



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES

TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE
LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE
COMBUSTIBLE DEL MOTOR IO240B PARA LOS ESTUDIANTES
DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.”

AUTOR: CBOS. CHRISTIAN ISMAEL SILVA MIRANDA

DIRECTOR: ING. RODRIGO BAUTISTA

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CERTIFICACIÓN

Ing. Rodrigo Bautista

CERTIFICA

Que el trabajo titulado “Construcción de una maqueta didáctica de los componentes del sistema de inyección de combustible del motor IO240B para los estudiantes de la unidad de gestión de tecnologías.” Realizado por CBOS. SILVA MIRANDA CHRISTIAN ISMAEL con C.I. 0925855447 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 en formato portátil de acrobat (PDF).

Autoriza a Luis German Arias Jiménez que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez en calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Latacunga, Mayo 2015

Ing. Rodrigo Bautista
DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, CBOS. TEC. AVC. CHRISTIAN ISMAEL SILVA MIRANDA

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado titulado **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR IO240B PARA LOS ESTUDIANTES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.”** Ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Mayo 2015

Christian Ismael Silva Miranda

C.I. 0925855447

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

Yo, CBOS. TEC. AVC. CHRISTIAN ISMAEL SILVA MIRANDA

Autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el trabajo **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR IO240B PARA LOS ESTUDIANTES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y criterio.

Latacunga, Mayo 2015

Cbos. Christian Ismael Silva Miranda

C.I. 0925855447

DEDICATORIA

El presente proyecto de graduación está dedicado a mi familia por ser mi mayor bendición, por su infinito amor, apoyo y comprensión en todo momento siendo el pilar fundamental en mi formación profesional... Gracias papá, mamá y hermanos por darme felicidad y fuerzas para alcanzar cada meta, y por ser un ejemplo en mi vida.

CBOS. CHRISTIAN ISMAEL SILVA MIRANDA

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a mis padres y a Dios por darme la vida y enseñarme a valores que me ayudaron ser persona que soy ahora.

Además quiero agradecer a mi familia que depositaron su confianza en mí dándome su apoyo incondicional en los momentos que más los necesite.

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

CBOS. CHRISTIAN ISMAEL SILVA MIRANDA

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE CUADROS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
Tema.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación.	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Alcance.	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Motores recíprocos en general.....	6
2.3 Sistemas del motor recíproco.	11
2.4 Motor IO240B.	17
2.5 Sistema de combustible del avión DIAMOND DA2-C1.	18
2.5.1 Control del orificio calibrado.....	20
2.5.2 Inyectores cubiertos.....	21
2.6 Sistema de inyección de combustible del Continental.....	22
2.6.1 Introducción.....	22
2.6.2 Componentes del sistema Continental.....	24

2.6.3 Bomba de inyección.	24
2.6.4 Funcionamiento de la bomba de paletas.	26
2.6.5 línea de derivación de la bomba.	28
2.6.6 Componentes principales de la bomba.	28
2.6.7 Diagrama de flujo.	33
2.6.8 Unidad de control de aire combustible.	35
2.6.9 Colector distribuidor de combustible.	38
2.6.10 Inyectores.	44
2.6.11 Factores de operación.	46
CAPÍTULO III.	50
DESARROLLO.	50
3.1 Preliminares.	50
3.2 Diseño.	52
3.2.1 Bosquejo Del Diseño.	53
3.3 Construcción.	54
3.4 Acople en el contenedor.	61
3.5 Pruebas.	61
3.6 Análisis económico.	63
CAPÍTULO IV.	64
4.1 Conclusiones.	64
4.2 Recomendaciones.	64
GLOSARIO.	65
BIBLIOGRAFÍA.	69
ANEXO A.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Avioneta DIAMON DA20C-1	5
Figura 2. Motor IO 240.....	6
Figura 3. Fundamento del mecanismo de biela.....	6
Figura 4. Tiempos del motor en vs posicionamiento de la válvulas de admisión.....	7
Figura 5. Orden de encendido en los cilindros de un motor reciproco.....	8
Figura 6. Relación Aire/Combustible.....	9
Figura 7. Efecto de súper carga.....	9
Figura 8. Indicador de RPM típico de motor reciproco.	10
Figura 9. Sistema de combustible del avión DA20C-1.	11
Figura 10. Ubicación de filtros en relación al tanque de combustible.	12
Figura 11. Ubicación de los componentes del sistema de lubricación.....	13
Figura 12. Indicador del sistema de lubricación.	14
Figura 13. Sistema de enfriamiento por aire impacto.	15
Figura 14. Sistema de inyección de combustible al motor IO240B.....	18
Figura 15. Válvula de combustible de control por aneroide.....	19
Figura 16. Comportamiento del ensamble aneroide.....	19
Figura 17. Esquema del ensamble del sistema de Inyección.....	25
Figura.18. Diagrama de función de la bomba.	27
Figura 19. Ensamble de la bomba y componentes.	29
Figura 20. Distribución del sistema de inyección de combustible.....	34
Figura 21. Ubicación de los componentes en el motor.....	39
Figura 22. Comparación del motor a pleno gas y ralentí.	40
Figura 23. Corte del inyector.....	45
Figura 24. Manómetro medidor de presión de FUEL.....	48
Figura 25. Sistema de combustible del motor IO240 B	51
Figura 26. Esbozo del diseño de la maqueta	52
Figura 27. Sistema de combustible del motor IO240 B	53

Figura 28. Vista maqueta con diagrama.....	53
Figura 29. Líneas de combustible.....	55
Figura 30. Ensamble de las líneas a la bomba.....	55
Figura 31. Impresión de maquina 3D.....	56
Figura 32. Resultado de la impresión del THROTTLE ASSEMBLY	57
Figura 33. Corte del acrílico de forma artesanal.....	57
Figura 34. Previsión del ensamble de la maqueta.....	58
Figura 35. Uso de guantes para evitar contaminación de plomo.....	59
Figura 36. Inserción del múltiple al ensamble.	59
Figura 37. Previsión del uso del instrumento de presión.....	60
Figura 38. Ensamble de los inyectores impresos en 3D.....	60
Figura 39. Maqueta finalizada.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Generalidades del motorIO240B.....	17
Cuadro 2. Limitaciones del motorIO240B.....	17
Cuadro 3. Máxima precio de aceite del motorIO240B.....	18
Cuadro 4. Prueba de lineamientos.....	62
Cuadro 5. Valores.....	62

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo fundamental la construcción de una maqueta didáctica del sistema de combustible del motor IO240B. La información con la que se desarrolló el siguiente proyecto está basada principalmente en el CVT de continental motors que es utilizado para impartir clases de especialización a los técnicos que trabajan en mencionado motor y el manual de mantenimiento M-6 del IO240B. Mediante este proyecto se procura incrementar las posibilidades de un mejor entendimiento del sistema y posibles discrepancias que presentan por el diario uso, de una forma práctica para los alumnos y facilitara la instrucción al docente de esta unidad, permitiendo que el proceso de aprendizaje impartido esté acorde al desarrollo tecnológico y la variantes que se va dando en el área de mantenimiento de motores, para que de esta manera la instrucción tenga mayor prestigio. Con la implementación de este proyecto práctico y renovador se trata de mejorar el desempeño profesional de los estudiantes ya que permite visualizar y entender de mejor manera este sistema. La maqueta permitirá visualizar de manera real ya que cuenta con componentes propios del sistema de inyección de combustible del motor continental IO240B que está instalado en la avioneta Diamond.

PALABRAS CLAVES:

- ✓ CONSTRUCCIÓN
- ✓ SISTEMA
- ✓ MOTOR
- ✓ PROYECTO
- ✓ MAQUETA

ABSTRACT

This project focuses in the construction of a teaching model for engine IO240B fuel system. an educational model of the engine fuel system IO240B. The information to develop it based primarily on the CVT of continental motors used to teach specialized technicians working in this motor and M-6 IO240B maintenance manual. This project pursues to increase the chances for a better system understanding and any discrepancies due to using it every day. Therefore, students may practice and instruction will facilitate to teachers, allowing the learning process is consistent with technological development and alternatives taking place in the area of engine maintenance, so that the instruction has greater prestige. The implementation of this practical and innovative project will improve the professional performance of students, and visualize a better understand this system. The demo lets you watch in real way since it has its own components of IO240B continental engine fuel injection system installed on the small plane Diamond.

KEYWORDS:

- ✓ CONSTRUCTION
- ✓ SYSTEM
- ✓ ENGINE
- ✓ PROJECT
- ✓ MODEL

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

CAPÍTULO I

Tema

“Construcción de una maqueta didáctica de los componentes del sistema de inyección de combustible del motor IO240B para los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías.”

Antecedentes

En la ciudad de Latacunga se encuentra ubicada la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE la cual es una institución dedicada a la formación de profesionales en diferentes áreas del mantenimiento aeronáutico.

En el trayecto de su vida académica se ha dedicado a la formación de alumnos militares y civiles por medio de la investigación proyectando a estos al emprendimiento de nuevos proyectos innovadores que permitan el desarrollo de la aviación en el Ecuador.

La información con la que cuenta la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE para la enseñanza están siendo modificados de acuerdo a los avances tecnológicos que requiere la aviación en la actualidad y proyectando hacia el futuro.

Las compañías aéreas están en constante actualización, en cuanto a sistemas de aviónica y mecánicos de los mismos, es así que se ha visto la necesidad de la construcción de maquetas didácticas, para apreciar de una mejor manera las actualizaciones en el campo de la aeronáutica. Puesto a que en otras instituciones educativas se ha utilizado este tipo de ayuda pedagógica para complementar la teoría dictada en las aulas, de tal manera los estudiantes satisfacen ciertas dudas sobre el funcionamiento práctico.

Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE, en la actualidad, está dotada de un laboratorio de mantenimiento y familiarización de los sistemas principales de los motores de diversas aeronaves, mismo se encuentra su parte posterior y es conocido como el Bloque 42. En el mencionado laboratorio se asilan diversas maquetas didácticas como las más relevantes esta la del sistema de lubricación del motor JT8D, los motores SNECMA, la maqueta del sistema de combustión de los motores recíprocos, entre otros. Es destacable mencionar que en el tiempo en curso, posterior a una charla con los docentes y director de carrera de Mecánica Aeronáutica y previa inspección visual dicho laboratorio, se estableció que carece de un equipo didáctico del “sistema de inyección combustible del motor IO240B montado en las avionetas DA20C-1”.

El actual impacto de la carencia de una maqueta didáctica del sistema antes mencionado le resta al docente la oportunidad de familiarizarse y/o asimilar de mejor manera los componentes del sistema predicho, generándole así una deficiencia al momento de trabajar con estas nuevos motores, mismos que llegaron al país hace 2 años en la aviación militar.

El futuro impacto de la carencia de este equipo en los estudiantes afecta directamente en su campo laboral, puesto que no estarían eficientemente capacitados para realizar trabajos técnicos en el sistema de combustible del motor IO240B montados en las avionetas DA20C-1. Debe recalcarse que mencionada aeronave está en el punto más alto de apogeo, siendo adquirida por escuelas de aviación y transporte personal en los últimos tiempos.

Justificación.

El presente proyecto nace de la necesidad de contar con un sistema que facilite las prácticas y un mejor discernimiento, con la implementación de equipos didácticos en el laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE. La misma que complementará a la teoría recibida en la instrucción, por lo cual tanto maestros como alumnos alcanzaran mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje respectivamente, adquiriendo con esto un mejor desempeño en el campo laboral.

Objetivo General.

Construir una maqueta didáctica de los componentes del sistema de inyección de combustible del motor IO240B según el manual de mantenimiento del motor para uso de estudiantes de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Objetivos Específicos.

- Indagar información bibliográfica y de campo sobre las tareas prácticas de mantenimiento de motores recíprocos en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE.
- Establecer el diseño de la elaboración de la maqueta para la representación de la información establecida en el sistema.
- Ensamblar la maqueta acompañada por un contenedor resistente transparente cumpliendo con la perspectiva de diseño.

Alcance.

El presente proyecto de investigación busca solucionar el problema de aprendizaje de los alumnos en formación por medio de la elaboración de material didáctico, el mismo que ayudará a mejorar conocimientos sobre el sistema de inyección de combustible del motor IO240B y desarrollar las destrezas prácticas de los estudiantes la Unidad de Gestión de Tecnologías. Además la investigación contribuirá con el estudio de este tipo de inconvenientes que permitirán, en un futuro, ir mejorando las condiciones en que los estudiantes están recibiendo su proceso de formación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.

Este capítulo tiene como objetivo describir ciertos conocimientos y descripciones generales del tema en cuestión, estos conceptos se representarán de forma globalizada y ordenada, para que el lector pueda apropiarse de los conocimientos de forma progresiva, de esta forma se espera tener un mejor impacto para el lector, y que discierna de mejor forma los conceptos relacionados y correlacionados con el sistema de combustible de los motores recíprocos, y puntualizadamente, el sistema que está montado en los motores IO240 que a su vez están montados en los aviones DA20C-1, estas últimas son la nueva aeronave destinada para el entrenamiento de los cadetes de la ESMA.



Figura 1. Avioneta DIAMON DA20C-1

Fuente: (wikipedia, 2015)

La importancia de esta investigación radica en el aprendizaje e identificación de las discrepancias que existen entre motores jet y los motores recíprocos, también es de vital importancia discriminar entre los funcionamientos de estos dos motores, y como punto posterior también se puede nombrar la práctica del aprendizaje por medio de maquetas que permitan observar los componentes del sistema de combustible de los motores IO240.



Figura 2. Motor IO 240.

Fuente: (Continental Motors, 2015)

2.2 Motores recíprocos en general.

Hay dos motores que se utilizan en aviación en la actualidad, estas plantas motrices son utilizadas para la propulsión de la aeronave, estas plantas son el motor recíproco y el motor a reacción jet, el motor de combustión interna encendido por chispa utiliza el principio del embolo recíprocante, su principio mecánico es que un embolo se desplaza dentro de un cilindro a lo largo del mismo en dirección de atrás y adelante, producto de este movimiento se genera un movimiento en un eje motriz a través de un mecanismo de biela manivela.

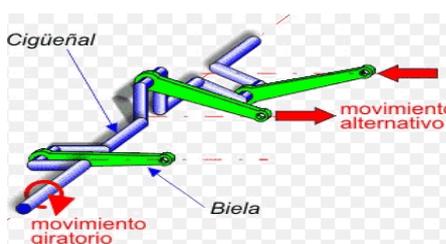


Figura 3. Fundamento del mecanismo de biela.

Fuente: (Debian, 2014)

Es de fundamental importancia recalcar que el motor a pistón aeronáutico, funciona en un ciclo de cuatro tiempos, lo anterior representa que el pistón realiza estas operaciones en un ciclo de funcionamiento, durante un ciclo de operación del motor el cigüeñal realiza dos revoluciones,

y cada válvula realiza una operación, por ende el mecanismo que apertura la válvula de admisión debe hacer una operación para dos giros del cigüeñal, en un motor opuesto o en línea que tiene un solo eje de levas, el eje de levas está orientado al cigüeñal para producir dos revoluciones de este último por una del eje de levas, de esta manera se produce una rotación. La corona del cigüeñal tiene la mitad del número de dientes que tiene la corona del eje de levas, de esta manera se produce una relación de 1:2. En motores radiales que utilizan anillo de levas (camrings) para accionar las válvulas pueden haber 3, 4, ó 5 levas en el anillo, la relación del cigüeñal a la rotación del anillo de levas es de 1:6, 1:8 y 1:10 respectivamente.

