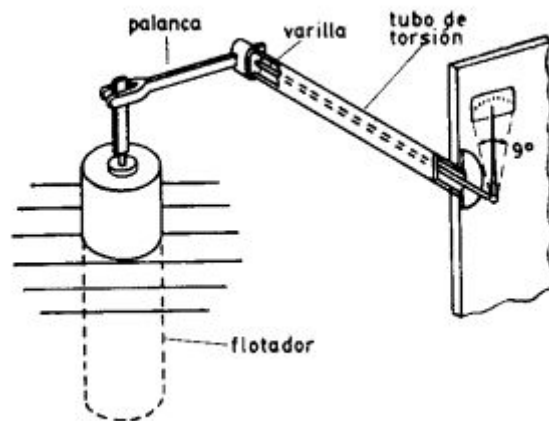


Figura 10 Medidor de control de nivel.

Fuente: (Creus Solé, 1997)

2.5.2 Método de medida 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 11 Manómetro Fimet

2.5.3 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas. Estas pueden ser Intensidad lumínica, temperatura, aceleración distancia, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc.

Un sensor siempre está en contacto con la variable de instrumentación por lo que es un dispositivo que aprovecha sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide y poder ser interpretada por un dispositivo digital.

Dentro de los sistemas de medición se incluyen sensores, estos también vienen para diferentes condiciones y los encuentra en el mercado en diferentes estados como son:

- Sensores eléctricos.
- Sensores hidráulicos.
- Sensores de caudal.
- Sensores de nivel.
- Sensores de presión.

2.5.4 Sensor de presión

Este sensor permite tomar la medida referencial de la presión de un fluido ya sea este líquido o gaseoso, para el proyecto se va a utilizar un sensor de presión para fluido líquido en este caso combustible.



Figura 12 Sensor de presión vista interna de sus componentes

Fuente: (Kauger Hispana S.A. 2013)

Este sensor recibe una señal de presión la cual es convertida internamente por este sensor en una señal eléctrica, la cual se la puede visualizar con la ayuda de un display en carácter digital, obteniendo una lectura correcta de lo que está recibiendo el sensor.



Figura 13 Sensor de presión digital

Fuente: (Sensing 2013)

2.5.5 Características de los sensores

- 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, se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor.
- 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.

- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como los puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que acoplan la señal a parámetros apropiados para los circuitos.

2.6 Circuitos electrónicos.

Un circuito es una red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores), que contiene al menos una trayectoria cerrada. Los circuitos que contienen solo fuentes, componentes lineales (resistores, condensadores, inductores) y elementos de distribución lineales (líneas de transmisión o cables) pueden analizarse por métodos algebraicos para determinar su comportamiento en corriente directa o en corriente alterna. Un circuito que tiene componentes electrónicos es denominado un circuito electrónico. Estas redes son generalmente no lineales y requieren diseños y herramientas de análisis mucho más complejos.



Figura 14 Circuito electrónico regular

Fuente: (SuperRobotica 2012)

2.6.1 Componentes

- Circuito: Un dispositivo con dos o más terminales en el que puede fluir interiormente una carga.

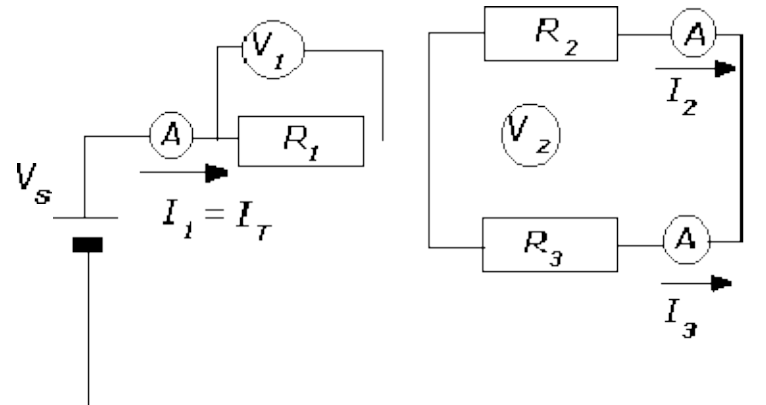


Figura 15 Circuito básico

Fuente: (Fresno 2011)

