

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE
COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DEL MOTOR
TELEDYNE CONTINENTAL MODELO IO-360 D EN LA CARRERA
DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA**

POR:

PULUPA VACA DANNY ISRAEL

Trabajo de graduación como requisito previo para la obtención del Título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. PULUPA VACA DANNY ISRAEL, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

TLGO. CEDILLO ULICES
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, 10 de Abril del 2013

DEDICATORIA

El presente Proyecto de Grado dedico a Dios por darme la oportunidad de vivir y estar a mi lado en cada paso que a seguir, por la salud, la sabiduría e inteligencia para afrontar y alcanzar mis objetivos.

A mi Mamá por apoyarme y creer en mí en todo momento, sus consejos, valores y ejemplo de superación, manteniendo siempre firme que el mejor tesoro es el conocimiento.

A mi Papá por sus esfuerzos de trabajo, perseverancia y constancia los que me ha infundido siempre y por el valor mostrado para salir adelante.

A mis Hermanas Mayri y Diani por darme un buen ejemplo y siempre estar pendientes de mí, son un modelo a seguir.

Pulupa Vaca Danny Israel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones y por guiarme en el camino del bien llenándome de alegría y gozo.

Al Instituto que con sus nobles maestros me impartieron el conocimiento académico para poner en práctica en mi vida profesional.

Al director de trabajo de graduación Tlgo. Ulises Cedillo por su tiempo, paciencia y dedicación quien ayudo a la realización y culminación del presente proyecto.

A mis compañeros y amigos con quienes fue posible formar parte del proyecto logrando cumplir nuestro sueño.

A la empresa Aerokashurco quien nos acogió y apoyó con el desarrollo del proyecto mediante el uso de sus herramientas, al área de mantenimiento que nos impartió su experiencia y técnica en especial al aerotécnico Miguel Riofrio que es una excelente persona quien nos tuvo la paciencia y dedicación en el asesoramiento del proyecto.

A mi familia por apoyarme en todo momento, demostrando amor incondicional, preocupación y entrega, quienes son fundamentales para seguir adelante.

Pulupa Vaca Danny Israel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	1
SUMMARY	2

CAPÍTULO I

TEMA

1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación e importancia	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Motores Continental IO-360 Series	6
2.2. Motor recíproco de cilindros opuestos.....	7
2.3. Componentes del motor	7
2.3.1Cárter del cigüeñal	8
2.3.2Cigüeñal	9
2.3.3. Biela	10
2.3.4. Pistón	11

2.3.5. Cilindro	11
2.3.6. Válvulas.....	12
2.3.7. Mecanismo de accionamiento de la válvula	13
2.4. Sistema de combustible	14
2.4.1. Combustible de un motor recíproco	14
2.5. Sistema de inyección de combustible Continental	15
2.5.1. Descripción.....	15
2.6. Componentes del sistema de Inyección Continental.....	16
2.6.1. Bomba de combustible	16
2.6.2. Unidad de control de combustible	17
2.6.3. Colector distribuidor de combustible	17
2.6.4. Inyectores de combustible múltiple	17
2.6.5. Líneas y accesorios.....	17
2.7. Bomba de combustible	19
2.7.1. Funcionamiento de la bomba de paletas.....	19
2.7.2. Línea de derivación de la bomba	20
2.7.3. Componentes principales de la bomba	21
2.8. Unidad de control aire-combustible	22
2.8.1. Componentes de la unidad de control aire combustible.....	23
2.9. Colector distribuidor de combustible	24
2.9.1. Válvulas de corte y de tulipa.....	25
2.9.2. Ventilación del colector.....	26
2.10. Inyectores de combustible múltiple	26

CAPÍTULO III
DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares	29
3.2. Motor Teledyne Continental Motors IO-360 D	29
3.3. Componentes del sistema de inyección de combustible	30
3.3.1. Bomba de inyección de combustible	30
3.3.2. Unidad de control aire combustible	31
3.3.3. Colector distribuidor de combustible	32
3.3.4. Inyectores.....	33