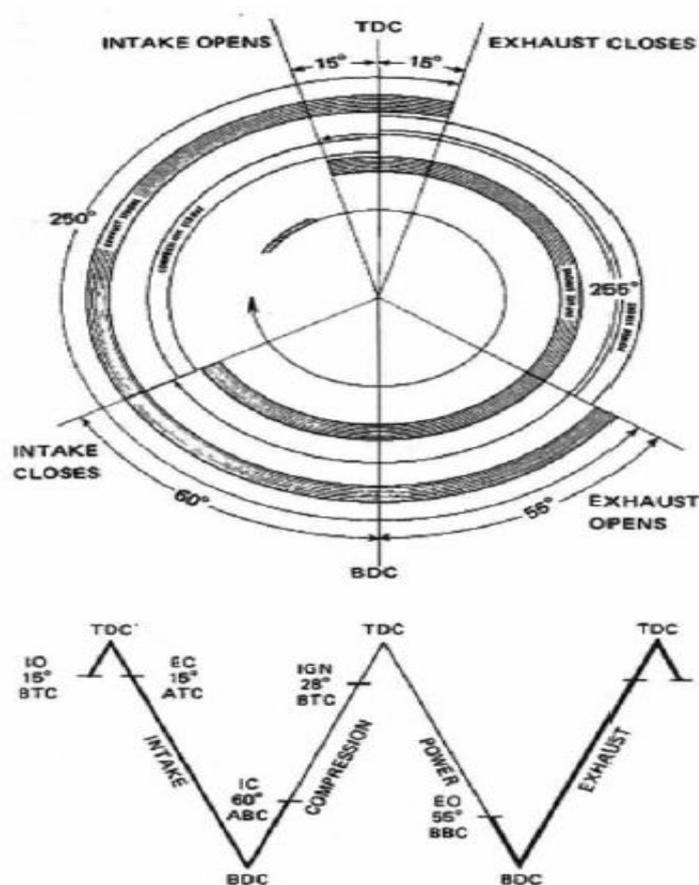


Figura 4. Tiempos del motor en vs posicionamiento de las válvulas de admisión.

Fuente: (Debian, 2014)

- **Orden de ignición.**

Este es el orden en el cual se producen las descargas de energía para realizar el efecto chispa en el motor, El orden de encendido en motores en línea, en V y en motores opuestos es diseñado para solucionar un balance y eliminación al máximo de las agitaciones que ocurren. El orden de encendido es determinado por las posiciones relativas de las muñequillas del cigüeñal y de las posiciones de las levas en este eje.

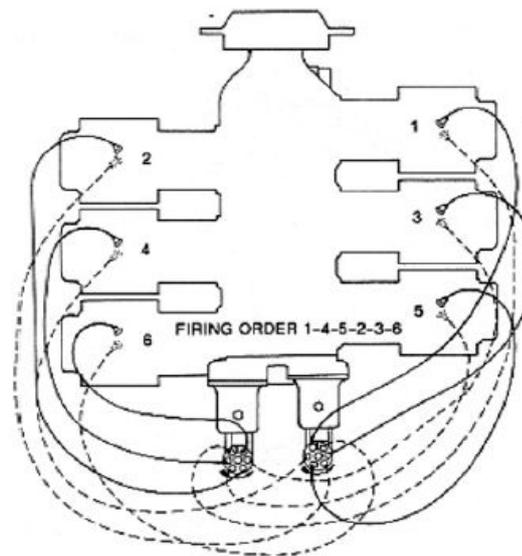


Figura 5. Orden de encendido en los cilindros de un motor reciproco.

Fuente: (Debian, 2014)

- **Calor Liberado por Libra de Aire.**

Cuando el calor liberado es alto, la temperatura y la presión de los productos de la combustión en cada cilindro serán altos también, La magnitud del calor liberado depende del poder calorífico del combustible ($Q_{net,p}$) y de la relación combustible – aire (f), si esta relación es alta la mezcla es llamada rica y la combustión puede no ser completa, si la relación es baja la combustión puede no tomar lugar o no efectuarse. El efecto de la relación combustible – aire se muestra en unas gráficas de Presión Vrs Volumen

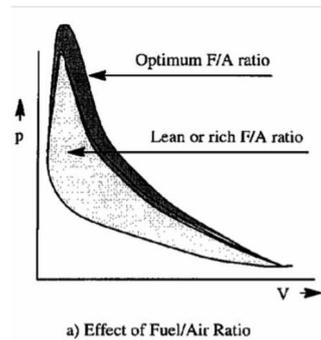


Figura 6. Relación Aire/Combustible.

Fuente: (Debian, 2014)

- **Carga por Carrera.**

La cuantía de aire (masa) encajado en el interior del cilindro controla la cantidad de calor liberado, por una cantidad dada de combustible. La cantidad de aire depende de la presión de entrada, también llamada presión del múltiple de admisión (Manifold Absolute Pressure MAP). La carga por carrera decrece con la altitud debido a los cambios atmosféricos, la carga por carrera puede incrementarse a cualquier altitud utilizando supercargadores, con estos dispositivos el aire es comprimido utilizando una bomba de aire (Compresores) antes de ser admitido dentro de los cilindros. El efecto de supe cargado es mostrado en una figura 7.

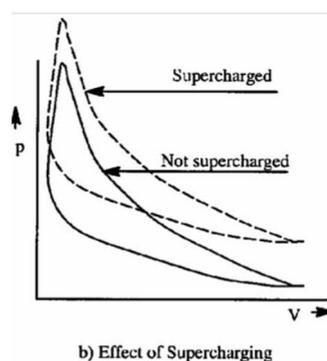


Figura 7. Efecto de súper carga.

Fuente: (Debian, 2014)

- **Máximas RPM permisibles.**

Como se muestra en la ecuación de potencia al freno también llamada potencia al eje incrementando las RPM se incrementará la potencia de empuje. Cada motor tiene un límite tope para las revoluciones por minuto del motor ya que existen limitaciones estructurales del motor y del fuselaje, los valores típicos máximos en rpm para los motores a pistón son de 2200 a 3500 RPM pero estas están sujetas a especificaciones del fabricante.



Figura 8. Indicador de RPM típico de motor recíproco.

Fuente: (Continental Motors, 2011)

- **Efectos de altitud.**

Para una combustión eficiente del combustible dada una mezcla de combustible – aire se requiere una cantidad suficiente de aire. A gran altura la densidad del aire es baja por consiguiente para cualquier paso de combustible fijado la potencia de salida decrecerá con la altitud, esto debe ser notado en que el paso de combustible fijado determinará el nivel de potencia mediante el sistema de control de combustible. Si el paso de combustible es gradualmente abierto a grandes altitudes como tal para mantener la presión de entrada (MAP), más potencia puede ser obtenida porque la reducción en la presión de salida tenderá a incrementar el flujo de aire y de esta manera el empuje.

2.3 Sistemas del motor recíproco.

Los motores recíprocos poseen diversos componentes y sistemas que varían según su fabricantes, estos sistemas, son los encargados de que este tipo de motores puedan realizar sus funciones de forma eficaz y salvaguardando la vida de los que ocupan la aeronave dotada de ese tipo de planta motriz, para esta descripción se identificara los componentes primarios o fundamentales, es decir aquellos que se encuentran presentes en todos los motores recíprocos.

- **Sistema de combustible.**

-

El sistema de combustible es el encargado de proveer el carburante necesario para que el motor realice el trabajo de propulsión de la aeronave, para ello cuenta con componentes dedicados a realizar esta función. La palanca de control de entrega de combustible se encuentra en la cabina del piloto y es el mando de interface por el cual el piloto entrega el combustible al motor.

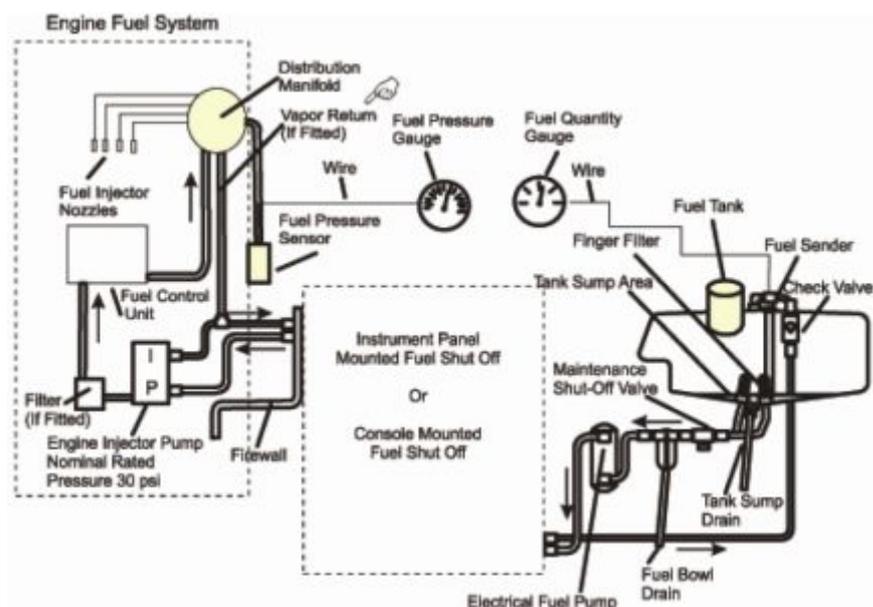


Figura 9. Sistema de combustible del avión DA20C-1.

Fuente: (Continental Motors, 2011)

Además de los componentes descritos en el párrafo anterior también consta con componentes de drenado de agua de los tanques, estos se encuentran en los tanques de combustible conformados por un separador de agua/combustible, su función es separar al carburante del agua puesto que esta reacciona de forma diferente a grandes alturas, para plantear un ejemplo se puede decir que si existiese agua en un tanque de combustible, y esta pudiese pasar a los conductos de combustión, la mezcla incorrecta generaría una perdida potencial en el empuje, o mucho peor si el agua pasara al carburador y la aeronave se encuentra operando a alturas donde el aire casi está muy frío puede causar congelamiento en la tuberías y carburador generando de esa forma un paro total del motor por falta de entrega de carburante, gracias al taponamiento de la cañerías por presencia de agua en las mismas.

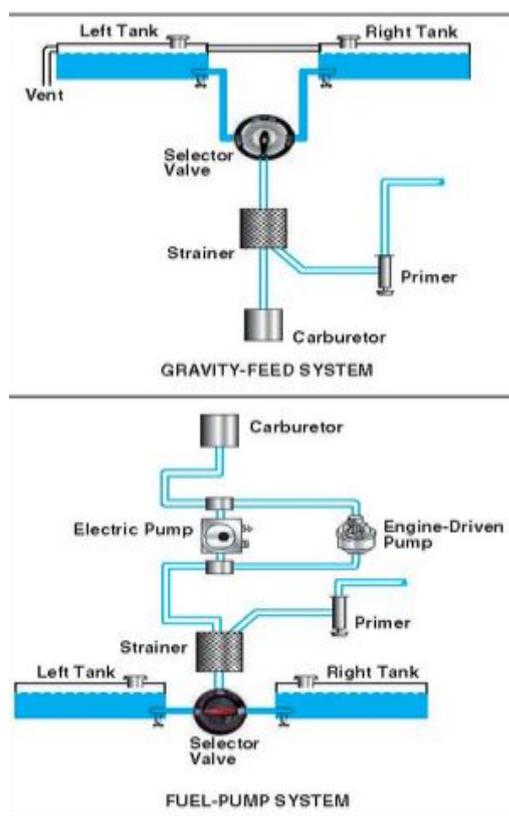


Figura 10. Ubicación de filtros en relación al tanque de combustible.

Fuente: (Debian, 2014)

Los filtros son componentes que tienen la función de “cernir” o filtrar el combustible en micras, esto tiene varias implicaciones en el campo de la aviación, es porque una aeronave a diferencia de un automóvil, no puede pararse en medio de un viaje para revisar un desperfecto por contaminación de carburante, esto le costaría la vida de los ocupantes de la aeronave, en el peor de los casos, y un desgaste excesivo del motor en todos los sentidos. Los filtros suelen estar ubicados a la salida de los tanques de combustible y pueden ser intercambiados a voluntad puesto que tienen vida útil.

- **Sistema de lubricación.**

El sistema de lubricación de un motor recíproco está destinado, como su nombre lo indica, a proveer los medios para lubricar las partes móviles del propulsor que se encuentran en contacto unas con otras, esto se realiza por medio de la inyección de aceite a los componentes físicos que se encuentran en contacto, la forma en que lo hace es a través de una bomba mecánica accionada por el mismo motor, es fundamental describir que las partes metálicas que se encuentran en contacto unas con otras incluso con lubricante producen desperdicios por contacto llamados “limallas” .

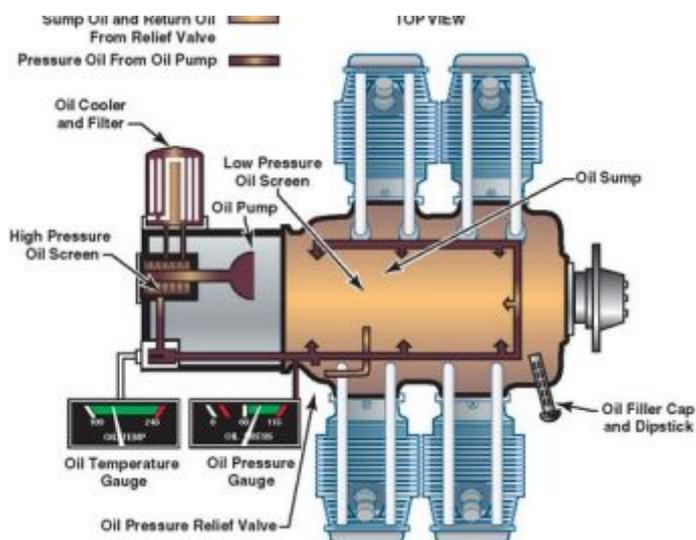


Figura 11. Ubicación de los componentes del sistema de lubricación.

Fuente: (wikipedia, 2015)

Los motores recíprocos utilizan ya sea un cárter húmedo o un sistema de cárter seco. En un sistema de cárter seco, el aceite está contenido en un tanque separado, y circula a través del motor por medio de bombas. En un sistema de cárter húmedo, el aceite se encuentra en un colector de aceite, que es una parte integral del motor.

El componente principal de un sistema de cárter húmedo es la bomba de aceite, que extrae aceite del sumidero y líneas para el motor. Después de que el aceite pasa a través del motor, se devuelve al sumidero. En algunos motores, lubricación adicional es suministrada por el cigüeñal rotativo, que salpica aceite en porciones del motor. Una bomba de aceite también suministra presión de aceite en un sistema de cárter seco, pero la fuente del aceite es un depósito de aceite independiente, situado externo al motor. Después el lubricante se dirige a través del motor, se bombea desde los distintos lugares en el motor de vuelta al depósito de aceite por medio de bombas de barrido. El sistema de cárter seco permite un mayor volumen de aceite que se suministra al motor, lo que los hace más adecuados para motores de pistones muy grandes.



Figura 12. Indicador del sistema de lubricación.

Fuente: (Continental Motors, 2011)

El manómetro de aceite proporciona una indicación directa de la operación del sistema de aceite. Se mide la presión en libras por pulgada cuadrada (psi) del aceite suministrado al motor. El color verde indica el rango de funcionamiento normal, mientras que el rojo indica la presión mínima y máxima. Debe haber una indicación de presión de aceite durante el arranque del motor. Consulte la AFM / POH de las limitaciones del fabricante.

- **Sistema de enfriamiento del motor.**

El aire exterior entra en el compartimiento del motor a través de una entrada detrás del cubo de la hélice. Los deflectores dirigen a las partes más calientes del motor, principalmente los cilindros, que tienen aletas que aumentan el área expuesta a la corriente de aire. El sistema de refrigeración por aire es menos eficaz durante las operaciones en tierra, despegues, go-arounds y otros periodos de alta potencia, operación de baja velocidad. Por el contrario, los descensos de alta velocidad proporcionan el exceso de aire y pueden escandalizar-enfriar el motor, sometiéndolo a las fluctuaciones de temperatura bruscos.