- Nodo: Punto de un circuito donde concurren más de dos conductores.
- Rama: Conjunto de todas las ramas comprendidos entre dos nodos consecutivos.
- Malla: Cualquier camino cerrado en un circuito eléctrico.
- Fuente: Componente que se encarga de transformar algún tipo de energía en energía eléctrica.
- Conductor: Comúnmente llamado cable; es un hilo de resistencia despreciable (idealmente cero) que une los elementos para formar el circuito.

2.6.2 Leyes fundamentales en electrónica.



Figura 16 Leyes básicas de electrónica.

Fuente: (Unicrom 2011)

Las leyes fundamentales que rigen los circuitos electrónicos son:

- Ley de corriente de Kirchhoff: La suma de las corrientes que entran por un nodo debe ser igual a la suma de las corrientes que salen por ese nodo.
- Ley de Ohm: La tensión en una resistencia es igual al producto del valor de dicha resistencia por la corriente que fluye a través de ella.
- Teorema de Norton: Cualquier red que tenga una fuente de tensión o de corriente y al menos una resistencia es equivalente a una fuente ideal de corriente en paralelo con una resistencia.
- Teorema de Thévenin: Cualquier red que tenga una fuente de tensión o de corriente y al menos una resistencia es equivalente a una fuente ideal de tensión en serie con una resistencia.
- Ley de tensiones de Kirchhoff: La suma de las tensiones en un lazo debe ser 0. (iesbahia, s.f.)

2.6.2 Diseño de circuitos electrónicos

Para diseñar cualquier circuito electrónico, ya sea analógico o digital, los ingenieros electrónicos deben ser capaces de predecir las tensiones y corrientes de todo el circuito. Los circuitos lineales, es decir, circuitos con la misma frecuencia de entrada y salida, pueden analizarse a mano usando la teoría de los números complejos. Otros circuitos sólo pueden analizarse con programas informáticos especializados o con técnicas de estimación como el método de linealización.

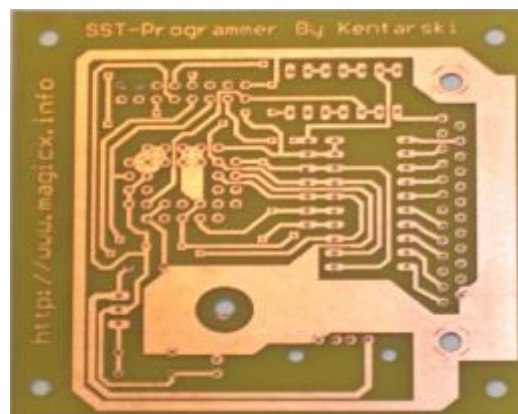


Figura 17 Circuito impreso

Fuente: (Ubicom 2011)

Los programas informáticos de simulación de circuitos, como SPICE, y lenguajes como VHDL y Verilog, permiten a los ingenieros diseñar circuitos sin el tiempo, costo y riesgo que tiene el construir un circuito prototipo.

ARES (PROTEUS)

PCB

XPRES

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

Concerniente a la investigación ejecutada se comprobó que el Ala de Transportes N° 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana cuenta con tres (3) aeronaves Twin Otter, desplegadas en la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi, las mismas que realizan vuelos logísticos al Oriente Ecuatoriano, transportando pasajeros y carga, por lo que es de vital importancia que al momento de realizar las diferentes inspecciones y chequeos mandatorios exigidos por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), estos se los realice en base a bancos Tester, los cuales brindan el servicio de chequeo de funcionamiento a los diferentes componentes de la aeronave, indicando si estos se encuentran dentro de los parámetros que el manual de la aeronave requiere.