3.4. Limpieza de componentes del sistema de inyección de combustible.....	34
3.4.1. Limpieza bomba de inyección de combustible	34
3.4.2. Limpieza unidad de control aire combustible.....	35
3.4.3. Limpieza colector distribuidor de combustible	36
3.4.4. Limpieza inyectores.....	37
3.5. Reconocimiento de componentes del sistema de inyección	38
3.5.1. Identificación bomba de inyección.....	38
3.5.2. Identificación unidad de control aire combustible	39
3.5.3. Identificación colector distribuidor de combustible	41
3.5.4. Identificación inyectores	43
3.6. Rehabilitación de componentes del sistema de inyección	44
3.6.1. Habilidad de la bomba de inyección de combustible	46
3.6.2. Habilidad de la unidad de control aire combustible.....	49
3.6.3. Habilidad del colector distribuidor de combustible	50
3.6.4. Habilidad de inyectores.....	52
3.7. Instalación de componentes del sistema de inyección motor TC IO-360 D ...	55
3.7.1. Puesta de la bomba de inyección al motor.....	56
3.7.1.1. Diagrama de procesos para la posición de la bomba de inyección.....	57
3.7.1.2. Tabla de procesos de instalación de la bomba de inyección.....	57
3.7.2. Puesta de la unidad de control aire combustible	58
3.7.2.1. Diagrama de procesos posición de la unidad aire combustible	58
3.7.2.2. Tabla de procesos de comprobación de ajuste aire combustible	59
3.7.3. Puesta del colector distribuidor de combustible	59
3.7.3.1. Diagrama de procesos para la posición del colector distribuidor.....	60
3.7.3.2. Tabla de procesos de comprobación de ajuste del colector distribuidor ..	60
3.7.4. Puesta de inyectores.....	61
3.7.4.1. Diagrama de procesos para la posición de los inyectores.....	61
3.7.4.2. Tabla de procesos de instalación de inyectores	62
3.8. Diagrama de procesos de instalación final.....	62
3.8.1. Diagrama final de instalación de componentes del sistema de inyección de combustible en el motor TC IO 360 D	62
3.9. Conexión de las mangueras de combustible.....	63
3.10. Manual de operación del sistema de inyección de combustible del motor TC IO-360 D.....	64

3.11. Poner a prueba.....	67
3.12. Manual de mantenimiento del sistema de inyección de combustible del motor TC IO-360 D.....	68
3.13. Análisis económico.....	70
3.13.1. Recursos	70
3.13.2. Presupuesto	70
3.13.2.1. Costos primarios.....	71
3.13.2.1.1. Costos de Componentes/piezas.....	71
3.13.2.1.2. Total gastos primarios	72
3.13.2.2. Costos secundarios.....	72
3.13.2.2.1. Total gastos secundarios.....	72
3.13.2.3. Costo total de proyecto.....	72

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	73
4.2. Recomendaciones.....	73
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	74
ABREVIATURA UTILIZADA.....	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	81
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS	131
CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	132

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 2.1. Motor TC IO-360 D.....	6
Figura 2.2. Motor recíproco tipo cilindros opuestos.....	7
Figura 2.3. Componentes básicos de un motor.....	8
Figura 2.4. Cárter del cigüeñal	9
Figura 2.5. Cigüeñal de un motor recíproco	10
Figura 2.6. Biela de un motor recíproco	10
Figura 2.7. Partes principales de un pistón	11
Figura 2.8. Cilindro	12
Figura 2.9. Válvulas de admisión y escape	13
Figura 2.10. Mecanismo de accionamiento de la válvula	13
Figura 2.11. Identificación de combustibles en motores recíprocos	15
Figura 2.12. Esquema del sistema de inyección	16
Figura 2.13. Identificación de combustibles en motores recíprocos	18
Figura 2.14. Bomba de combustible equipado con el control de mezcla.....	19
Figura 2.15. Funcionamiento de la bomba de paletas.....	20
Figura 2.16. Componentes principales de la bomba de inyección	21
Figura 2.17. Unidad de control aire-combustible (throttle).....	23
Figura 2.18. Esquema unidad control aire-combustible	24
Figura 2.19. Esquema colector-distribuidor de combustible	25
Figura 2.20. Esquema inyector de combustible.....	27
Figura 2.21. Tipos de inyectores de combustible	28
Figura 3.1. Placa de identificación en el motor TC IO-360 D	30
Figura 3.2. Bomba de combustible en el motor TC IO-360 D.....	31
Figura 3.3. Protección a la válvula mariposa en el motor TC IO-360 D.....	32
Figura 3.4. Colector distribuidor de combustible en el motor TC IO-360 D	33
Figura 3.5. Inyectores de combustible en el motor TC IO-360 D.....	34
Figura 3.6. Bomba de inyección limpia.....	35
Figura 3.7. Cuerpo y accionamiento de la válvula mariposa	36
Figura 3.8. Mantenimiento en las líneas de distribución.....	37
Figura 3.9. Proceso de inmersión en los inyectores.....	37
Figura 3.10. Placa de identificación de la bomba	38