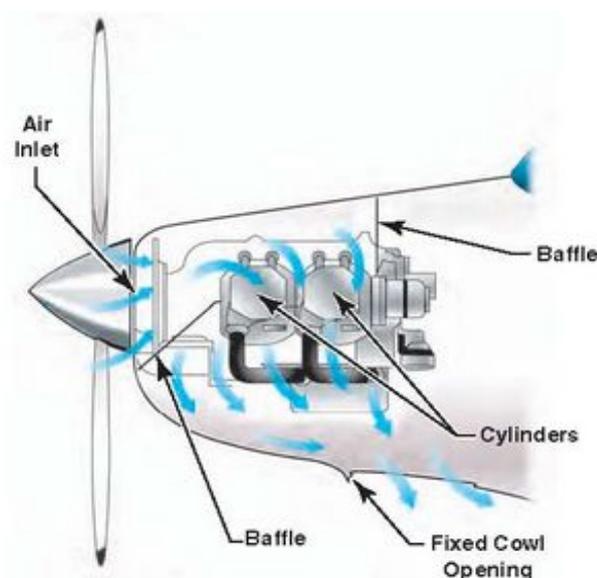


Figura 13. Sistema de enfriamiento por aire impacto.

Fuente: (Debian, 2014)

El funcionamiento del motor a alta que su temperatura diseñado puede causar la pérdida de potencia, consumo excesivo de aceite, y la detonación. También dará lugar a daños graves y duraderos, tales como marcar las paredes del cilindro, dañar los pistones y anillos, y la quema y deformación de las válvulas. El seguimiento de los instrumentos de temperatura del motor de la carlinga ayudará a evitar la alta temperatura de funcionamiento.

En condiciones de funcionamiento normales en aviones que no están equipados con aletas de capucha, la temperatura del motor puede ser controlada cambiando la velocidad del aire o la salida de potencia del motor. Las altas temperaturas del motor pueden reducirse mediante el aumento de la velocidad del aire y/o la reducción de la potencia. El indicador de temperatura del aceite da una indicación indirecta y diferida de aumento de la temperatura del motor, pero puede ser utilizado para determinar la temperatura del motor, si éste es el único medio disponible.

Muchos aviones están equipados con un indicador de temperatura de culata. Este instrumento indica un cambio directo e inmediato la temperatura del cilindro. Este instrumento está calibrado en grados Celsius o Fahrenheit, y es por lo general un código de colores con un arco verde para indicar el rango de operación normal. Una línea roja en el instrumento indica la temperatura máxima permisible de la culata. Para evitar temperaturas excesivas de culata, aumentar la velocidad del aire, enriquecer la mezcla y / o reducir el poder. Cualquiera de estos procedimientos ayuda en la reducción de la temperatura del motor. En los aviones equipados con aletas de capucha, utilice las posiciones de flap capucha para controlar la temperatura. Flaps de refrigeración están articuladas cubiertas que se colocan sobre la abertura por la que se expulsa el aire caliente. Si la temperatura del motor es baja, los flaps de refrigeración pueden ser cerrados, restringiendo así el flujo de aire caliente expulsado y el aumento de temperatura del motor. Si la temperatura del motor es alta, los flaps de refrigeración pueden abrirse para permitir un mayor flujo de aire a través del sistema, disminuyendo así la temperatura del motor.

2.4 Motor IO240B.

La planta motriz de la aeronave DIOMON DA20-C1 es el motor IO240B, el fabricante del mismo es la empresa CONTINENTAL, originalmente diseñado con cuatro cilindros, sistema de inyección de combustible, ubicación de forma horizontal, y enfriado por aire impacto, posee un sistema de control de combustible controlado por la presión atmosférica y un sistema de optimización de vapores para mejorar el rendimiento.

Cuadro 1. Generalidades del motor IO240B.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
FABRICANTE	TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS
DESIGNACIÓN DEL MOTOR	IO-240-B

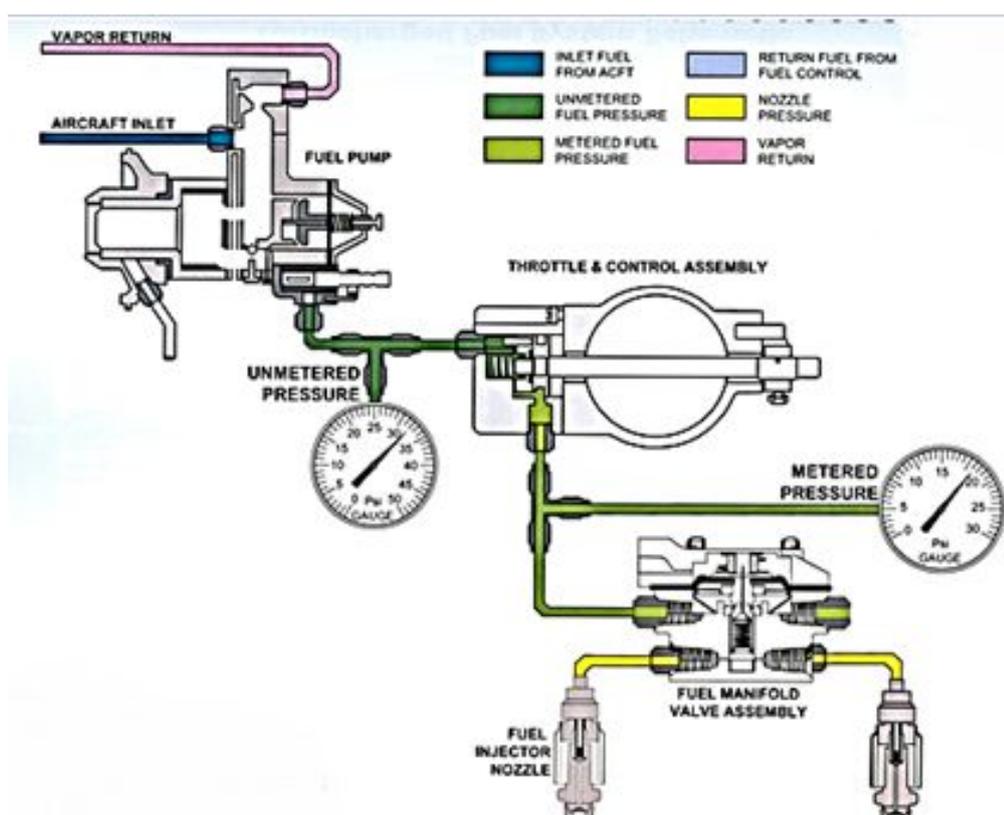
Cuadro 2. Limitaciones del motor IO240B.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Max. T/O Power (5 min.)	125 BHP / 93.2 kW
Max. Permissible T/O RPM	2800 RPM
Max. Continuous Power	125 BHP / 93.2 kW
Max. Permissible Continuous RPM	2800 RPM

Es imperativo recalcar que este tipo de motores cuentan con un historial de seguridad que lo hace muy fiable al momento de ser montado en aeronaves de entrenamiento de la misma manera el gran desplazamiento dinámico que se genera dentro del mismo lo hace merecedor de características específicas para la lubricación.

Cuadro 3. Máxima presión de aceite del motor IO240B

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
MINIO	10 psi (1.5 bar)
MÁXIMO	100 psi (6.9 bar) Ambient temperature below 32°F (0°C), Full power operation oil pressure 70 psi max
OPERACIÓN NORMAL	30 psi (2.1 bar) to 60 psi (4.1 bar)

2.5 Sistema de combustible del avión DIAMOND DA2-C1.**Figura 14. Sistema de inyección de combustible al motor IO240B.**

Fuente: (Continental Motors, 2011)

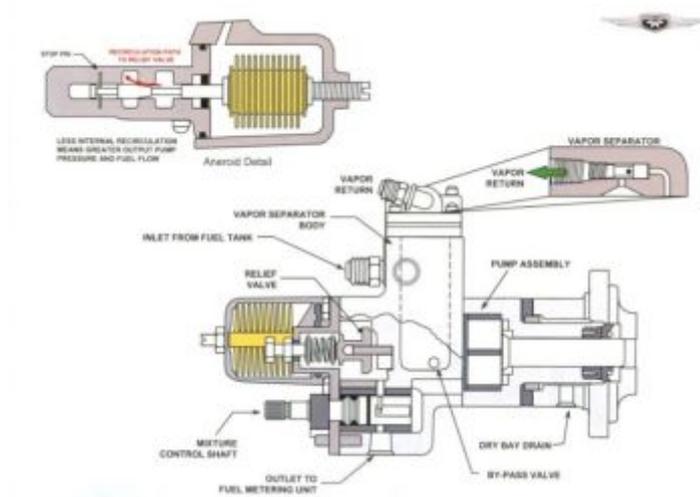


Figura 15. Válvula de combustible de control por aneroide.

Fuente: (Continental Motors, 2011)

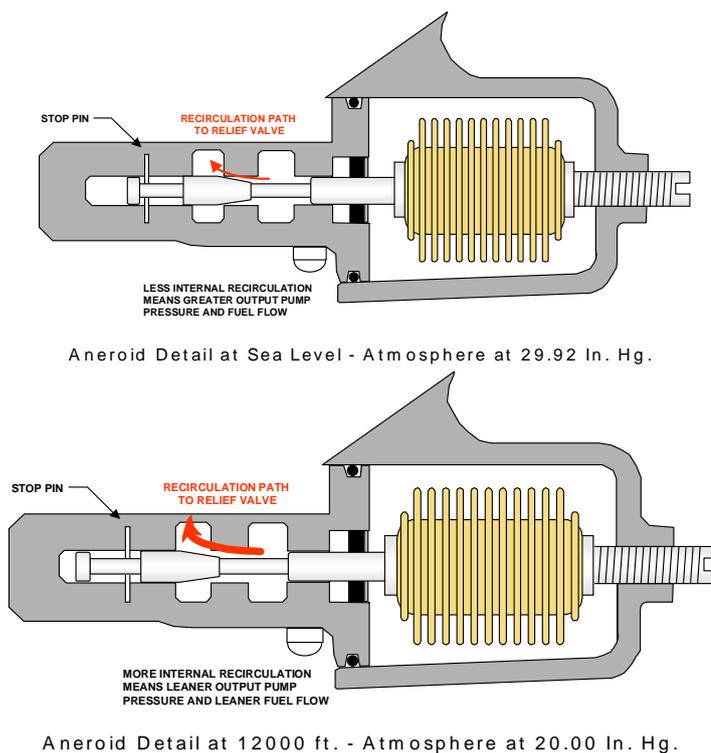


Figura 16. Comportamiento del ensamble aneroide.

Fuente: (Continental Motors, 2011)

2.5.1 Control del orificio calibrado

La característica principal del motor turbo es su capacidad para llenar los cilindros con aire a presión superior a la atmosférica ambiente. Por tanto, si el motor turboalimentado admite, en cada embolada, mayor cantidad de aire, es necesario también que el sistema de combustible introduzca, paralelamente, mayor cantidad de combustible. Si se observa bajo este punto de vista, la idea básica del motor turboalimentado es quemar más gasolina, una vez que hay mayor cantidad de aire en los cilindros.

Recuérdese que el orificio calibrado de derivación, está situado en la línea de derivación de salida de la bomba. El orificio de derivación tiene por objeto ajustar la presión de salida de la bomba. Realmente, para un motor turboalimentado, el orificio calibrado de la línea de derivación del sistema de inyección normal resulta de tamaño excesivo, cuando el turbo entrega aire a muy alta presión de admisión al cilindro. Para aumentar el flujo de gasolina que necesita, el motor turboalimentado es imprescindible cerrar el orificio calibrado, si se compara con el tamaño que tiene el orificio atmosférico normal. Además, la oclusión del orificio debe hacerse de forma proporcional a la presión de admisión, es decir, a la presión de salida del compresor del turbo.

El ajuste del orificio calibrado, en función de la presión de admisión, es el concepto básico de funcionamiento del sistema de inyección, en su aplicación al motor turboalimentado. El control del tamaño del orificio calibrado se efectúa por medio de una cápsula aneroide.

La cápsula aneroide es una unidad sellada, que está constituida por una cápsula metálica en forma de fuelle o acordeón, y en cuyo interior se ha hecho un vacío. El exterior de la cápsula, es decir todo su perímetro, está ventilada al conducto de descarga de salida del compresor del turbo, por tanto, la cápsula está rodeada en todo instante de aire a la presión de descarga del compresor. En realidad, la presión de descarga del compresor es, prácticamente la presión de admisión. El interior de la cápsula tiene una aguja que se desplaza en un sentido o en otro. Siguiendo los movimientos

de contracción o de expansión de la cápsula. Este movimiento de la aguja constituye el cierre o la abertura del orificio calibrado.

El principio de funcionamiento del orificio controlado por aguja de la capsula aneroide es sencillo. A medida que la presión de descarga del compresor del turbo aumenta, la cápsula se contrae, ya que está sometida, en el exterior, a la presión de descarga del compresor. Este movimiento se transmite a la aguja de la capsula que ejecuta el movimiento en el sentido de cierre del orificio. Así, pues, conforme aumenta la presión de admisión, el orificio calibrado se cierra con el objeto de aumentar la presión de salida de la bomba, y con ello el flujo de combustible.

Además es imprescindible tomar en cuenta las siguientes cuestiones:

- Note que la presión de salida de la bomba en el motor turboalimentado depende de la velocidad del motor al igual que en el motor atmosférico y la presión de aire de descargad del compresor.
- Advierta, así misino, que la bomba no compensa los cambios debidos a los efectos de la altitud del vuelo, sino, más bien, los cambios de la presión de salida del compresor. De este modo, el flujo de gasolina al motor es siempre función de la cantidad de aire que se introduce en los cilindros. Así, cuando el piloto avanza rápidamente el mando de gases, en solicitud de mayor potencia del motor, el flujo de gasolina permanece el mismo (sin enriquecer peligrosamente la mezcla) hasta tanto la presión de salida del motor aumentado, y el flujo de aire, más denso llega a los cilindros. De otra forma, como se ha citado, se corre el peligro de enviar más combustible al motor cuando aún no hay suficiente aire para quemarlo.

2.5.2 Inyectores cubiertos.

Los inyectores de combustible para los motores turboalimentados están ventilados a la presión de descarga del compresor del turbo alimentador. En el caso del inyector normal, instalado en un motor atmosférico no

turboalimentado, la presión ambiente que rodea el orificio de aire del inyector.

Sin embargo, en los motores turboalimentados, la presión en el colector de admisión es muy alta. Pues está alimentado por la presión de descarga del compresor. Resulta, entonces, que, si el orificio por el que penetra el aire en el inyector no está ventilado a una presión superior, es decir, si no está comunicado con una zona donde la presión es mayor, se produce una contrapresión que impide el funcionamiento normal del inyector. Habría, en este caso, una tendencia de retroceso del flujo en el inyector, desde la más alta presión en el colector de admisión a la menor del aire que rodea el orificio de entrada de aire del inyector.

2.6 Sistema de inyección de combustible del Continental.

2.6.1 Introducción.

Hay dos sistemas de inyección de gasolina de empleo prácticamente general en motores de aviación; uno de ellos vuela con la marca registrada de la firma Teledyne Continental Motors. Continental es uno de los dos grandes fabricantes de motores de aviación, que dispone, pues, de su propio sistema de inyección de combustible.

Los otros sistemas de inyección pertenecen a la firma Bendix Energy Controls División, y también son muy populares en el mundo de la aviación en general. Otro sistema de empleo más restringido es el sistema Simmond. Los sistemas de inyección de combustible de Continental y de Bendix que son los estudiados aquí, por su amplia difusión, pertenecen al tipo de inyección indirecta y de flujo continuo.

- El término indirecto, cuando se aplica a un sistema de inyección, quiere decir que la descarga de gasolina por los inyectores, se produce en zonas próximas a la entrada de la válvula de admisión; esto es, la gasolina no se introduce directamente en la cámara de combustión de cilindro, sino en la proximidad de la entrada de aire, frente a la válvula de admisión.

- El término continuo, por otra parte, quiere decir que el inyector descarga continuamente una cierta cantidad de gasolina. La descarga se produce, pues, en la proximidad de la válvula de admisión; más tarde se introduce en el cilindro vez que se abre la válvula de admisión y la succión arrastra la gasolina acumulada en la zona de entrada.

Por lo que se refiere al sistema Continental, que se estudia en este capítulo, recuerde que la abertura de la válvula de admisión del cilindro ocasiona el arrastre de la gasolina hacia el interior de la cámara de combustión. Entre tanto, cuando la válvula de admisión está cerrada, la gasolina se acumula en la zona de entrada, hasta que tiene vía libre hacia el interior del cilindro.