El chequeo a las Bombas Booster del sistema de combustible de la aeronave Twin Otter no se la realiza en la Fuerza Aérea, debido a que no cuenta con un sistema Tester para realizar el mencionado chequeo, debido al requerimiento por parte del personal que está involucrado directamente en la inspección, funcionamiento y operación correcta de esta Bomba Booster he realizado un estudio de factibilidad para la implementación de un banco Tester de la Bomba Booster de las aeronaves Twin Otter.

El sistema Tester realizará una prueba de voltaje, corriente y presión a la que está trabajando la Bomba Booster y estos serán comparados con los datos técnicos del manual de mantenimiento de la Bomba que están ingresados en un circuito acondicionado y serán presentados mediante indicadores visuales, determinando si este equipo se encuentra dentro de los parámetros de funcionamiento que la aeronave requiere para su operación en vuelo.

3.1 Elaboración banco de comprobación

Para la elaboración de este banco de comprobación de la Bomba Booster del sistema de combustible de la aeronave Twin Otter se va a requerir de los siguientes materiales, elementos y componentes:

- Fuente de alimentación de 28 Vdc, 8 Amp.

- Circuito medidor de voltaje, corriente y presión.
- Cañería rígida y flexible.
- Fittings AN (Army Navy).
- Sensor de presión.
- Manómetro de Glicerina.
- Válvula de alivio.
- Bomba Booster.
- Reservorio de combustible.

3.1.1 Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación es un elemento o dispositivo activo capaz de generar una diferencia de potencia entre sus bornes o proporcionar corriente eléctrica para que otros circuitos trabajen.



Figura 19 Fuente de poder de 28 VDC, 8 Amp.

Este tipo de fuente brinda el voltaje y corriente suficiente para que un dispositivo pueda operar correctamente y evitar daños en alguno de sus componentes.

3.1.2 Circuito medidor de voltaje, corriente y presión

Se diseñó y acondicionó un circuito para poder obtener los datos referentes a voltaje, corriente y presión que el banco de prueba debe proporcionar para poder

determinar si la bomba Booster está en condiciones operables, cumpliendo los parámetros que determina el manual de mantenimiento de la aeronave Twin Otter.

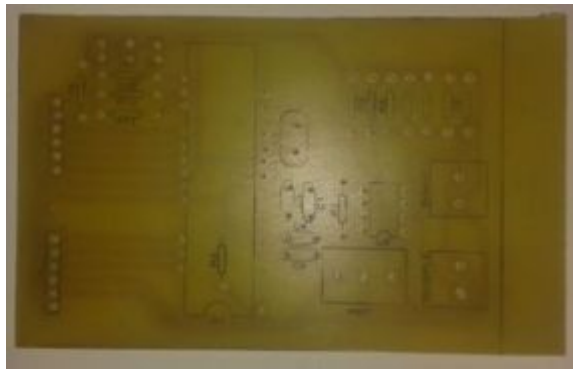


Figura 20 Circuito impreso vista superior

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

- PIC.- Controlador de Interfaz Periférico, son micro integrados que se los usa para grabar información que se desee en interface.



Figura 21 Pic16f877A

- LCD.- Display Cristal Led, en estos módulos se puede apreciar información como voltaje, corriente, capacitancia, potencia, frecuencia, símbolos de suma, resta, multiplicación, división en forma digital.



Figura 22 Display de cristal líquido

- 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 23 Prueba de ensayo del circuito de medición

3.1.3 Cañería rígida y flexible

En este proyecto se utilizó los dos tipos de cañerías ya que se debe tener flexibilidad en partes del reservorio y en otras partes se debe poner cañería rígida para protección de la Bomba.



Figura 24 Cañerías y acoples.

3.1.4 Fittings AN

Los Fitting utilizados en los sistemas de combustible son los AN (Army Navy), que por su forma cóncava son los más adecuados para este sistema porque tienen mayor seguridad al momento de ajustar evitando el derrame o fuga de combustible por sus acoples.

3.1.5 Sensor de presión digital

Este sensor permite adquirir la información de presión que por él está circulando mediante una señal eléctrica la misma que debe ser acondicionada para poder leerlo en el LCD.