Figura 3.11. Partes de la bomba de combustible	39
Figura 3.12. Placa de identificación de la unidad de control aire combustible	40
Figura 3.13. Partes de la unidad de control aire combustible.....	41
Figura 3.14. Placa de identificación del colector distribuidor de combustible.....	42
Figura 3.15. Partes del colector distribuidor de combustible	42
Figura 3.16. Inyector número 3	43
Figura 3.17. Partes de los inyectores de combustible	44
Figura 3.18. Técnico y jefe de mantenimiento Aerokashurco.....	45
Figura 3.19. Revisión de elementos según CSB01-1	46
Figura 3.20. Sello de fugas en la bomba de combustible básica.....	47
Figura 3.21. Piñón de arrastre bomba-motor.....	47
Figura 3.22. Ubicación de silicona y entorchado final	48
Figura 3.23. Trabajo en equipo para habilitación de sistemas	49
Figura 3.24. Ajustes de controles	50
Figura 3.25. Orificio de ventilación apto para el desplazamiento de las válvulas ..	51
Figura 3.26. Inspección de líneas de distribución.....	52
Figura 3.27. Especificaciones boletín de servicio SB06-1A	53
Figura 3.28. Orden de inyectores acorde al número de cilindro.....	53
Figura 3.29. Comparación de pin calibrador e inyector	54
Figura 3.30. Instalación de inyectores acorde SB06-1A.....	54
Figura 3.31. Diagrama de procesos de la bomba de inyección.....	57
Figura 3.32. Diagrama de procesos de la unidad de control aire combustible	58
Figura 3.33. Diagrama de procesos del colector distribuidor de combustible	60
Figura 3.34. Diagrama de procesos de los inyectores de combustible	61
Figura 3.35. Diagrama final de instalación del sistema de inyección	62
Figura 3.36. Proceso de encendido del motor TC IO-360 D	67

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 3.1. Clasificación de Herramientas.....	55
Tabla 3.2. Clasificación de máquinas.....	55
Tabla 3.3. Simbología	56
Tabla 3.4. Procesos de instalación de la bomba de inyección	57
Tabla 3.5. Procesos de comprobación de ajuste de la unidad	59
Tabla 3.6. Procesos de comprobación de ajuste del colector distribuidor.....	60
Tabla 3.7. Procesos de instalación de inyectores	62
Tabla 3.8. Distribución de fitting en los componentes de inyección	63
Tabla 3.9. Talento humano.....	70
Tabla 3.10. Costos de componentes/piezas.....	71
Tabla 3.11. Total gastos primarios	72
Tabla 3.12. Total gastos secundarios.....	72
Tabla 3.13. Costo total proyecto.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PÁGINA
ANEXO A: MAINTENANCE AND OPERATOR'S MANUAL	82
ANEXO B: SERVICE INFORMATION DIRECTIVE SID97-3E	91
ANEXO C: CRITICAL SERVICE BULLETIN CSB01-1.....	104
ANEXO D: SERVICE BULLETIN SB06-1A	110
ANEXO E: OVERHAUL MANUAL.....	117
ANEXO F: HOJA DE VIDA DEL GRADUADO	128

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad rehabilitar el sistema de inyección de combustible, y conocer los principios de operación y funcionamiento en el motor Teledyne Continental IO-360 D, a través del manejo de manuales de mantenimiento y directivas de servicio para cada uno de los componentes que lo conforma el sistema de inyección. La particularidad de este sistema permite descargar el combustible preparado de forma continua en cada cilindro sin tener en cuenta la apertura de la válvula.

Para rehabilitar el sistema de inyección de combustible es necesario conocer cada uno de los componentes del motor y familiarizarse con ello para estar en la capacidad de manipular y dar adecuado mantenimiento para su correcto funcionamiento.

El sistema de combustible debe ser tratado con precaución y con medidas de seguridad, debido a la alta volatilidad del combustible Avgas 100 LL (bajo en plomo) el mismo que se requiere para la operación del motor.

Una vez analizado e identificado el sistema de inyección de combustible en el motor se procede a verificar el estado de cada uno de los componentes para seguir con el mantenimiento requerido tanto por manuales como por boletines de servicio. Es así que se desarrolla una ardua intervención hasta conseguir el objetivo final, que es un sistema de inyección totalmente rehabilitado.

SUMMARY

This project aims to rehabilitate the fuel injection system, and know the principles of operation and functioning in the engine Teledyne Continental IO-360-D, through the management of maintenance manuals and service policies for each of the components which shapes the injection system. The particularity of this system can download the prepared fuel to each cylinder continuously regardless of valve opening.

To rehabilitate the fuel injection system is necessary to know each of the engine components and become familiar with it to be in the ability to manipulate and proper maintenance for proper operation.

The fuel system should be treated with caution and safety measures, due to the high volatility of fuel Avgas 100 LL (low lead) the same as is required for engine operation.