Aunque pertenecen a la misma categoría y tipo de sistema, el sistema Continental y el sistema Bendix difieren notablemente en los principios de funcionamiento. El sistema Continental dosifica el combustible en función del número de revoluciones del motor. El sistema Bendix emplea la presión diferencial producida en un Venturi para dosificar la cantidad de gasolina que precisa el motor. Advierta que son dos principios o formas distintas de dosificar la mezcla.

Como se ha puntualizado antes en este capítulo se estudia el sistema de inyección Continental que corresponde a los motores llamados atmosféricos. Se trata del modelo básico del sistema, que puede encontrar ciertas variantes en modelos específicos de motores Continental, como, por ejemplo, el Tiara. Una vez asimilado el modelo básico. No debe presentar dificultad su extensión a otras configuraciones específicas.

Los motores atmosféricos, se diferencian de los motores turboalimentados en aspectos esenciales. Los motores turboalimentados tienen un compresor que aumenta la presión del aire, antes de su entrada en el cilindro. Es una diferencia notable; por esta razón el sistema de inyección para motores turboalimentados presenta ciertas características distintas al que equipa el motor normal. Más adelante, se anotan las diferencias fundamentales.

2.6.2 Componentes del sistema Continental.

El sistema de inyección Continental tiene cuatro unidades fundamentales:

- **Bomba de combustible**

La bomba de combustible es una bomba de paletas de desplazamiento constante. La bomba es conducida por el motor, a través de un piñón de arrastre que recibe el movimiento directamente desde el cárter de engranajes del motor. La función de la bomba es suministrar el flujo de combustible que el motor precisa, en cualquier régimen de funcionamiento.

- **Unidad de control de aire combustible**

La unidad de control aire-combustible tiene una doble función la primera es la de regular la cantidad de aire que entra en el motor, la segunda es la de ajustar la presión del combustible con el fin de obtener una relación de mezcla correcta.

- **Colector distribuidos de combustible**

El colector-distribuidor de combustible es el centro de distribución y de reparto de la gasolina a los cilindros. Su función es la de suministrar la cantidad de gasolina exacta a cada uno de los cilindros, a través de tuberías de acero inoxidable.

- **Inyectores de descarga de combustible**

Los inyectores de descarga de combustible (uno por cilindro) tienen la función de inyectar la gasolina en la lumbrera de entrada, frente a la válvula de admisión del cilindro. La gasolina se transporta, como se ha explicado, por tuberías de acero inoxidable de 1/8 de pulgada de diámetro (3,175 mm), desde el colector de combustible a los inyectores. Los inyectores están montados en la culata de los cilindros.

2.6.3 Bomba de inyección.

La bomba de inyección del sistema Continental es una bomba de paletas giratoria. La bomba es, en realidad, un sistema integrado de bombeo y de

regulación de presión de combustible. Decimos que es un sistema integrado de bombeo y de regulación porque incorpora los órganos controladores necesarios para ajustar la cantidad de gasolina que necesita el motor. Es importante destacar, desde el principio, que el sistema de inyección Continental no emplea Venturi, es decir, no mide la cantidad de gasolina que precisa el motor a través del consumo de aire que pasa por un Venturi.

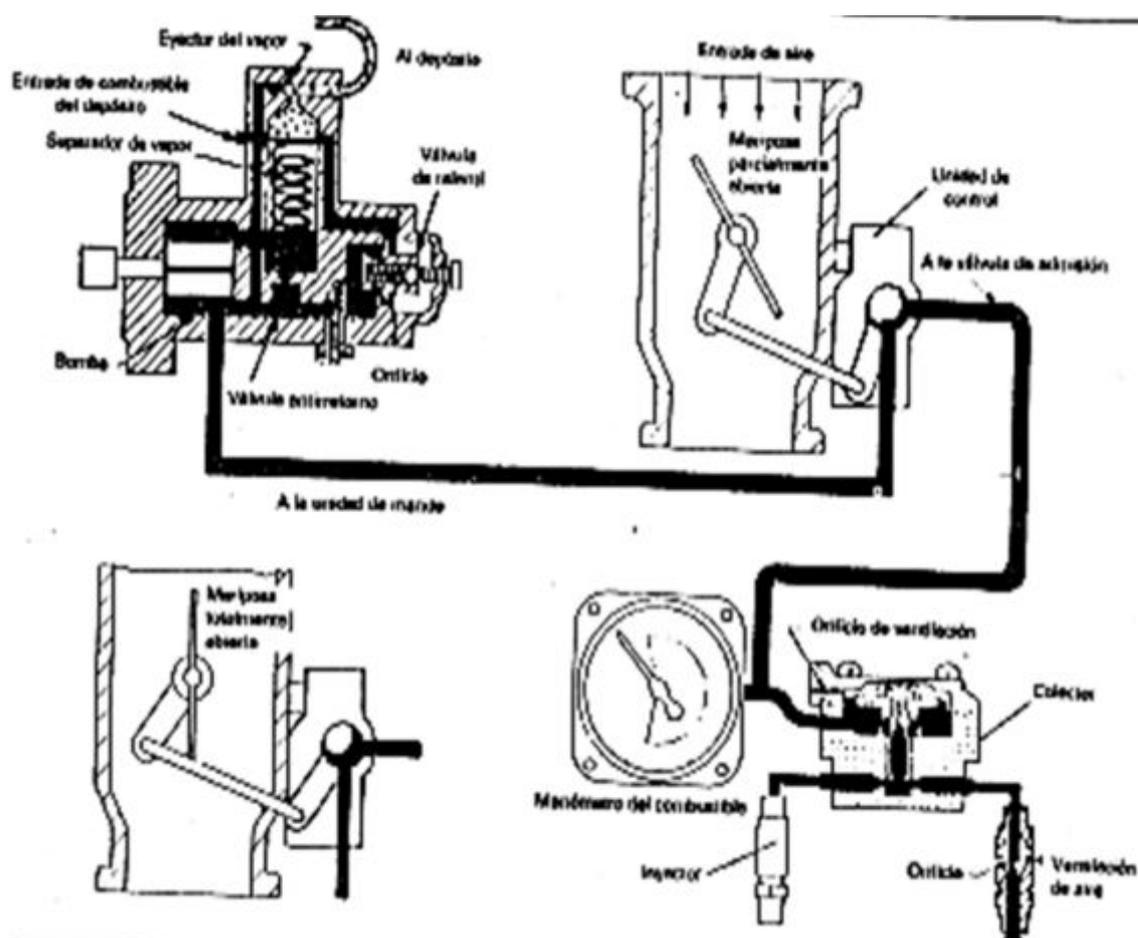


Figura 17.Esquema del ensamble del sistema de Inyección.

Fuente: (Viteri, 2005)

Más bien, el sistema ajusta la gasolina en función de las revoluciones por minuto del motor. La característica citada distingue claramente al sistema

Continental del sistema Bendix, que no es objeto de estudio de este Capítulo.

Como materia de comparación, observe los dos principios de funcionamiento siguientes, que corresponden a los sistemas Continental y Bendix:

- El sistema Continental dosifica la gasolina en el cuerpo de bomba del sistema de inyección, en función de las revoluciones por minuto del motor. Las revoluciones del motor se controlan, como siempre, con el mando de gases del motor.
- El sistema Bendix emplea la presión diferencial que se origina en el Venturi como señal, o patrón de medida, de la gasolina que necesite el motor.

2.6.4 Funcionamiento de la bomba de paletas.

La parte giratoria de la bomba de inyección, consiste en un juego de paletas que están alojadas en una carcasa interior. El pie de cada paleta tiene un empotramiento flotante, que permite su apoyo sobre la pared de un tambor giratorio. La periferia del tambor tiene una serie de ranuras, en las que se empotran flotantes las paletas. Las paletas pueden desplazarse hacia afuera y hacia dentro, siguiendo direcciones: radiales, éste es el sentido de la palabra flotante. El tambor donde se acoplan las paletas es excéntrico en relación a su anillo-carcasa, que sirve de pista interior para el deslizamiento del borde de las paletas. El anillo-carcasa es, pues, la cámara de cierre de la bomba.

Cuando las paletas se ponen en movimiento y empiezan a girar, la fuerza centrífuga despliega las paletas flotantes hacia el exterior, de modo que la paleta se extiende la longitud precisa, hasta que su borde exterior hace tope y se ajusta al contorno del anillo-carcasa de cierre. El anillo actúa de pista de deslizamiento del borde de las paletas, y el ajuste entre este borde y la pista determina la estanqueidad de la bomba. Se verá pronto que la disposición excéntrica del tambor respecto al anillo de cierre, permite la formación de

volúmenes desiguales de desplazamiento de gasolina, a medida que las paletas giran sobre el anillo de cierre.

La variación del volumen de desplazamiento de líquido entre las paletas de la bomba construye el principio de funcionamiento de impulsión de la gasolina a presión. Para comprender la formación de volúmenes de desplazamiento variable dentro de la bomba, se debe examinar la Figura 18, que muestra, de forma esquemática, un tambor con cuatro brazos de paletas. La bomba está señalada en el gráfico con el número dos. Es importante observar que, a medida que el tambor gira en el sentido que indica la flecha, los volúmenes de desplazamiento que se forman entre el tambor, las paletas, y el anillo de cierre, que varía continuamente. Así, en el instante que refleja el dibujo, el volumen de la cámara (A) se llena de gasolina procedente de la línea de alimentación del depósito; la cámara (B), por su parte, está prácticamente repleta de gasolina, e inicia la fase de bombeo. Finalmente, la cámara (C) se encuentra en plena fase de expulsión de gasolina por el conducto de salida.

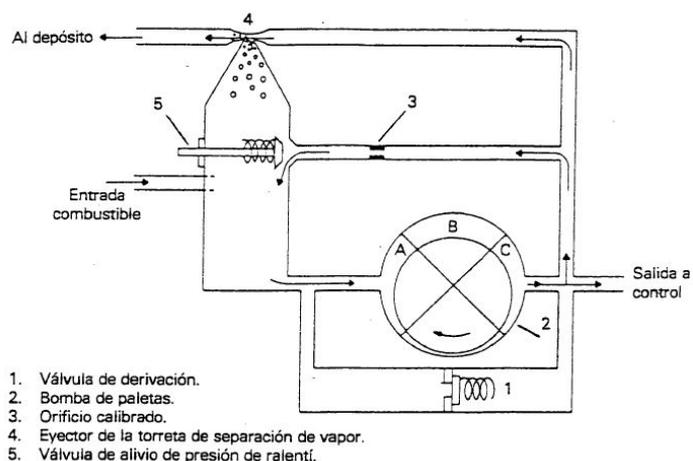


Figura 18. Diagrama de función de la bomba.

Fuente: (Viteri, 2005)

2.6.5 Línea de derivación de la bomba.

Desde el punto de vista constructivo, la bomba de inyección Continental es una bomba de desplazamiento constante. Esto quiere decir, como se sabe, que la bomba suministra una cantidad fija de gasolina por cada revolución. Tenga en cuenta que la bomba está diseñada para suministrar un caudal de gasolina mayor del que necesita el motor. El exceso de gasolina, que no necesita el motor en un instante, determinado, debe desviarse por otro conducto. El circuito que retorna la gasolina al lado de entrada de la bomba se llama línea de derivación de la bomba y es una línea de retorno para la gasolina excedente de salida de la bomba.

2.6.6 Componentes principales de la bomba.

La bomba tiene cuatro órganos fundamentales:

1. El orificio calibrado de derivación.
2. Válvula de alivio de presión de ralentí.
3. Torreta de separación de vapor.
4. Válvula de derivación.

Orificio de calibrado de derivación.

El orificio de derivación tiene por objeto ajustar la presión de salida de la bomba. Para explicar esta función imagine un proceso inverso de pensamiento, según el cual se supone que el orificio de derivación no existe, no está presente en el esquema del circuito de la figura contigua a este cuadro. Así, una vez eliminado el orificio del circuito, se observa qué sucede. En este supuesto, la presión de salida de la bomba es muy baja, ya que por la línea de derivación circula el líquido sin apenas restricción, no hay oposición a su movimiento y así no puede aumentar la presión de forma significativa. De hecho, la única restricción existente es la fricción que tiene que vencer la bomba para hacer circular el líquido por la tubería. Si el líquido

no encuentra oposición importante a su movimiento, a lo largo del circuito, la presión en la línea es pequeña.

Bien, regrese a la situación real, y sitúe el orificio en su posición en el circuito. Al añadir el orificio restrictor en la línea de derivación, resulta que sólo una pequeña cantidad de gasolina puede circular por ella, debido a la pequeña sección de paso del orificio, de tal manera que la presión del líquido a la salida de la bomba aumenta de forma considerable. Note que la bomba mantiene todo el potencial de caudal de suministro; lo que sucede es que el orificio restrictor de la línea de derivación sólo permite el paso de una pequeña cantidad de gasolina por esa línea. Cuanto mayor es la velocidad de rotación de la bomba mayor es la presión de salida, porque la bomba intenta impulsar más cantidad de líquido por un orificio restrictor de área de paso fijo. El sistema Continental emplea esta relación proporcional, entre presión y número de revoluciones de la bomba, para ajustar el flujo de gasolina del motor.

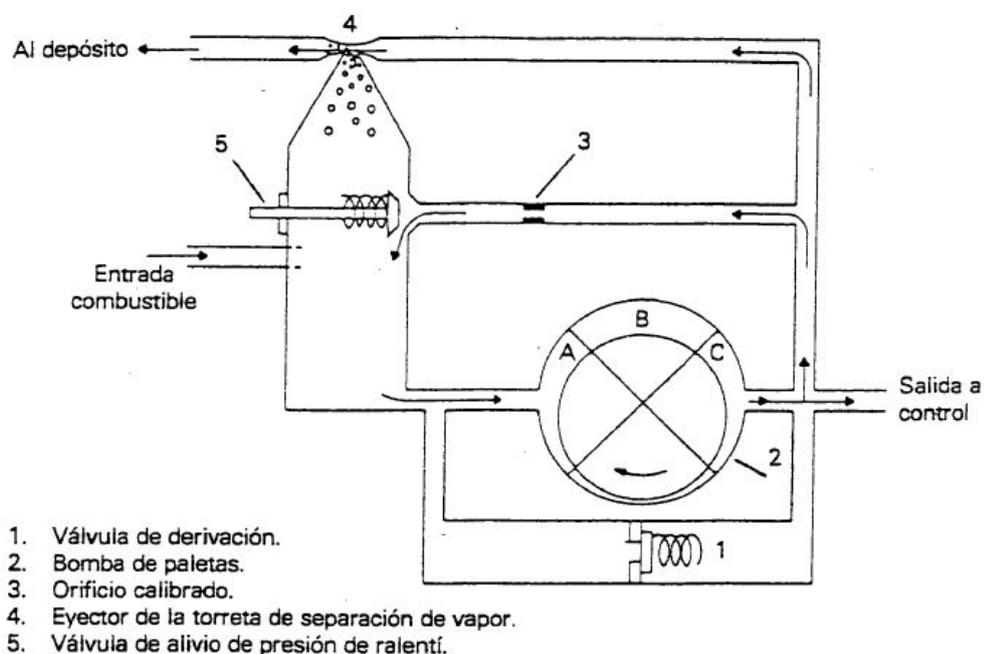


Figura 19. Ensamble de la bomba y componentes.

Fuente: (Viteri, 2005)

Si, por alguna circunstancia, la sección de paso del orificio calibrado disminuye, el caudal de gasolina que suministra la bomba puede superar el límite admisible del motor. En realidad, como veremos más tarde, el flujo máximo está regulado, en este caso, por un orificio situado hacia abajo, el orificio de caudal máximo de gasolina, que actúa de protección del motor en situación extrema.

• **Válvula de alivio de presión de ralentí.**

Cuando se ajusta en el banco de pruebas una bomba de inyección del sistema Continental, se puede observar que sin la presencia de una válvula de alivio de ralentí, el sistema no funcionaría correctamente a bajas revoluciones del motor. En la marcha lenta de ralentí. Es característica, pues, de diseño del sistema, que, a bajas revoluciones del motor, la presión de salida de la bomba es baja e insuficiente para asegurar una marcha uniforme. El sistema Continental resuelve este problema mediante la colocación de una válvula de alivio de presión en el circuito de derivación.