Figura 25. Sensor de presión.

3.1.6 Manómetro analógico

Este manómetro se utilizó en este proyecto para comparar la medida que nos indica el sensor de presión digital, logrando tener una lectura más precisa y correcta en referencia a lo que el circuito nos está indicando.



Figura 26 Manómetro de glicerina

3.1.7 Reservorio de combustible

El reservorio nos ayudará a contar con el combustible necesario para la realización de la prueba funcional y operacional de la Bomba Booster de combustible de la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, determinando si la bomba está en los parámetros correctos de funcionamiento y operación antes de ser utilizada en la aeronave.



Figura 27 Reservorio de combustible de la Bomba Booster

Para la elaboración del reservorio se empleó una lámina de aluminio la cual la dobló y se dio la forma a un tanque pequeño en el cual se va a colocar el combustible para que la bomba realice el trabajo funcional.

Se realizó un orificio de 10cm en el cual va a ingresar la Bomba Booster al reservorio de combustible, con la ayuda de un taladro se hizo la perforación tal como se muestra en la figura:



Figura 28 Perforación reservorio de combustible

Se realizó el corte con un disco para obtener nuestro orificio siguiendo la secuencia de las perforaciones realizadas con el taladro tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 29 Corte con disco en el reservorio

Se realizó la limadura del orificio para quitar limallas y obtener el diámetro establecido para que la Bomba Booster ingrese sin presión y evitando que esta sufra algún daño o fisura en su parte física como se observa en la siguiente figura:



Figura 30 Limadura del orificio del reservorio

Terminado el orificio, el tanque está listo para colocar la Bomba Booster en el reservorio de combustible tal como se aprecia en la figura:



Figura 31 Bomba Booster colocada en el orificio del reservorio

Una vez ingresada la Bomba Booster en el reservorio se procedió a conectar la cañería flexible por el cual va a circular el combustible desde el reservorio hacia el exterior, como lo se aprecia en la siguiente figura:



Figura 32 Ajuste de cañería de la Bomba Booster con el reservorio

Se adjuntó las cañerías, fittings, manómetro, válvula y sensor al reservorio de combustible adjunto a la Bomba Booster como se aprecia en la siguiente figura:



Figura 33 Componentes para realizar el acople al reservorio.

Sistema Tester acoplado y terminado el sistema de cañerías por donde recirculará el combustible que la Bomba Booster emitirá desde el reservorio y será censado por el manómetro y sensor eléctrico.



Figura 34 Sistema Tester ensamblado el sistema de cañerías.

3.2 Sistema de comprobación de la Bomba Booster

Banco de comprobación de la Bomba Booster



Figura 35 Sistema de comprobación de la Bomba Booster.

El sistema de comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster está conformado por dos partes; la primera está la Bomba Booster la cual va en la parte interior del reservorio asegurada con 6 pernos y un empaque para evitar fugas de combustible, este reservorio se diseñó para poder realizar el chequeo de funcionamiento y operación de la bomba, logrando determinar que está en condiciones de operación y cumple con los parámetros establecidos en el manual de mantenimiento de la aeronave.

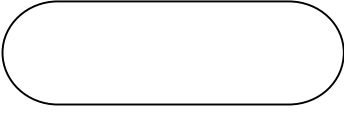

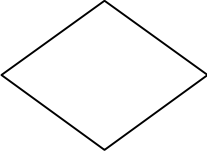

La segunda caja consta de un circuito acondicionado el mismo que realiza la medición y comparación de los datos reflejados en el display, con una tabla de valores referenciales que consta en el manual de mantenimiento de la aeronave.