Analyzed and identified once the fuel injection system in the engine will proceed to check the status of each of the components to continue the maintenance required by both manual and service bulletins. It is so arduous develops intervention to achieve the ultimate goal, which is a fully rehabilitated injection system.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1. Antecedentes

Los motores recíprocos utilizados en la aviación de baja potencia son los que dieron inicio a la propulsión de aeronaves, a pesar que existían otros métodos y formas de propulsión, los motores permitieron un empuje de trabajo constante, operados principalmente por gasolina.

Los motores de la firma TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS (TCM) son de fabricación americana una de las más grandes industrias en el mundo. El motor que cuenta el Instituto es de la Serie IO-360 D, es decir; inyección directa, seis cilindros opuestos horizontalmente y enfriados por aire. Además el desplazamiento del cilindro de 360 pulgadas cúbicas se consigue con un 4,44 pulgadas de diámetro y una carrera de 3,88 pulgadas consiguiendo una relación de compresión de 8,5 a 1. (Anexo A)

El sistema de inyección del motor IO-360 D conocido por el conjunto de mecanismos que preparan el carburante para su inyección en el cilindro, dosificación y a la vez la cantidad de aire necesaria para la combustión, es de tipo flujo continuo porque suministra el combustible individualmente a los cilindros a un ritmo constante sin tener en cuenta la apertura de la válvula.

Existen diferentes sistemas de inyección de gasolina de empleo prácticamente general en motores de aviación menor; uno de ellos vuela con la marca registrada de la firma Teledyne Continental Motors.

Los otros sistemas de inyección pertenecen a la firma Bendix Energy Controls Division, y también son muy populares en el mundo de la aviación general. Otro sistema de empleo más restringido es el sistema Simmond.

De este modo se lleva a cabo el desarrollo del sistema de inyección de combustible tipo Continental que permite complementar al motor Teledyne Continental IO-360 D del Instituto.

1.2. Justificación e importancia

La particularidad de la rehabilitación del sistema de inyección de combustible para el correcto desempeño del motor Teledyne Continental modelo IO-360 D en la carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA es el alcance al que los estudiantes podrán tener acceso poniendo en práctica lo analizado y aprendido en clase.

Es así que al desarrollar este proyecto se mejora el mecanismo de enseñanza al tener de forma directa un motor Teledyne Continental IO-360 D que opere con sus condiciones normales además de conocer los diferentes niveles de aceleración, esto permite reunir todos los conocimientos que un tecnólogo debe poseer para el desenvolvimiento en el campo laboral.

Al implementar equipos de gran utilidad se optimiza la práctica para los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, además como experiencia útil para el desenvolvimiento en las áreas de mantenimiento.

Y como es de conocimiento general la adaptación que se genera en una empresa depende mucho de cómo se esté preparado profesionalmente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Rehabilitar el sistema de inyección de combustible mediante el uso del Manual de Mantenimiento y Operación del motor Teledyne Continental modelo IO-360 D para el correcto desempeño y funcionamiento en el laboratorio de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

1.3.2. Objetivos específico

- Identificar los componentes que se emplean en el sistema de inyección Continental y familiarizándose con la función de cada uno.
- Usar herramientas apropiadas para el montaje y desmontaje de los componentes del sistema de inyección de combustible del motor.
- Verificar si cada uno de los componentes del sistema están funcionando dentro de sus parámetros de operación.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes que presenten irregularidades.
- Ejecutar una prueba funcional del sistema para cerciorarse que el funcionamiento del sistema de inyección sea óptimo.

1.4. Alcance

La rehabilitación del sistema de combustible Continental está diseñada para cumplir con el correcto funcionamiento del motor Teledyne Continental y a la vez como herramienta de instrucción hacia el alumnado, mejorando su tecnificación, además este estudio dará la capacidad de implementar nuevos mecanismos hacia el motor como es el caso de instrumentación.

La investigación aplicada en este tema permite la experimentación en el alumnado de la carrera de mecánica aeronáutica logrando resultados positivos con el entendimiento de motores de aviación menor y con cada uno de sus componentes.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Motores Continental IO-360 Series

Teledyne Continental Motors de origen estadounidense fue el encargado de introducir al mercado internacional motores de cilindros opuestos aplicados principalmente hacia aviones ligeros. Actualmente Continental Motors forma parte de AVIC Internacional (Aviation Industry Corporation of China cuya función es competir con Boeing y Airbus en la industria aérea civil).

El motor TC IO-360 D que posee el Instituto es de inyección directa, seis cilindros opuestos horizontalmente y enfriados por aire; la potencia es de 210 caballos de fuerza, 2800 RPM a través de una relación de compresión 8,5 a 1 y un peso total básico de 327,25 libras (sin aceite en el cárter).