Recuerde que el problema se ha suscitado porque la presión de salida de la bomba, por sí sola, es muy baja en marcha de ralentí. En realidad, en marcha lenta del motor, el orificio calibrado (3) debería tener menor sección de paso, para restringir aún más el paso de gasolina por el circuito de derivación y aumentar proporcionalmente la presión de salida de la bomba. El orificio calibrado cumple su función perfectamente durante la marcha normal del motor, pero no en ralentí. Plantee que no es posible con un solo orificio calibrado, de tamaño determinado, cubrir toda la gama de presión de la bomba, desde bajas a altas revoluciones. Es preciso un mecanismo adicional. El sistema Continental resuelve este problema con la adición de la válvula de alivio de presión de ralentí. En ralentí, el orificio calibrado (3) no interviene en la restricción de paso de la gasolina, porque es la válvula de alivio la que, efectivamente, actúa de restrictor. Esto es así porque, en estas condiciones, la sección de paso de gasolina por la válvula de ralentí es menor que la que ofrece el orificio calibrado (3). Se sabe que en una línea de conducción de fluidos, el orificio de menor tamaño es el que determina la acción carburador en la línea, y en este caso es la válvula de alivio, que está

muy cerrada, y tapando casi en su totalidad la sección del canal de derivación, la que actúa de orificio restrictor.

Desde el punto de vista constructivo, la válvula de alivio de presión de ralentí es una válvula del tipo ajustable. La válvula tiene un resorte cuya tensión se puede ajustar. La tensión del resorte actúa en el sentido de mantener apoyado el cono de cierre de la válvula sobre el orificio de salida de la galería de derivación. La otra fuerza antagonista que actúa sobre el cono, es la fuerza que la presión de la gasolina que ejerce sobre la superficie del cono de cierre de la válvula

Observe, conforme a estas ideas, la gran importancia que tiene el ajuste de la válvula de alivio de presión de ralentí. Si el ajuste de la válvula es demasiado bajo, la bomba es incapaz de suministrar la presión de combustible adecuada para ralentí; la marcha del motor es muy irregular. Por el contrario, si se ajusta la tensión del resorte de la válvula en exceso, la presión de la gasolina es alta y se produce también una marcha irregular, tanto en ralentí como en la parte media de revoluciones del motor, depende esto último del exceso de error cometido durante el ajuste.

• **Torreta separador de vapor.**

La impulsión de la gasolina desde los depósitos del avión, y su circulación por la propia bomba de inyección, produce burbujas y vapores de gasolina que se deben eliminar. Hay dos razones principales para eliminar el vapor en el circuito de alimentación de combustible: en primer lugar porque ocasiona una dosificación errática y errónea, por tanto la de existir un fluido, la gasolina, que está presente en dos fases, vapor y líquido. Además, en segundo lugar, el funcionamiento de la bomba en estas circunstancias es muy desfavorable desde el punto de vista de los esfuerzos a que está sometida- La bomba está diseñada para trabajar con gasolina en forma líquida, pero no con gasolina en fases mixtas, esto es, una parte en estado líquido y otra en fase gaseosa. El funcionamiento de una bomba con fases líquida y gaseosa, a la vez, tiene un carácter muy destructivo para su integridad mecánica.

La torreta de separación de vapor es el conjunto (4) de la Figura 20, el combustible que llega procedente de la línea de alimentación del depósito se hace pasar por una galería que tiene la forma de un circuito helicoidal, con numerosas curvas donde procura la separación del vapor de la gasolina debido a la centrifugación del líquido. El vapor separado del líquido por centrifugación, asciende hacia el techo de la torreta donde hay un eyector.

El eyector es un mecanismo que funciona según los principios de la aerodinámica, y es muy parecido al tubo de Venturi. El eyector se emplea como bomba de succión en la torreta de separación de vapor. El principio de funcionamiento es el siguiente, un chorro de gasolina, a la presión de la bomba, se hace pasar continuamente por el eyector. El eyector, al igual que el Venturi, tiene un estrechamiento de la sección de paso, de manera que el fluido que circula por él eyector, adquiere una gran velocidad en dicha sección de área mínima. La velocidad del chorro de gasolina que pasa por el eyector aumenta, pues, en la sección estrecha. Y, Por tanto, la presión estática disminuye. La disminución de la presión es físicamente una succión, que aspira la cámara interna de la torreta, a través de un orificio. La aspiración arrastra los vapores de gasolina, que circulan posteriormente junto con el chorro de gasolina que retorna al depósito.

• **Válvula de inyección.**

El último componente de la bomba de inyección es la válvula de derivación. Observe la posición de la válvula (1) en la Figura 20, la válvula es, técnicamente, una válvula anti retorno; por tanto la bola de la válvula mantiene una posición de cierre, ayudada por un resorte que la mantiene sobre su asiento.

La válvula anti retorno de derivación permite el empleo de una bomba auxiliar durante la fase de arranque del motor. En estas condiciones, el piloto conecta la bomba eléctrica auxiliar que envía una cierta cantidad de gasolina para el arranque del motor. Puesto que la bomba de paletas está parada, o con pocas revoluciones en este momento, la presión de salida que comunica es nula, o muy baja. En estas condiciones, la presión de gasolina de la bomba eléctrica llega a la válvula de derivación y vence la acción del resorte

antagonista. En este momento, a través de la línea inferior se establece el flujo de gasolina para la puesta en marcha del motor.

Una vez que el motor se pone en marcha, la presión de salida de la bomba de paletas refuerza la acción del resorte y cierra de nuevo la línea de derivación. Esto sucederá cuando la presión de salida de la bomba inyectora es mayor que la presión de la bomba eléctrica auxiliar. En este momento el piloto puede desconectar el interruptor de la bomba eléctrica. En la mayor parte de los aviones, la bomba auxiliar, tiene dos velocidades: una, la más lenta, se emplea como fuente de presión de apoyo en ciertas operaciones o actuaciones del avión, que señalan los Manuales técnicos, o simplemente para eliminar el vapor de gasolina en épocas de alta temperatura. La segunda velocidad, la más alta; se emplea en la puesta en marcha y en condiciones de emergencia.

2.6.7 Diagrama de flujo.

La Figura 20, muestra el diagrama de flujo de la gasolina en el sistema Continental. El diagrama se llama diagrama de flujo porque, con este nombre, se quiere representar el esquema del sentido de circulación del combustible en el interior del sistema. El diagrama de flujo de los componentes del sistema estudiado hasta ahora corresponde con la parte superior izquierda de la Figura 20, la gasolina procede del depósito del avión (1), y es impulsada por la bomba reforzadora.

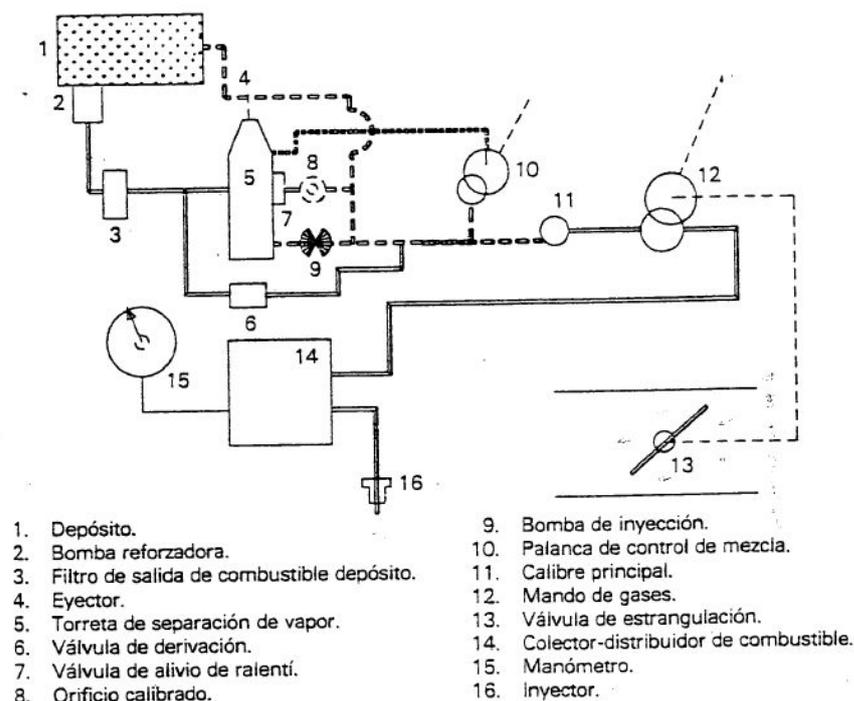


Figura 20. Distribución del sistema de inyección de combustible.

Fuente: (Viteri, 2005)

La bomba reforzadora se conoce con nombres diversos en aviación. Puesto que, normalmente, es una bomba que está sumergida en el propio depósito de combustible, muchas veces se denomina bomba sumergida. También, en las pequeñas aeronaves, se llama bomba auxiliar. Posiblemente, el término más empleado proviene de su expresión inglesa, y se dice simplemente BUSTER o, en cualquier caso, la bomba reforzadora tiene la función principal que es enviar la presión de la gasolina hasta el valor suficiente para que no se formen vapores de combustible en las líneas de alimentación de combustible.

La gasolina que impulsa la bomba reforzadora pasa por el filtro general de combustible de entrada de la aeronave (3). Observe, de acuerdo con las explicaciones anteriores, que la gasolina tiene tres posibles circuitos.

El primero si la válvula de derivación (6) está abierta, la gasolina, a la presión de la bomba auxiliar, pasa al circuito general. La válvula de derivación (anti retorno) permite el empleo de una bomba auxiliar durante la

fase de arranque del motor. Note que el circuito general del sistema se inicia a partir de la válvula (10), que es la palanca de control de mezcla. La palanca de control de mezcla se controla desde la cabina de mando.

Observe el detalle siguiente, a partir de la posición que ocupa la palanca de control de mezcla, el circuito sigue directamente hacia los inyectores de los cilindros tras pasar por una serie de válvulas.

Si la presión de la bomba de inyección (9) es suficiente, una vez puesto el motor en marcha, la válvula de derivación (6) se cierra, y el sistema es alimentado por la bomba de paletas. Esta es situación normal de funcionamiento, salvo en marchas lentas.

2.6.8 Unidad de control de aire combustible.

Se ha estudiado hasta ahora el grupo de bombeo y de regulación de presión de combustible del sistema Continental. El grupo que corresponde a la pared superior izquierda del diagrama de flujo de la Figura 20. Concretamente el numerado desde (1) al (9). También se observó, que la unidad de control aire-combustible ejerce una doble función, Regular la cantidad de aire que entra en el motor, y también ajustar la presión del combustible con el fin de obtener la relación de mezcla correcta.

La unidad de control aire combustible se compone de tres elementos, estos son, válvula de estrangulación del aire que corresponde a la válvula señalada con el número (13), válvula de control de mezcla, conocida normalmente con el nombre de palanca de control de mezcla, señalada con el número (10). Y válvula medidora de combustible, o mando de gases del motor, señalada con el número (12).

•Válvula de estrangulación de aire.

La válvula de estrangulación y la válvula medidora de combustible, que conocemos corrientemente como válvula de mariposa y mando de gases, respectivamente, son dos mecanismos que están mecánicamente acopladas; ambos se mueven mediante la misma palanca, desde la cabina de mando, la conexión con línea de trazos de la Figura 20. Entre estos dos

elementos refleja el enlace mecánico de ambas válvulas. El movimiento de las dos válvulas es armónico, de manera que cuando aumenta el consumo de aire del motor y se abre la válvula de estrangulación (13) aumenta también el flujo de combustible en la válvula medidora. Por esta razón, el flujo de combustible es proporcional al régimen del motor. Así pues, flujo de aire y flujo de combustible siguen la misma ley de variación. El conjunto está situado sobre el conducto de admisión de aire.

•Válvula de control de mezcla

Podría pensarse que la gasolina, cuando sale de la bomba de inyección (9) pasa directamente a la válvula medidora (válvula del mando de gases), para que, en función de la sección de paso que tiene esta válvula, establecer el flujo denominable definitivo hacia el motor; pero no es así. Antes de pasar a la válvula medidora, la gasolina debe pasar por la válvula de control de mezcla, esto es, debe pasar por el orificio de paso controlado por la palanca de mando de mezcla del motor. De hecho, en la enumeración de los componentes del sistema.

La válvula de control de mezcla se mueve desde la cabina de mando a través de la palanca de mezcla. La válvula tiene dos funciones diferenciadas, Función moduladora. Es la capacidad que tiene la válvula para modificar el flujo de gasolina que pasa a la válvula medidora. Esta función se ejerce en cualquier posición de la palanca de mezcla, siempre que no sea la de Idle-cut off y la función interruptora. Es la capacidad de la válvula para detener el paso de gasolina hacia la válvula medidora. Esta función se obtiene cuando la palanca de control de mezcla se situada en la posición Idle-cut off.

Desde el punto de vista constructivo, la válvula de control de mezcla es una válvula de leva giratoria. La válvula actúa en el nudo central de confluencia de tres ramales de la línea de combustible, uno de los ramales conduce a la varilla medidora, otro a la línea de retorno a la entrada de la bomba de inyección, y el último ramal es la línea de alimentación de gasolina procedente de la bomba. De este modo, la válvula de leva, según su posición, permite múltiples posibilidades de comunicación entre los tres ramales. Plantéese algunas posiciones características. Si la leva de la

válvula de mezcla cierra totalmente el paso de gasolina hacia la varilla medidora, el motor se para; Se corta el suministro de gasolina hacia los inyectores de los cilindros. La gasolina que llega a la válvula retorna a la línea de entrada de la bomba, ya que son los únicos remales que están comunicados en esta situación. Note que esta es la posición de Idle-cut off.

La posición totalmente opuesta a la anterior es cuando la leva cierra el paso de retorno, y deja comunicadas la línea de alimentación de la bomba con la línea que conduce a la válvula medidora. En este caso, prácticamente toda la gasolina que llega procedente de la bomba pasa a la varilla medidora, aunque hay un chorro que se desvía al eyector, para aspirar los vapores de gasolina de la torreta de separación de vapor, y el que se desliza por el orificio calibrado. Por lo que se refiere a la válvula de control de mezcla no hay oposición, que se oponga al paso de gasolina. Se dice en este caso que el factor de modulación es nulo. Es la posición FULL RICH o posición totalmente rica.

La válvula de leva puede adoptar múltiples posiciones parciales, intermedias a las descritas, en el sentido que comunica en mayor o menor medida a cada uno de los tres ramales. En función de estas posiciones se establecen mayores o menores restricciones al flujo de gasolina hacia la válvula medidora y hacia los inyectores de los cilindros.

- **Válvula medidora de combustible.**

La válvula medidora de combustible está situada hacia abajo de la válvula de control de mezcla. En el diagrama de flujo de la Figura 20. Está señalada con el número (12), la válvula como se ha expresado antes, está conectada mecánicamente con la válvula de mariposa de estrangulación de aire, de manera que ambas se mueven de forma proporcional. Cuando se despliega la palanca de gases del motor, las posiciones que cada una de las válvulas adoptan en sus líneas respectivas son proporcionales. Así, el flujo de gasolina que pasa por la válvula medidora es proporcional al régimen del motor, salvo que lo impida o modifique la válvula de mezcla. La variación proporcional proviene, pues, de la relación que existe entre el gasto de aire en válvula de estrangulación y el régimen del motor.

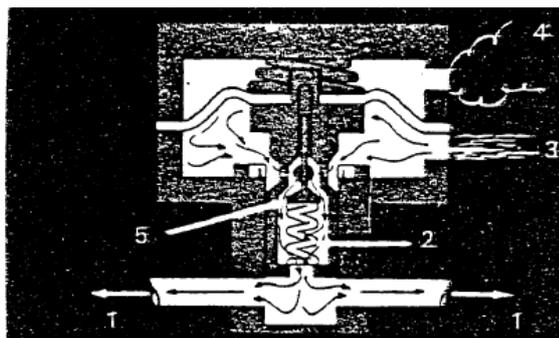
La válvula medidora, al igual que la válvula de control de mezcla, es una válvula de leva giratoria. La diferencia funcional entre una y otra reside en el hecho de que la primera, la válvula medidora, actúa sólo en dos ramales, uno que conduce hacia la salida (que lleva gasolina a los inyectores de los cilindros), y otro es el ramal que conecta con la línea de salida procedente de la válvula de mezcla. Es, entonces, una válvula de una vía.