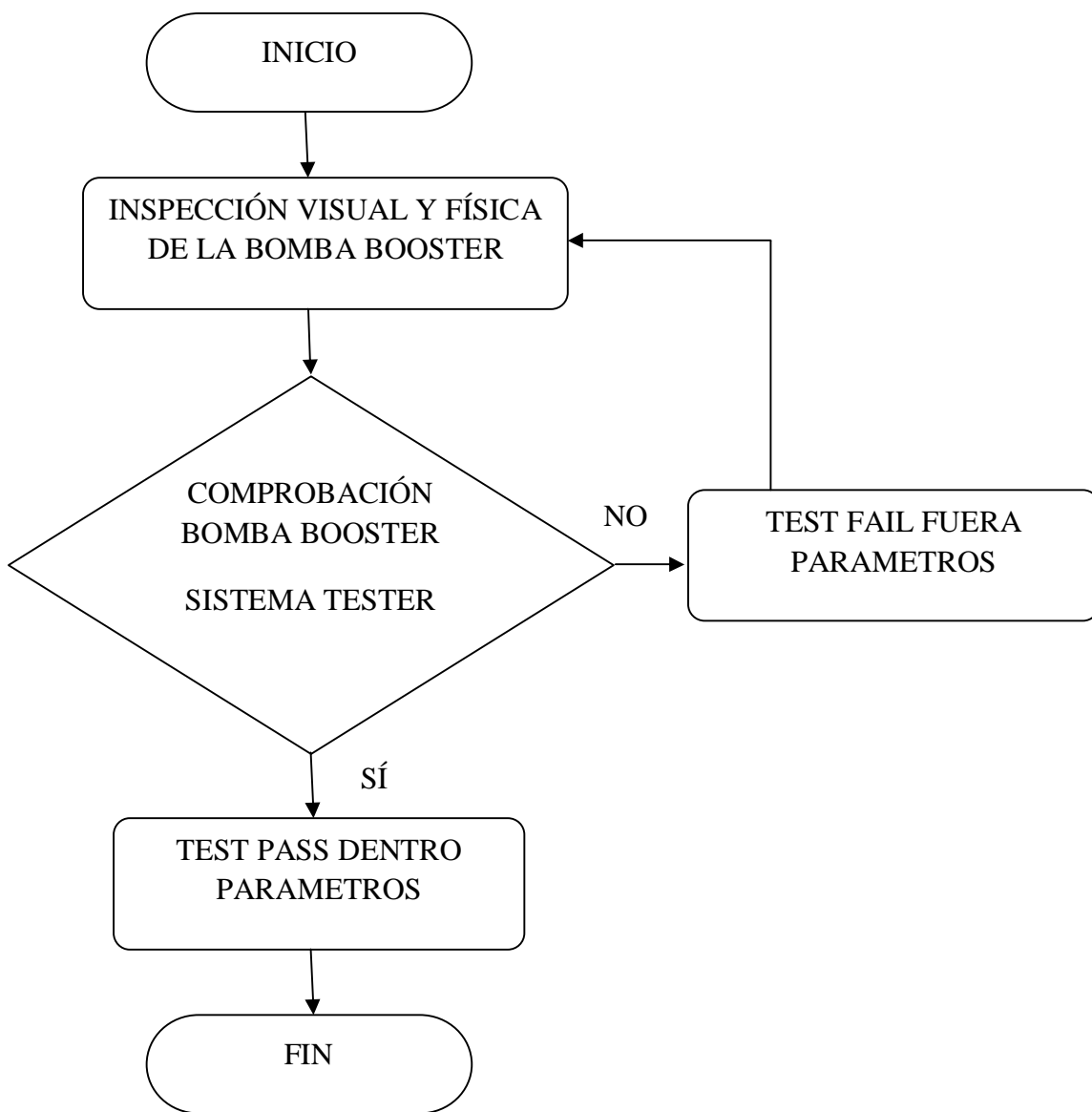
Figura 36 Sistema Tester de la Bomba Booster

3.3 Simbología diagrama de flujo

Tabla 2 Simbología diagrama de flujo

Item	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

3.3.1 Diagrama de flujo para el sistema de comprobación de funcionamiento de la Bomba Booster para la aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.