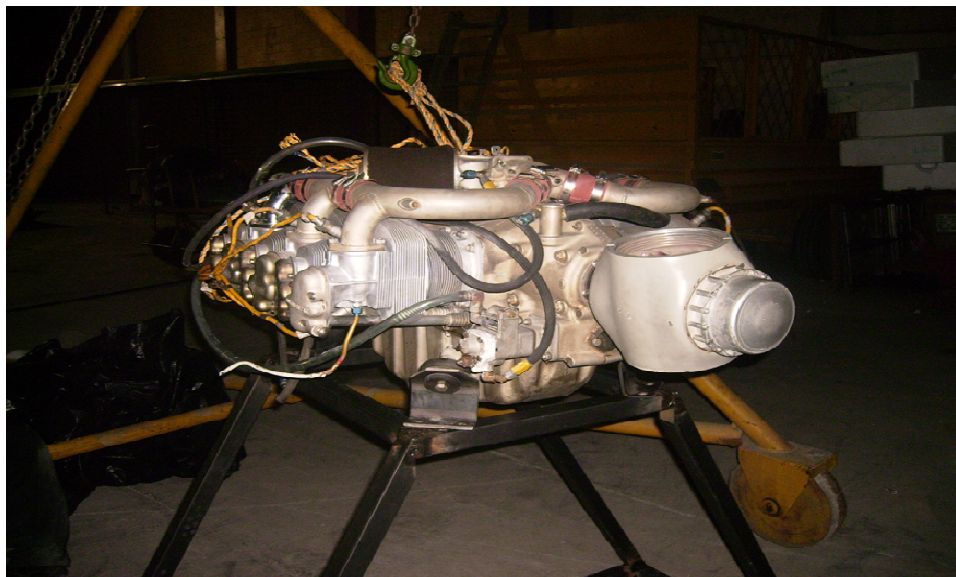


Figura 2.1. Motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

2.2. Motor recíproco de cilindros opuestos

Hoy en día los motores tipo cilindros opuestos son los más utilizados en aeronaves ligeras. Un motor recíproco típico de cilindros opuestos puede producir una potencia mínima de 36 caballos de fuerza o alcanzar una potencia máxima de hasta 400 caballos de fuerza. Este tipo de motor siempre tiene un número par de cilindros, manteniendo un cilindro en un lado del cárter que "se opone a" un cilindro en el otro lado; la mayor parte son refrigerados por aire aunque en su inicio fue enfriado por líquido. Son instalados normalmente en posición horizontal en aeronaves de ala fija, pero también pueden ensamblarse verticalmente en helicópteros.



Figura 2.2. Motor recíproco tipo cilindros opuestos

Fuente: <http://www.continentalmotors.aero/>

2.3. Componentes del motor

Un técnico de mantenimiento de aviación, debe estar familiarizado con los componentes de un motor con el fin de comprender sus principios de funcionamiento. Además, tener una comprensión de la construcción básica de un motor mejora en gran medida la capacidad para realizar las operaciones de mantenimiento de rutina.

Las partes básicas de un motor recíproco incluye el cárter del cigüeñal, cilindros, pistones, bielas, válvulas, mecanismo de accionamiento de válvula y el cigüeñal. Las válvulas, pistones, y las bujías están situados en el cilindro, mientras que el mecanismo de funcionamiento de la válvula, el cigüeñal, y las varillas de conexión se encuentran en el cárter.

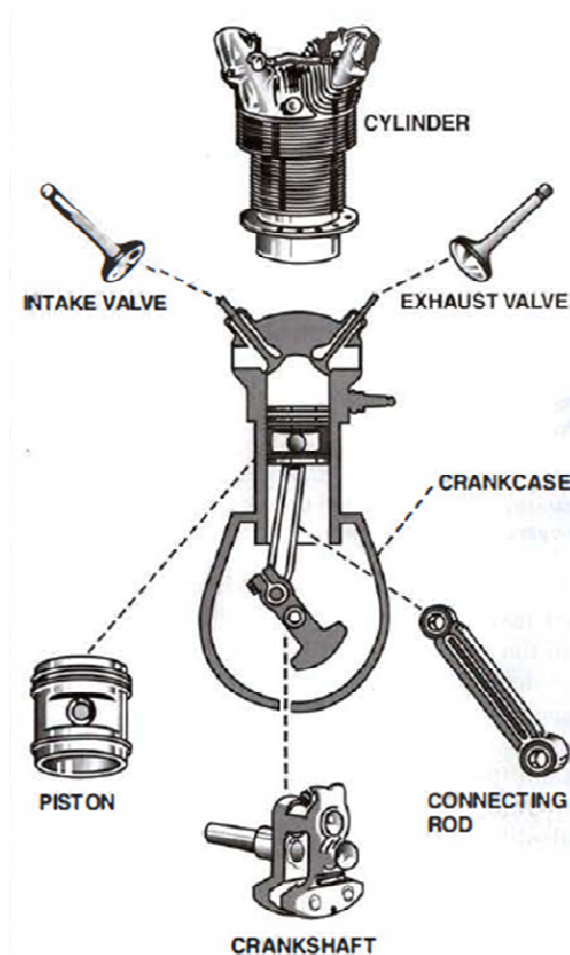


Figura 2.3. Componentes básicos de un motor

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

2.3.1. Cárter del cigüeñal

El cárter del motor de cilindros opuestos consta de dos mitades cuyo material es de aleación de aluminio que se fabrica mediante el uso de moldes permanentes. El cárter del cigüeñal es también una parte integral del sistema de lubricación.