La actuación de la válvula medidora es muy similar a La válvula de mezcla. Así, por ejemplo, cuando la palanca del mando de gases se coloca en la posición de plenos gases, con el mando totalmente hacia adelante, la leva de la válvula está en otra posición que conecta los dos ramales, sin ejercer obstrucción alguna al paso de gasolina. Toda la gasolina que proviene de la válvula de mezcla pasa, sin más, hacia la salida. Ahora bien, si la palanca del mando de gases se coloca en posición intermedia, la válvula adopta también una posición intermedia de restricción sobre el flujo de gasolina que envía la bomba. El exceso de presión de gasolina que se produce hacia arriba aumenta el flujo de derivación por la conexión de retorno que conduce de nuevo a la entrada de la bomba.

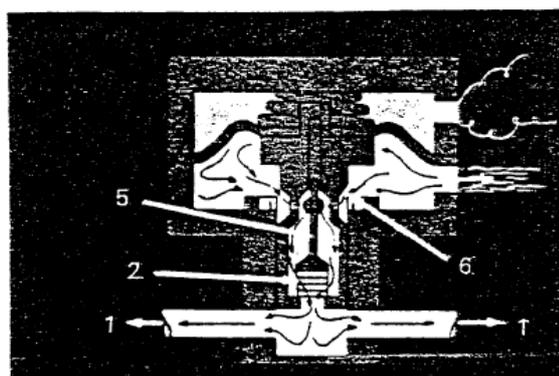
El sistema incluye un calibre de flujo máximo de gasolina (11). Este orificio determina la máxima cantidad de gasolina que puede pasar a los inyectores bajo las condiciones de gases a tope, y palanca de mezcla en posición rica.

2.6.9 Colector distribuidor de combustible.

Una vez que la gasolina abandona la válvula de la palanca del mando de gases, se dirige hacia el colector-distribuidor de combustible. El colector de combustible cumple dos funciones, distribuir la gasolina dosificada, procedente de la válvula medidora, a cada uno de los cilindros. La distribución es equivalente, es decir, cada cilindro recibe la misma cantidad de gasolina, la segunda es contribuir a la parada rápida y efectiva del motor, cortando el paso de combustible a los inyectores.



MOTOR EN RALENTI



MOTOR A PLENOS GASES

- | | |
|--|--|
| 1. Salida de combustible a los inyectores. | 4. Orificio de ventilación a la atmósfera. |
| 2. Resorte de cierre. | 5. Válvula de tulipa. |
| 3. Entrada de gasolina. | 6. Válvula de corte. |

Figura 22. Comparación del motor a pleno gas y ralentí.

Fuente: (Viteri, 2005)

• Válvula de corte y tulipa

Además de la membrana con su resorte, el colector distribuidor tiene dos pequeñas válvula en su interior, la primera la válvula de corte de gasolina y la válvula de tulipa. La válvula de corte de gasolina es la encargada de cerrar el paso de gasolina hacia los inyectores, para conseguir la parada del motor lo más rápidamente posible. Note que el colector es un componente que está muy próximo a los cilindros, es, en realidad, uno de los puntos del circuito de gasolina más cercano al cilindro. Por tanto es una zona ideal para cortar el paso de gasolina del modo más rápido posible. Todo el combustible que circula hacia los inyectores debe pasar por los orificios de esta válvula, en cualquier condición de funcionamiento del motor.

La válvula de tulipa abre lo suficiente para dar vía libre al paso de gasolina hacia los inyectores. La válvula de tulipa está a continuación de la válvula de corte, según el curso de movimiento de la gasolina hacia los cilindros. Para comprender las funciones de la válvula del colector es necesario estudiar con detalle el esquema de la Figura 22.

La válvula de corte de gasolina está representada con el número (6) en la ilustración inferior. La válvula está unida, por su cabeza, a la membrana flexible del colector, y sigue sus movimientos cuando la presión del combustible desplaza a la membrana separadora de las cámaras. Cuando no hay presión de gasolina en la línea de entrada, el resorte de cabeza. Empuja la membrana hacia abajo, y en la misma dirección se mueve la válvula de corte, hasta que se apoya en su borde de asiento y corta el paso de gasolina. La válvula tiene una junta elástica para realizar mejor esta función, y prevenir la fuga del líquido. Así, pues, en esta posición de cierre, no hay paso de gasolina hacia los inyectores, y el motor se para. Recuerde que la parada se consigue poniendo la palanca de mezcla en la posición Idle-cut off.

El caso contrario es cuando la presión de gasolina es suficiente. En este caso, la presión del combustible empuja la membrana hacia arriba y descubre, completa o parcialmente, según los casos, los orificios de circulación de líquido de la válvula. La válvula de tulipa consta de tres elementos, el vástago, tulipa propiamente dicha, y el resorte de cierre. El vástago de la válvula está construido de manera que se puede deslizar arriba y abajo, solicitado por dos fuerzas distintas. La primera corresponde al resorte de cierre, que se apoya en la cabeza de la tulipa, y tiende a desplazarla hacia arriba, según la posición del dibujo. Este movimiento, en la situación de desplazamiento límite, provoca la obturación de los orificios de paso de gasolina, la segunda fuerza se desarrolla si hay suficiente presión de combustible; es la fuerza que la presión de combustible ejerce sobre la tulipa, y que tiende a desplazarla hacia abajo, venciendo la fuerza del resorte antagonista que se apoya en su cabeza. Observe esta última posición en el gráfico anterior al que se refiere todo el párrafo. La tulipa será

completamente abajo comprimiendo el resorte, de tal manera que no hay restricción al flujo de gasolina que proviene de la cámara de combustible, vía la válvula de corte. La válvula de corte cumple muy bien las funciones de corte en la alimentación del combustible, o bien la que corresponde a gases completos, que son posiciones extremas de consumo de combustible. Sin embargo, no actúa de forma adecuada en posiciones intermedias.

Conviene recordar en este momento que la gasolina está ya dosificada (porque proviene de la Unidad de Control). Se quiere indicar con ello que todos los orificios de paso de gasolina, hacia abajo de la Unidad de Control, no deben ejercer acción restrictora sobre el líquido, porque de otra forma se falsea la regulación de combustible que se ha hecho en la Unidad de Control. Si se sitúa el orificio de paso de menor tamaño al final de una línea hidráulica, resulta que este orificio es el dominante en el circuito, a los efectos de marcar el caudal de líquido que circula. Por eso se ha dicho que la válvula de corte funciona muy bien a plenos gases (se encuentra en posición completamente abierta), y en parada de motor (está completamente cerrada), pero cuando se solicita una posición de ralentí, por ejemplo, resulta que su sección de paso es tan pequeña que puede ser restrictora en el circuito. Es muy difícil cubrir todo el campo de caudal que precisa el motor sólo con la válvula de corte. La válvula de tulipa sirve de apoyo en esta función.

El problema se resuelve de la forma siguiente, con el motor en funcionamiento, la válvula de corte esta siempre abierta, a tope, y es la válvula de tulipa la que se abre lo justo para que pase la gasolina procedente de la válvula de corte. Si pasa mucha gasolina por la válvula de corte, la válvula de tulipa se abre más. Si pasa poca, la válvula de tulipa se cierra lo necesario. Pero siempre, en funcionamiento, la válvula de tulipa no se abre hasta tanto que la válvula de corte se ha extendido completamente. Así, en la posición de ralentí la válvula de tulipa está abierta lo justo para que circule la gasolina dosificada hacia la llegada de colector de combustible. En el grafico precedente, que corresponde a plenos gases del motor, La válvula de tulipa está casi abierta para pasar la gasolina que corresponde a este

régimen de funcionamiento. En ambos casos, la válvula de corte está completamente abierta.

- **Ventilación del colector.**

Se ha dicho que la cámara superior del colector está ventilada a la atmósfera. Por el orificio de ventilación que expulsa el aire que desplaza la membrana cuando se mueve arriba y abajo. Es la ventilación atmosférica de la cámara neumática del colector.

Si el orificio de ventilación está sucio, o tiene alguna obstrucción, la cámara superior no respira bien, es decir, tiende a retrasar el desplazamiento de la membrana hacia arriba, porque el aire que ocupa es expulsado con dificultad por el orificio de ventilación a la atmósfera. Una situación de obstrucción del orificio de ventilación es muy probable que provoque un flujo de combustible incorrecto al motor.

Se debe comprobar que el orificio de venación no está orientado, bajo ninguna circunstancia, en la dirección de la corriente de aire de refrigeración del motor. La corriente de aire que se emplea para refrigerar el motor tiene una velocidad apreciable, y, en consecuencia, ejerce una presión dinámica sobre el orificio de ventilación, si éste se enfrenta con la corriente de aire. Una situación de este tipo produce el aumento de la presión interna en la cámara superior del colector. El problema es el mismo que se ha comentado antes, cualquier fuerza adicional que se produce en la cámara neumática de aire del colector tiende a dificultar el ascenso de la membrana, y por tanto afecta a la posición de abertura de los orificios de paso de gasolina.

- **Calefacción del colector.**

Ciertos tipos de colectores del sistema de inyección Continental tienen calefacción. Son colectores que pertenecen a los modelos de motores Continental más avanzados, que vuelan a gran altura (por ejemplo el motor GTSIO-52GI). La función de la calefacción del colector es impedir la formación de cristales de hielo en el combustible, debido a la baja temperatura exterior. Esta solución se aplica en aviones de altas prestaciones. Es una medida de seguridad en vuelo muy importante.

El colector con calefacción es similar al colector normal, pero es más largo, para acomodar el circuito de calefacción. El circuito de calefacción consiste en una galería, situada en la base del colector, por la que circula una pequeña cantidad de aceite al motor, dicho fluido es el aceite del circuito de lubricación. El circuito tiene un orificio restrictor cuya función es ralentizar la velocidad de paso del aceite por esa zona, con el fin de conseguir la transmisión de la mayor cantidad de calor posible, El efecto calefactor se produce Por cesión de calor desde el aceite caliente del motor al colector de combustible. El calor que transmite el aceite a la base del colector es capaz de fundir los posibles cristales de hielo presentes en el combustible. De este modo se impide la cristalización del combustible, proceso que llega a interrumpir la alimentación de gasolina a los inyectores. El aceite que se emplea para estos fines retorna al cárter del motor.

2.6.10 Inyectores.

Los inyectores tienen la función de descargar el combustible en la puerta de entrada de la válvula de admisión de cada cilindro. Con anterioridad, en el propio cuerpo del inyector, el combustible se mezcla con una cierta cantidad de aire con el fin de dividirlo en gotitas muy pequeñas de gasolina, listas para una rápida vaporización. La figura 21, muestra una sección típica del inyector. Los inyectores están situados en la culata del cilindro. El flujo de combustible sale del colector distribuidor y se reparte por las tuberías que conducen a los cilindros

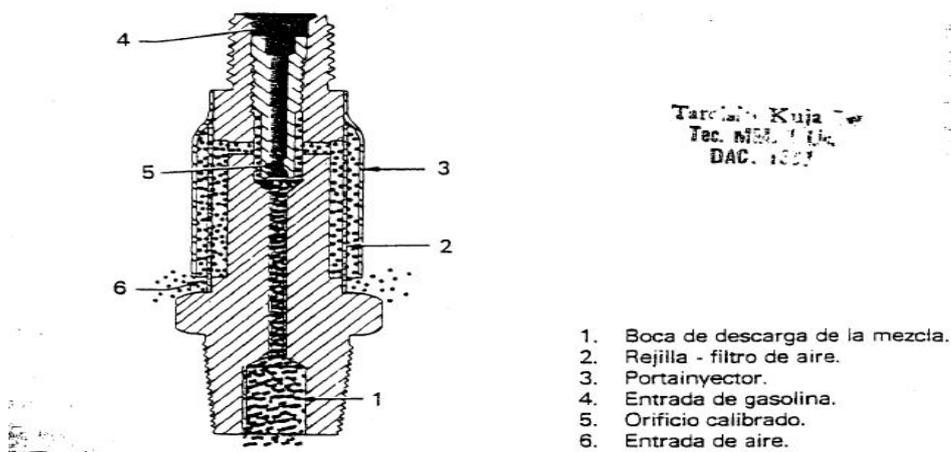


Figura 23. Corte del inyector.

Fuente: (Viteri, 2005)

El combustible pasa en primer lugar por el orificio calibrado del inyector. Alrededor del cuerpo del inyector hay unos orificios radiales que permiten la entrada de aire, y que éste se mezcle con la gasolina formando una emulsión que ayuda, posteriormente a la vaporización completa y rápida de la gasolina. El porta inyector tiene una rejilla cilíndrica que actúa de filtro; la rejilla impide que las impurezas del aire puedan pasar al interior del inyector. La rejilla está protegida con una caperuza de chapa, encajada a presión, que no debe desmontarse. Los inyectores son propensos a recoger suciedad, que afecta las condiciones de servicio. Por eso hay que seguir los procedimientos de limpieza que señalan los manuales de servicio.

Los inyectores se limpian por inmersión en acetona, u otro disolvente autorizado, y después se soplan con aire a presión. El soplado se debe efectuar en la dirección contraria a la que sigue normalmente el flujo de gasolina. Si tiene la oportunidad de consultar los manuales técnicos verá que, prohíben el empleo de hilos metálicos para limpiar los orificios calibrados de los inyectores, si es que en dicha zona quedan restos de suciedad. Sencillamente, si persiste la suciedad después de limpiar el inyector por los métodos citados, el inyector debe sustituirse. Los hilos

metálicos pueden destruir el calibre de los orificios de los inyectores. Los inyectores se instalan por conjuntos, en cada motor, y deben ser sustituidos por otros de idéntica letra y tipo.

Hay diversos tamaños básicos de inyectores, que correspondían a flujos distintos de gasolina, para una misma presión de inyección. Debe consultar el manual técnico para comprobar el tipo de inyector que corresponde a un motor determinado. Tenga en cuenta que, aunque todos los inyectores cumplen la misma función, difieren, o pueden diferir, tanto en flujo (que se identifica por un tipo de letra), como en dimensiones, para adaptarse a cada motor en particular.

2.6.11 Factores de operación.

En este apartado se va a estudiar, como ejemplo de aplicación, algunos factores de operación de la operación del motor de aspiración normal con sistema de inyección Continental.

•Puesta en marcha.

La puesta en marcha del motor admite dos posibilidades:

1. Puesta en marcha con motor frio

La puesta en marcha con el motor frio se oprime, refiere, en lo que al motor, debe avanzar la palanca de gases un poco; la palanca de control de mezcla en la posición Full-rich (mezcla-rica), colocar el interruptor de la bomba eléctrica auxiliar en la posición de conectado, y esperar a tener lectura de aguja en el indicador de flujo de combustible. La expresión lectura de aguja, paso de gasolina por el sistema, significa que hay el sistema (la aguja del instrumento empieza a marcar). En este momento se conecta la puesta en marcha eléctrica y el motor, debe o ponerse en funcionamiento cuando el motor arranca, la bomba eléctrica auxiliar se desconecta, porque la bomba del motor proporciona ya un flujo adecuado de gasolina.

2 Puesta en marcha con motor caliente

La puesta en marcha con el motor caliente es distinta, y aquí el operador no advenido puede encontrar ciertas dificultades. De acuerdo con teoría anterior, que cuando el motor está caliente cabe la posibilidad que parte de la gasolina se encuentre en estado de vapor, en las líneas del circuito de alimentación de combustible. Ahora bien, el sistema de inyección, para dosificar el combustible que necesita el motor, mide cantidades de gasolina líquida en ningún caso en forma de vapor. Por tanto, si hay vapores de gasolina en las líneas alimentación, es posible que la mezcla se dosifique en las proporciones adecuadas que requiere la combustión.