3.4 Resultado de la comprobación

Una vez realizada la comprobación del funcionamiento de la bomba Booster de combustible por medio del sistema, se comprobó que la bomba está en buen estado y puede ser utilizada e instalada en la aeronave.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3 Datos obtenidos de la bomba

PRESIÓN	VOLTAJE	CORRIENTE
31 psi	28 VDC	4 Amp.

Estos datos obtenidos de la bomba se los comparó con los parámetros establecidos por el fabricante y que constan en el manual de mantenimiento, determinando así, que la bomba se encuentra en correctas condiciones y puede ser instalada en el avión Twin Otter.

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se adquirió la información y apoyo necesario por parte del personal de la Fuerza Aérea Ecuatoriana para realizar este proyecto.
- Se realizó un estudio para elegir de manera adecuada el material que se empleó en el proyecto.
- Se constató que la información que emite todo el sistema de comprobación, está diseñada de acuerdo al manual de mantenimiento y operación de la Bomba Booster.
- Se elaboró un instructivo de procedimiento de funcionamiento del sistema para la comprobación de la Bomba Booster de la aeronave.

4.1.2. Recomendaciones

- Contar con un voltaje continuo de 28VDC y una corriente alrededor de 5Amp para el funcionamiento del sistema.
- Tener un voltaje continuo de 5VDC para energizar el circuito de medición.
- Verificar el combustible necesario en el reservorio para que trabaje la Bomba Booster de la aeronave.
- Realizar el mantenimiento preventivo al sistema de acuerdo al instructivo de mantenimiento del mismo, para evitar futuros daños del mencionado test.

GLOSARIO

AN: Army Navy.

Display: Pantalla de cristal líquido para visualización de datos.

FAE: Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Fitting: Acoples, uniones para cañerías.

Interface: Es un protocolo para transmisión y recepción de datos.

LED: Diodo emisor de luz.

Limallas: Residuos de metal otro elemento metálico.

Oscilador: Generador de frecuencia.

Performance: Presentación – diseño.

PIC: Protocolo de interface controlado.

PSI: Pounds Squart inches.

Puente de Wheatstone: Se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos de un puente.

TESTER: Equipo de prueba.

BIBLIOGRAFÍA

- Aircraft DHC. (s.f.). Capítulo 28. En A. DHC, *Component maintenance manual Aircraft DHC- 6 Twin Otter* (pág. 2555).
- Creus Solé, A. (1997). *Instrumentación Industrial* (Vol. Sexta). Barcelona: Marcombo Boixareu.
- FAA Airframe. (s.f.). Capítulo 14. En F. Airframe.
- Fresno. (s.f.). *Circuitos*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://fresno.pntic.mec.es/~fagl0000/circuito_mixto.htm
- G&P. (s.f.). *Cañerías*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://www.gprepresentaciones.com/>
- iesbahia. (s.f.). *Ley de ohm*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://www.iesbahia.es/web/files/Tecnolog%C3%ADa/4_2_leyDeOhm.pdf.pdf
- Kauger Hispana S.A. (s.f.). *Sensores y componentes*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://www.kruger-hispana.com/sensores-componentes-maquinaria.php>
- Miguiaargentina. (s.f.). *Cañerías rígidas*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://miguiaargentina.com.ar/empresas/fabrica-de-canos-de-inyeccion-diesel.html>
- Nacional. (19 de Junio de 2012). Avión de la FAE. *Noticias Esmeraldas*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101348201/-1/Avi%C3%B3n_de_la_FAE_sigue_en_la_pista.html
- OU PONT. (s.f.). *Plastics*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://www2.dupont.com/Plastics/es_US/centro_conocimiento/procesamiento/extrusion/extrusion.html
- Sensing. (s.f.). *Manómetros digitales*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/Man%C3%B3metros-digitales_115/

SuperRobotica. (s.f.). *Circuitos de robot*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://www.superrobotica.com/S300010.htm>

Ubicom. (s.f.). *Circuito impreso*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://ubicom.galeon.com/>

Unicrom. (s.f.). *Ley de ohm*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://unicrom.com/Tut_leyohm.asp

ANEXOS