El cárter debe ser extremadamente rígido y fuerte debido a las fuerzas internas y externas a las que son sometidos como los casos de: la combustión, altas temperaturas, fuerzas centrífugas y de inercia desequilibradas por la hélice.

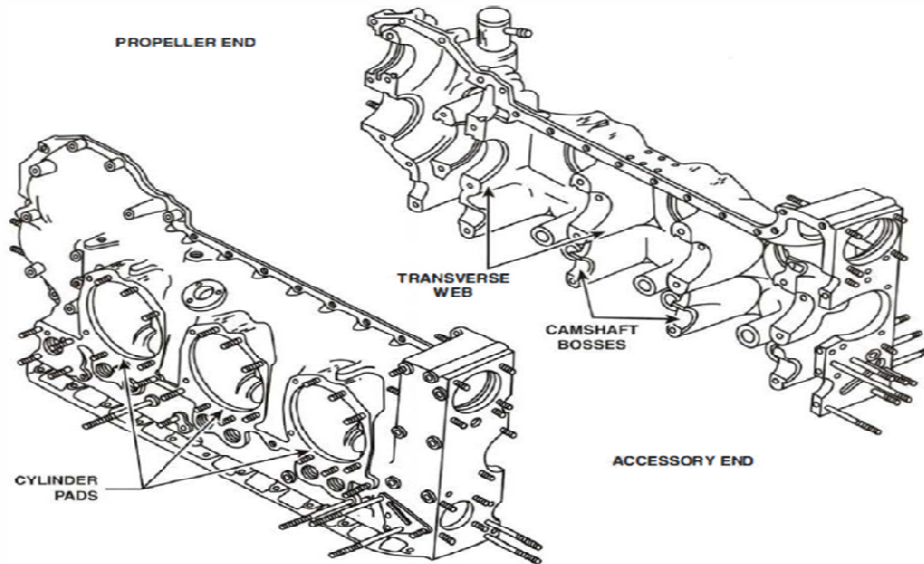


Figura 2.4. Cárter del cigüeñal

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

2.3.2. Cigüeñal

El cigüeñal es el eje de un motor recíproco. Su principal objetivo es el de transformar el movimiento alternativo de los pistones y las bielas en movimiento rotativo para girar una hélice. Un cigüeñal típico tiene uno o más manivelas, situados en puntos específicos a lo largo de su longitud. Los cigüeñales deben soportar altas tensiones por eso que se forjan a partir de una aleación fuerte como el cromo níquel molibdeno acero.

Las vibraciones excesivas del motor pueden causar que las estructuras metálicas se fatiguen o tengan un desgaste excesivo. En algunos casos, el exceso de vibración es causada por un desequilibrio del cigüeñal. Para prevenir la vibración no deseada, la mayoría de los cigüeñales están equilibrados tanto estática¹ como dinámicamente².

¹Todo el peso del ensamblado del cigüeñal está equilibrado en torno a su eje de rotación