El procedimiento de puesta en marcha con el motor caliente, y con desconocimiento de este problema, puede la inundación dar lugar a diversos problemas operativos, que oscilan desde la inundación del motor de gasolina hasta el polo opuesto, esto es, escasez de gasolina la línea. La idea que hay que recordar, es que para arrancar un motor caliente hay que asegurarse de que no hay gasolina en forma de vapor en la línea.

Lo primero que hay que hacer es colocar el mando de mezcla en la posición de Idle-cut off. Recuerde que cuando usted pone la palanca de mezcla en la posición de Idle-cut off, todo el combustible que circula se deriva hacia el depósito, de tal manera que la bomba eléctrica auxiliar se puede poner en funcionamiento (posición altas revoluciones, si tiene más de una velocidad). La bomba envía un chorro de gasolina que limpia las líneas de vapor. Para limpiar de vapor la parte del circuito que va desde la válvula de control de mezcla hasta el inyector, se abre completamente el mando de gases. En quince segundos o así esta operación debe de dar el resultado apetecido. La puesta en marcha del motor es señal de que las líneas se han llenado completamente de gasolina en estado líquido.

- **Lectura del manómetro.**

Una gran parte de los aviones equipados con motores atmosféricos de inyección cuentan con un instrumento muy útil, que es el manómetro de combustible (indicador de presión de combustible). El manómetro de combustible está íntimamente relacionado con el principio de funcionamiento de la válvula de control de mezcla.

Recuerde que la válvula de control de mezcla, ejerce una función moduladora de la válvula medidora, es decir, mediante la palanca de control de mezcla se tiene capacidad para modificar el flujo de gasolina que pasa al motor. Esta función se ejerce en cualquier posición de la palanca de mezcla, distinta a Idle-cut off. La función moduladora, como se sabe, se produce por el drenaje de presión de combustible hacia el circuito de retorno. Entonces, de acuerdo con este argumento, resulta que la relación de mezcla que se suministra al motor depende de la presión de combustible detrás de la unidad de control. Si, en esta parte de la línea, se coloca un manómetro, para medir la presión del combustible, resulta que la lectura de presión es proporcional al caudal de combustible. De esta forma, el instrumento se puede emplear para ajustar la potencia del motor.

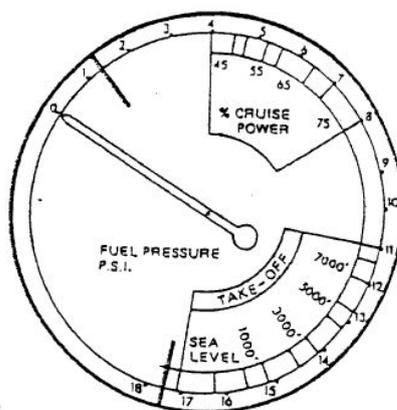


Figura 24. Manómetro medidor de presión de FUEL.

Fuente: (Viteri, 2005)

Cuando se trata del ajuste de potencia de vuelo de crucero hay que moverse en la banda inferior del indicador; la bandeja muestra datos de la potencia de crucero. Supóngase que desea volar al 75% de potencia

crucero. Con el mando de control de mezcla sitúa el indicador en la posición más alta de la banda que corresponde al 75%. Este ajuste es el máximo que corresponde a este régimen de potencia pero no es el más económico; es la potencia óptima. El régimen más económico se obtiene moviendo la palanca hasta que la aguja se sitúa en la línea inferior correspondiente a la banda del 75% estas dos líneas no cabe duda que hay infinidad de posibilidades de ajuste de potencia.

CAPÍTULO III

DESARROLLO

3.1 Preliminares.

Es de vital importancia informar al lector las características que va a adoptar la maqueta didáctica que se espera ensamblar en esta investigación, lo primero es entender el concepto de la palabra maqueta.

“La palabra se refiere a un modelo o bosquejo material, fabricado en cartón, plástico, madera, metal, etcétera, tridimensional, a escala, donde se reproduce en forma reducida un objeto, que puede ser una escultura, pintura, casa, una ciudad, algún lugar determinado como un museo, un parque de diversiones, un teatro, automóviles, aviones (aeromodelismo) trenes, etcétera. Sirve para visualizar más detalladamente el objeto, antes o después de ser construido. Puede incluso ser móvil, y estar adicionada con luces.” (Desconceptos, 2015)

Además es importante que al ser didáctica tiene que cumplir con la condición de que tiene que ser capaz de servir de soporte didáctico en la impartición de cátedra acerca del sistema de inyección de combustible del motor referendo en esta investigación. Además esta búsqueda será lo más concisa posible pues es importante no confundir con elementos que no son parte del sistema, se pone en conocimiento que la maqueta estará basada a la imagen referida a continuación.

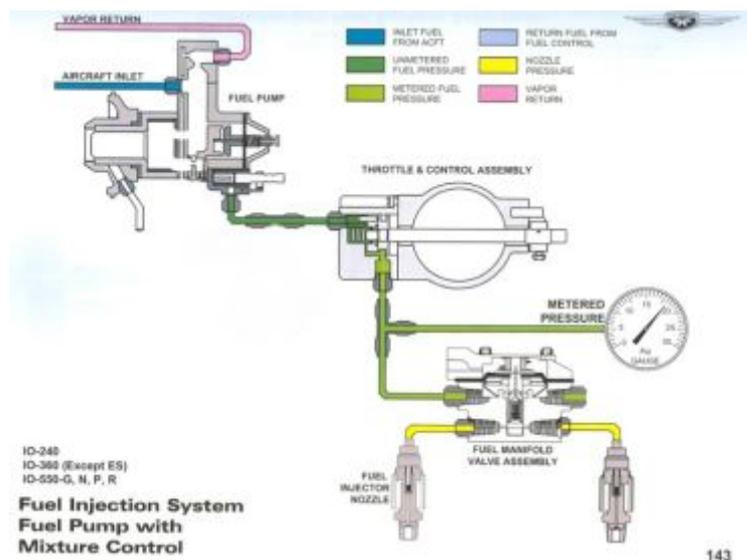
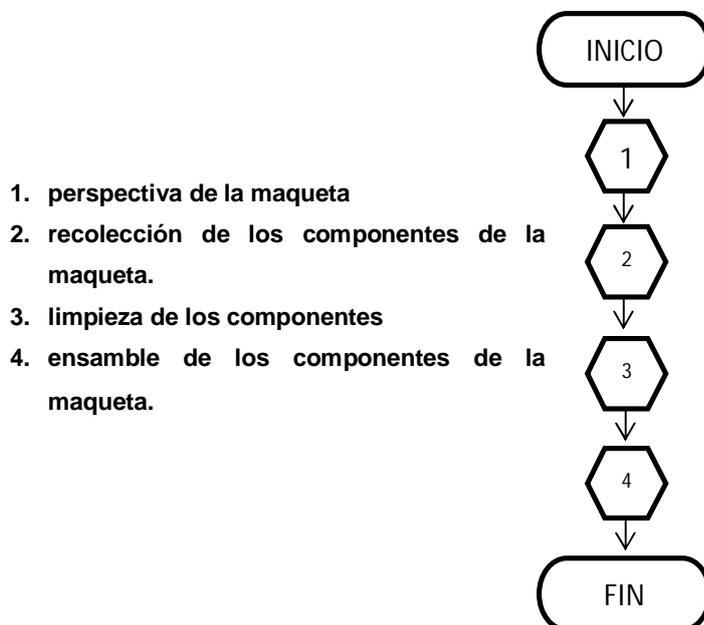


Figura 25. Sistema de combustible del motor IO240 B

Fuente. (Continental Motors, 2011)

Para garantizar el desarrollo ordenado y el éxito de la construcción de la maqueta, es necesario realizar un conjunto ordenado de tareas que se deben realizar antes de dar por finalizado el diseño.



3.2 Diseño.

Esta fase programada es la que permitió observar una perspectiva de cómo podría ensamblarse o plantearse la configuración física de la maqueta, para ello se realizara visualizaciones del motor IO240B, para identificar los componentes y si es posible reproducirlos en una plataforma digital, para que con ello se observen los componentes y o por lo menos una representación digital de su dimensión y forma.

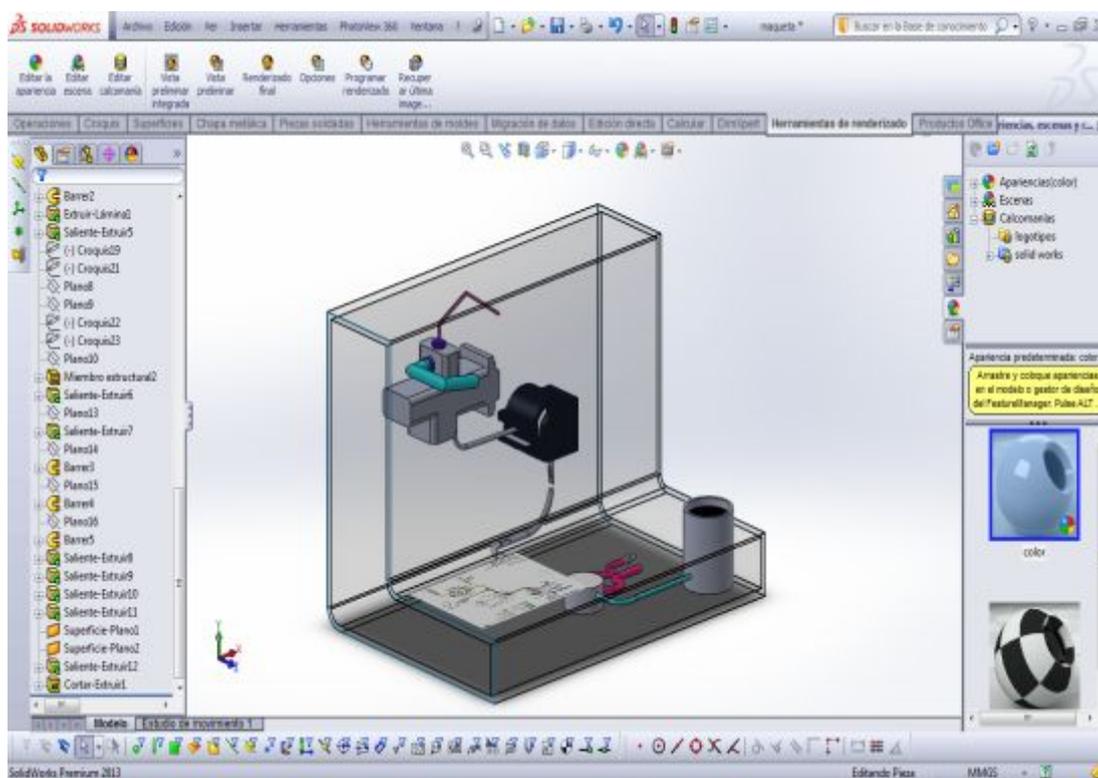


Figura 26. Esbozo del diseño de la maqueta

Para ello se utilizó un software tipo CAD de fácil acceso y de uso simple, además de ello se tiene al alcance ciertos elementos, como el múltiple, la bomba, el ensamble de control de aceleración, el regulador de combustible, y pocos tramos de cañería, de ellos se extraerá sus dimensiones, y se plasmaran en el diseño.

Además como se muestra en el esbozo general, se espera que la maqueta muestre características principales del sistema como son las líneas de transporte de combustible, y como estas están acopladas a casa

alojamiento específico tanto en la bomba como en los demás componentes, que conforman el mencionado sistema.

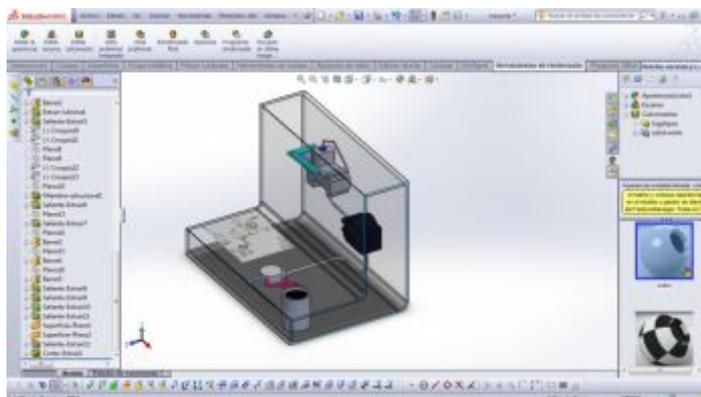


Figura 27. Sistema de combustible del motor IO240 B

3.2.1 Bosquejo del diseño.

Para generar el bosquejo del diseño fue necesario, realizar una medición de los componentes que se tenían a la mano, esto fue de gran dificultad pues la aeronave que monta este equipo es nueva en la región, esto hace que la adquisición de material sea escasa o más bien imposible, pues se trata de equipo de operación militar en vigencia, haciéndolo más complicado aún tener acceso a estos equipos.

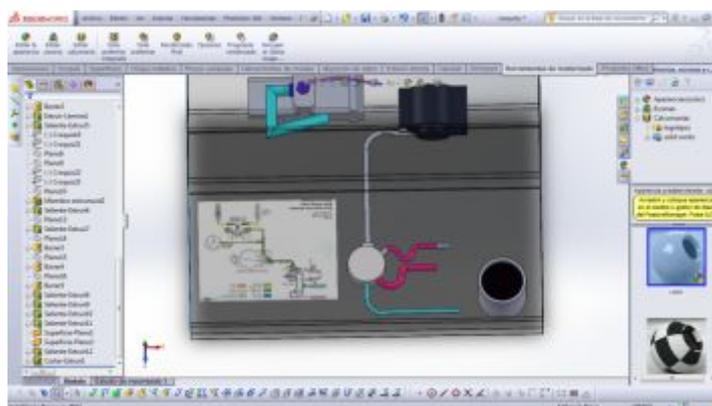


Figura 28. Vista maqueta con diagrama.

Eso se realizó por dos razones, la primera como se explicó en el párrafo anterior la complejidad para estar al alcance con todos los elementos que conforman el sistema era muy escasa, y esto tenía que remediarse de alguna forma, la solución fue que como se realizaron los diseños de los componentes de acuerdo a su volumen real, si en algún caso no se pudiese obtener los elementos, estos estarían diseñados y a un simple proceso de imprimirlos en esta nueva e innovadora tecnología que cada día se abre más camino en la práctica del diseño, como es la impresión en 3D.

La segunda razón por la que el diseño era imprescindible era determinar el tamaño del soporte y como este iba a estar ubicado con respecto a los elementos que conforman la maqueta, este después de ser diseñado permitió calcular la cantidad de material que se requiera para desarrollar la manufactura del alojamiento, protección y soporte de los elementos de la maqueta.

3.3 Construcción.

Como se puntualizó en las líneas anteriores el cuerpo de la maqueta está dispuesto dentro de una caja de acrílico, la presente está dispuesta para la protección y portación del conjunto de partes que lo conforman. En ella se colocó el gráfico que conforma la guía y disposición de componentes, esto con el fin de facilitar la ubicación física además de reafirmar su forma verdadera con respecto al dibujo.

Parte esencial de la construcción fue la obtención de las líneas que conformarían las conexiones entre los elementos principales del sistema de inyección de combustible del motor IO240B.



Figura 29. Líneas de combustible.

Estas líneas fueron expuestas a un lavado, primero se constató que estuviesen en el mejor estado posible, y posterior a ello se realizó un lavado a presión con agua y jabón desengrasante, este también tiene la característica de eliminar en gran mayoría los residuos de elementos pesados como el plomo, todo este trabajo se realizó en pos de eliminar la posibilidad de contaminación por plomo, siendo uno de los riesgos más graves al momento de manejar este tipo de elementos que están tan ligados al combustible.



Figura 30. Ensamble de las líneas a la bomba.

A la bomba se le identificaron las respectivas líneas de entrada y salida del combustible y otros diversos vapores que actúan en ella, no es de olvidar que esta bomba tiene una particularidad y es la de que tiene interacción a la entrega de combustible de acuerdo a la altura a la que está operando el motor, esto con el objetivo de mejorar el rendimiento a través de la válvula aneroide que se encuentra dentro de la misma, y que entra aire a través del orificio de medición.