²Equilibrio de las fuerzas centrífugas creadas por una rotación

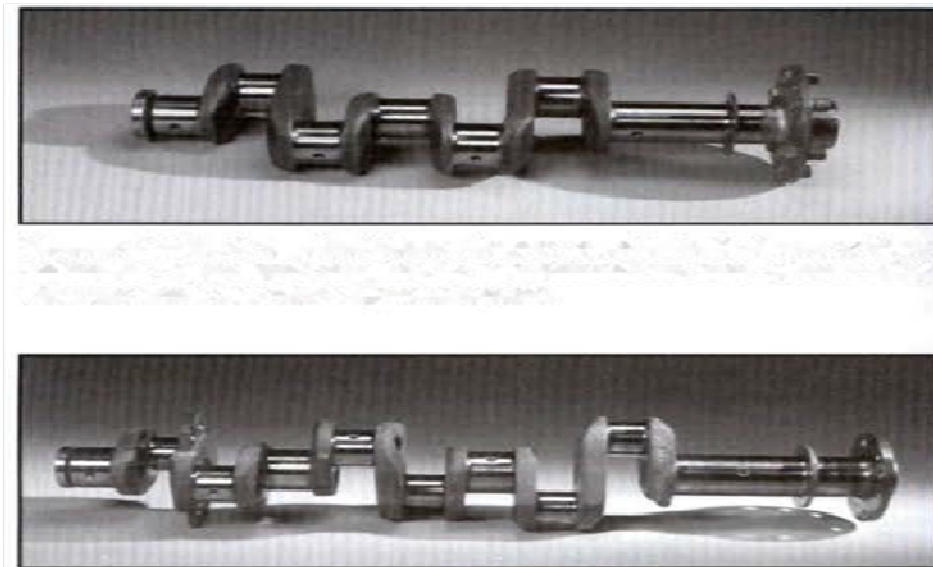


Figura 2.5. Cigüeñal de un motor recíproco

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

2.3.3. Biela

Están construidas de aleación de aluminio de alta resistencia debido a que está sometida a grandes esfuerzos, su función es unir el pistón con el cigüeñal. Transforma el movimiento alternativo del pistón en movimiento de rotación del eje del motor.



Figura 2.6. Biela de un motor recíproco

Fuente: <http://mecanicasmith.weebly.com/multimedia.html>

2.3.4. Pistón

El pistón en un motor recíproco es un émbolo cilíndrico que se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro de un cilindro. Los pistones realizan dos funciones principales: en primer lugar que aspiran el carburante y aire en el cilindro, comprimir los gases, la combustión y salida de gases de escape, en segundo lugar, que transmiten la fuerza producida por la combustión al cigüeñal.

El pistón se fabrica en aleación de aluminio de alta resistencia mecánica. Las partes que lo conforman son: cabeza, falda, bulón y segmentos.

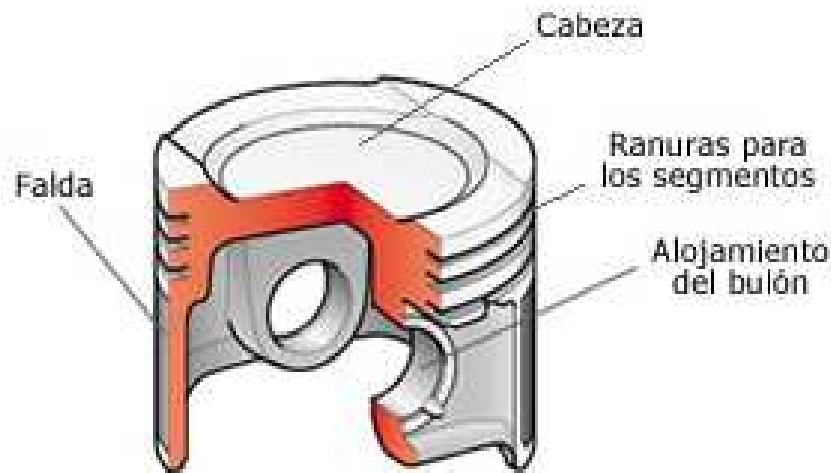


Figura 2.7. Partes principales de un pistón

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

2.3.5. Cilindro

En la parte interna del cilindro es donde se proporciona los procesos de compresión, combustión y expansión de los gases para producir energía. Al diseñar y fabricar un cilindro se deben considerar diferentes factores:

- ⚡ Un cilindro debe ser lo suficientemente fuerte como para soportar las presiones internas desarrolladas durante el funcionamiento del motor.
- ⚡ Ser de peso ligero para reducir al mínimo el peso del motor.

- ↵ Los materiales utilizados en la construcción de un cilindro deben tener una buena conducción de calor, propiedades para un enfriamiento eficiente.
- ↵ Un conjunto de cilindro debe ser relativamente fácil y barato de fabricar, inspeccionar y mantener.

El cuerpo del cilindro se fabrica en acero, mientras que la parte interna, es decir, la camisa es de acero al cromo-níquel muy resistente a los esfuerzos mecánicos a temperaturas muy elevadas de funcionamiento.



Figura 2.8. Cilindro

Fuente: Investigación de campo

2.3.6. Válvulas

Las válvulas son encargadas de regular el flujo de gases dentro y fuera de un cilindro, con la función de apertura y cierre en momentos predeterminados en el proceso de combustión. Cada cilindro tiene al menos una válvula de admisión y una válvula de escape. La válvula de admisión controla la cantidad de mezcla de aire/combustible que entra en un cilindro a través del orificio de admisión, mientras que la válvula de escape permite que los gases de combustión puedan salir del cilindro a través de la lumbrera de escape.