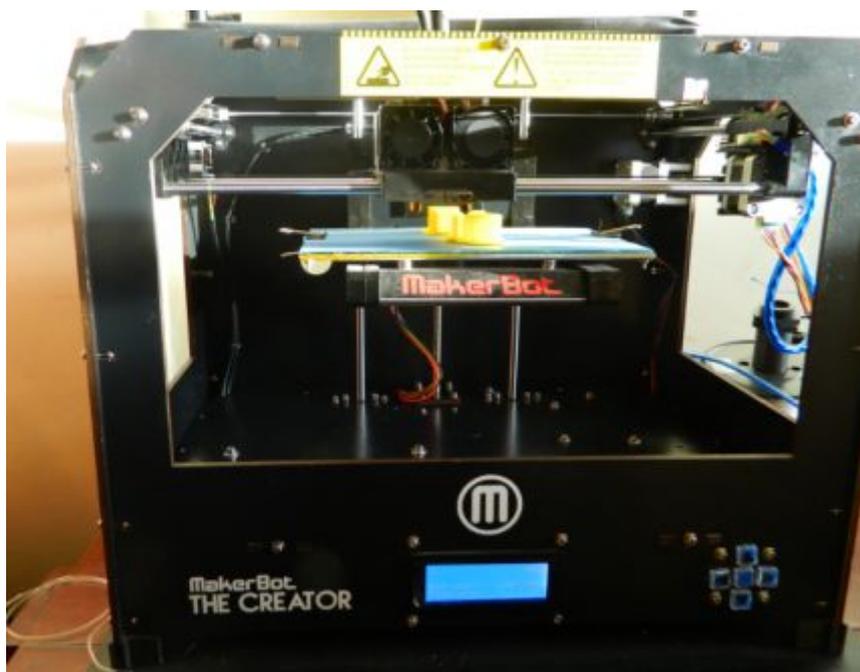


Figura 31. Impresión de maquina 3D

Como se había mencionado antes, esta investigación corría la posibilidad de que ciertos elementos del ensamble del sistema de entrega de combustible no se puedan conseguir, aquí acudió a la ayuda el respaldo del diseño, esto permitido que se pueda transferir a un formato tipo litográfico las cuales se cargaron el software makerbor, y se alquiló un proveedor de servicio de impresión para la realización de los componentes como el ensamble del THROTTLE y los INYECTORES, que pese a que no son reales cumplen con la función de indicar su posición, y donde se encuentra con respecto a otros elementos del sistema de entrega de combustible.



Figura 32. Resultado de la impresión del THROTTLE ASSEMBLY

El ensamble de la maqueta debe estar en un recipiente mismo que se diseñó de forma transparente para que se pueda ver a través de ella y al mismo tiempo, evitar que los individuos que estén cerca de ella toquen los elementos del que está formado, el corte está realizado de forma artesanal con una cuchilla que está modificada para poseer una uñeta, además de movimientos repetitivos de desgaste en el material.



Figura 33. Corte del acrílico de forma artesanal.

El acrílico fue moldeado con una pistola de calor que permito realizar el dobles que forma la L del diseño, y pegado con silicona, luego se dejó enfriar para que adquiriera dureza, con respecto a las otras partes y como se ajustaron a la maqueta, se tuvo en cuenta su forma y dimensión, así como la ubicación en la esquematización gráfica, las cañerías fueron limpiadas y flexionadas hasta ajustarse al modelo de la caja de contención.



Figura 34. Previsión del ensamble de la maqueta.

Posterior al pulimento de los elementos reales, y a la obtención de los elementos que faltaban, a través de la impresión 3D se realizó el proceso de selección de las líneas su corte u acople en el elemento como la bomba o el múltiple, está labor se hizo siguiendo los diagramas que se encontraron o los que se tenía de los manuales de mantenimiento u otros, dicho trabajo se realizó porque la bomba tenía un gran peso y fue necesario ubicarla en su posición a través de un soporte tipo biga en ángulo de gran resistencia que este directamente agarrada a la estructura de acrílico, por ese motivo era necesario pre ensamblar el equipo pues se necesitaba ubicarlo en un lugar específico, y las líneas no se debían interferir.

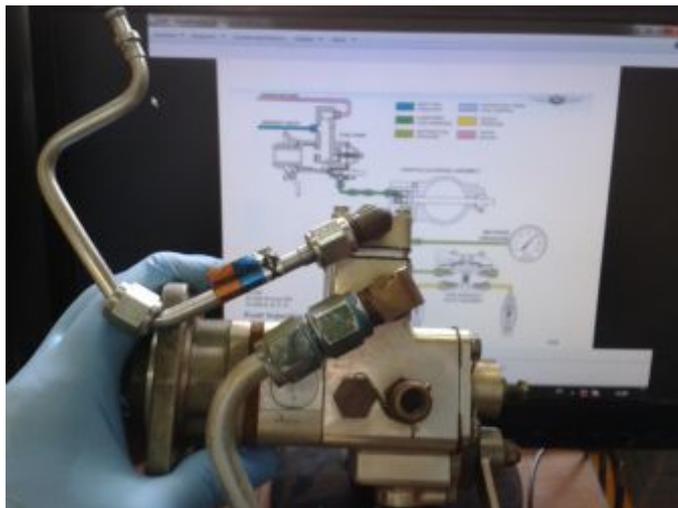


Figura 35. Uso de guantes para evitar contaminación de plomo.



Figura 36. Inserción del múltiple al ensamble.

De la misma forma se fue acoplando el resto de elementos y líneas, como por ejemplo al múltiple, el cual debía tener un acople para poderse sostener en la posición y que este no afecte la estabilidad del ensamble, de este elemento se direccionó la línea de presión de combustible, misma que va direccionada al GAUGE de lectura de presión, es de relevancia informar que este equipo cumple solo las funciones de mostrar la ubicación del mencionado elemento, y su función esta descrita por el directivo que se encuentra en el soporte transparente.



Figura 37. Previsión del uso del instrumento de presión.

El proceso de ensamble tuvo que ser equivalente al que se realiza en la aeronave con los componentes, es decir se utilizó la herramienta adecuada para la conexión de los FEETINGS, se manejó un elemento llamado taquímetro para dar el ajuste, además de una llave de 3/8", y una 5/16", la utilización de estas herramientas fue con el objetivo de ajustar los acoples de líneas de forma simétrica, si se toma en cuenta la fuerza.



Figura 38. Ensamble de los inyectores impresos en 3D

3.4 Acople en el contenedor.

El acople al contenedor fue a través de soportes de metal que se acoplaron a la estructura de acrílico, en la fase final se dio color a las líneas de combustible, para dar énfasis en las características especiales de cada línea y hacia dónde va direccionada su función dentro del sistema de entrega de combustible.

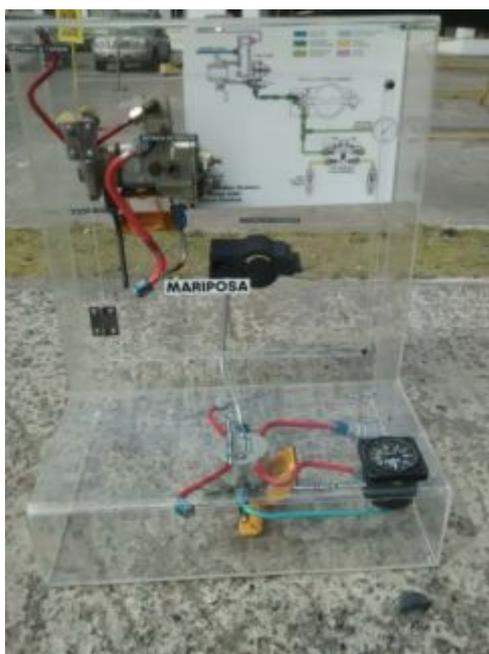


Figura 39. Maqueta finalizada.

3.5 Pruebas.

Las pruebas en toda incursión son los parámetros que se espera que cumplan determinado elemento o conjunto de elementos, en este caso se plantea la creación, diseño y construcción de una maqueta didáctica de los componentes del sistema de inyección de combustible del motor IO240B, como su nombre lo indica debe mostrar de forma visual el número de componentes conformantes por el sistema, a más de su posición relativa, que no es más que su ubicación con respecto a otro componente del sistema, debe ser fácil de entender e identificada, esa serán los planteamientos que se espera puntualizar en el siguiente cuadro, tomando en cuenta que como no es un elemento que sea controlado, ni manipulado,

ni realiza ninguna otra acción que no tenga que ver con la de mostrar los equipos que conforman el sistema de combustible del motor referido en esta investigación, se sobre entiende que no tendrá pruebas operativas sino más bien se demostrara la maqueta para cumplir con los objetivos.

Cuadro 4. Prueba de lineamientos

Prueba de lineamientos		
Parámetro a medir	Cumple	No cumple
Componentes del sistema de inyección	✓	
Co relación de posición entre componentes	✓	
Identificación de los elementos	✓	

Cuadro 5. Valores

Producto	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Bomba Continental de accionamiento aneroide	1	1800	1800
Múltiple de inyección de combustible	1	700	700
Líneas de combustible	6	3	18
Pintura en lata	4	3.2	12.8
Indicador de medición de presión de FUEL (COND)	1	40	40
Alquiler de la impresora 3D x minuto	1005	0.15	150.75
Acrilex de 4 mm	1	60	60
Fabricación del contenedor	1	70	70
Insumos de construcción	1	100	100
Impresiones normales	300	0.03	9
Transporte	1	200	200



Discos de corte	4	25	100
Recursos de investigación y oficina	1	200	200
		total	3460.55

3.6 Análisis económico.

Como se observa en el cuadro 3.2, se detallan los valores de compra de productos utilizados para crear la maqueta en cuestión, es importante dar a conocer que los componentes originales de la aeronave, se encuentran funcionando y son prácticamente nuevos, eso hace que su costo sea elevado, además del hecho que su adquisición es muy complicada.

Además se muestran valores correspondientes a la transportación, material de oficina, y gastos relativos de la investigación, como el alquiler de internet, la contratación de personal que trabaje el acrilex entre otros. Desde el punto de vista del investigador, los costos inherentes en este proyecto, son correlativos a lo esperado, además se justifica su adquisición por el hecho de que no se ha visualizado de forma física la bomba con regulación aneroide, que sin duda marca una diferencia sustancial al momento de entregar el combustible al sistema de inyección, haciéndolo más eficiente. Por tanto se considera justificada la inversión económica versus la necesidad de tener este tipo de equipos.

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones.

- En la realización de la investigación, se puede concluir que el internet no aporta con suficiente información sobre el sistema de inyección por ende se define que la mejor fuente son los manuales técnicos de aviación.
- Según los modelos de las maquetas que se encuentran en el bloque 42 estas deben contar con un manual de mantenimiento periódico y anual.
- Del ensamble y la implementación se puede concluir que teniendo en cuenta que se contaba con dos componentes más importantes del sistema y los otros fueron impresos, este cumple con el propósito de mostrar la información requerida en el conjunto de ensamble.

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda utilizar de una manera adecuada los manuales técnicos de aviación ya que proporcionan información relevante del sistema de inyección del motor IO240B.
- Con el paso de los días, los elementos metálicos, podrían acumular impurezas que deterioren la imagen del modelo esquemático, se recomienda según su necesidad limpiarlo con cualquier jabón desengrasantes.
- Se recomienda hacer uso de la imagen de guía para un entendimiento claro de que hace cada uno de los componentes ensamblados en el contenedor transparente.

GLOSARIO.**A**

Amortiguador.- Sistema que reduce el impacto a partir de la compresión de fluidos o sistemas elásticos como resortes, también pueden ser mixtos.

Análisis.- Separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios y elementos.

Asimilar.- Comprender una persona lo que está aprendiendo e incorporar los conocimientos nuevos a los que ya tenía.

C

Concerniente.- Tocante.

Contemporáneo.- Que existe en la época actual, que pertenece al presente.

Contexto.- Conjunto de circunstancias que condicionan un hecho.

Contextualizar.- Poner en un determinado contexto.

Contraste.- Diferencia notable u oposición que presentan dos cosas cuando se comparan entre sí.

Cualidad.- Cada uno de los caracteres que distinguen a las personas o cosas.

Cualitativo.- Que denota cualidad.

Currículum.- Plan de estudios.

D

Deducción.- Método de razonamiento que consiste en ir de lo general a lo particular.

Deducir.- Sacar una conclusión por medio de un razonamiento a partir de una situación anterior o de un principio general.

DGAC.- Dirección General de Aviación Civil (Ecuador).

Directriz.- Norma o conjunto de normas e instrucciones que dirigen, guían u orientan una acción, una cosa o a una persona.

E

Entorpecer.- Poner los medios o proporcionar las causas que impiden el desarrollo normal de una actividad o proceso.

F

Fomentar.- Hacer que una actividad u otra cosa se desarrolle o aumente su intensidad.

H

Habilitación.- **1** Adaptación o adecuación de una cosa para que desempeñe una función que no es la que tiene habitualmente **2** Autorización legal que se da a una persona para hacer una cosa.

Hardware.- Conjunto de unidades físicas, circuitos y dispositivos que componen un sistema informático.

Hidráulico.- Sistema que utiliza fluidos no compresibles para el accionamiento de sistemas.

I

Improvisar.- Hacer una cosa que no estaba prevista o preparada, llevado de la intuición del momento.

Innovador.- Que cambia las cosas introduciendo novedades.

L

Landinggear.- Tren de aterrizaje

Lapso.- Periodo de tiempo transcurrido.

M

Mediador.- Persona u organismo encargado de intervenir en una discusión o en un enfrentamiento entre dos partes para encontrar una solución.

Metodología.- Ciencia del método y la sistematización científica. Tratado de los métodos de enseñanza.

MLG.- Tren de aterrizaje principal.

N

Neumática.- Parte de la mecánica que estudia el uso de fluidos compresibles, como el aire para el accionamiento de sistemas.

Neumáticos.- Aro de goma que sirve para rodar.

NLG.- Tren de aterrizaje ubicado en la nariz.

Noselandingear.- Tren de aterrizaje ubicado en la nariz.

P

Per se.- Por sí mismo.

Pos.- Se usa en la expresión **en pos de**, que significa 'detrás'.

Pragmatismo.- Doctrina filosófica que considera que el único medio de juzgar la verdad de una doctrina moral, social, religiosa o científica consiste en considerar sus efectos prácticos.

Prolongada.- Hacer que una cosa dure más tiempo de lo normal.

R

Recopilar.- Juntar o reunir varias cosas dispersas, especialmente escritos, bajo un criterio que dé unidad al conjunto.

S

Software.- Conjunto de programas, lenguajes de programación y datos que controlan que el ordenador funcione y realice determinadas tareas.

I

Tabular.- Expresar [valores, magnitudes, conceptos, etc.] por medio de tablas.

Tangible.- Que se puede tocar o percibir por medio del tacto.

Tipología.- Clasificación y estudio en tipos o clases de un conjunto de elementos.

Tópico.- Tema.

Turborreactor.- Motor a reacción formado por una turbina de gas, cuya expansión produce una reacción propulsora. Es el motor a reacción más complicado.

V

Variable.- Factor o característica que puede variar en un determinado grupo de individuos o hechos, especialmente cuando se analizan para una investigación o un experimento.

BIBLIOGRAFÍA.

- Continental Motors. (2011). M-6 IO-240 series engine maintenance and overhaul manual. alabama .
- Continental Motors. (08 de febrero de 2015). continental . Obtenido de continental : www.continentalmotors.aereomaintenance_mnuals/
- Continentals Motors. (mayo de 2011). CVT . Alabama.
- Debian. (12 de noviembre de 2014). motores reciprocos de avión. Obtenido de motores reciprocos de avión: www.mdg.gub.uy-motor-reciproco
- Desconceptos. (18 de 01 de 2015). Maqueta . Obtenido de Maqueta : <http://deconceptos.com/ciencias-sociales/maqueta>
- PÉREZ, C. (2014). Las maquetas como material didáctico para la enseñanza.
- Viteri, O. (2005). Sistemas de inyeccion .
- wikipedia. (16 de enero de 2015). sistemas de inyección . Obtenido de sistemas de inyección : https://en.wikipedia.org/wiki/continental_o-240

ANEXO