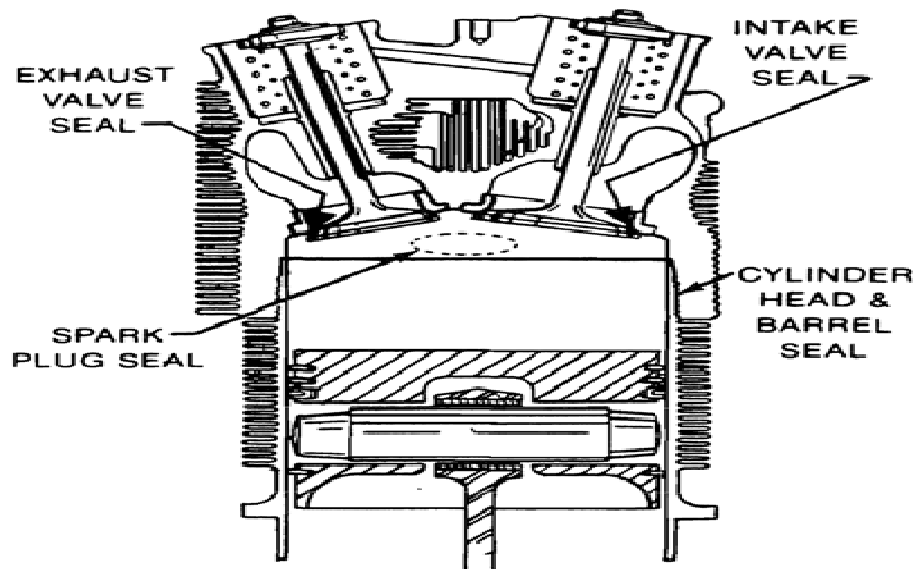


Figura 2.9. Válvulas de admisión y escape

Fuente: Continental Motors, maintenance and operator's manual IO-360 series

2.3.7. Mecanismo de accionamiento de la válvula

Todos los motores recíprocos requieren un mecanismo de accionamiento de la válvula para abrir en el momento correcto o mantenerla abierta durante un período determinado y, a continuación, cerrar la válvula. El mecanismo que utiliza el motor de cilindros opuestos es por un árbol de levas.

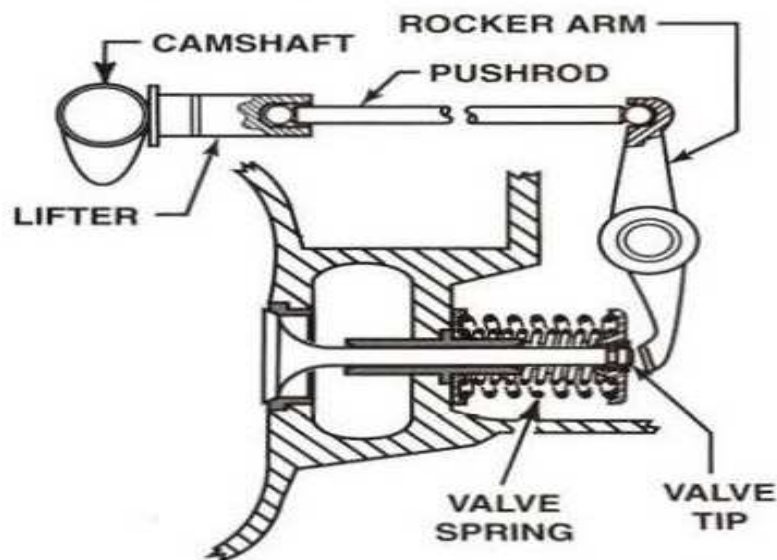


Figura 2.10. Mecanismo de accionamiento de la válvula

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

2.4. Sistema de combustible

Los sistemas de combustible de aeronaves están divididos en dos secciones básicas: sección fuselaje y sección motor. La sección del fuselaje consiste en todos los componentes del sistema desde los tanques de combustible hasta la bomba de combustible auxiliar accionado en cabina. La sección del motor consta a partir de la bomba de combustible hasta los inyectores, es decir, el sistema de inyección de combustible.

2.4.1. Combustible de un motor recíproco

La dinámica del ciclo de combustión interna exige determinadas propiedades de los combustibles. Los motores de avión agravan estas demandas debido a la amplia gama de condiciones atmosféricas en las que deben operar. Una de las características más importantes de la gasolina de aviación es su volatilidad capacidad de un combustible para cambiar de estado líquido a vapor.

La volatilidad de un combustible es crítica para el funcionamiento en un motor de avión. En el caso de un motor a pistón, el combustible debe vaporizar fácilmente en el carburador para quemar de manera uniforme en el cilindro. Por otro lado, el combustible que se vaporiza demasiado fácil puede evaporarse en las líneas de combustible y conducir a la obstrucción por vapor. Por otra parte, en un carburador de aeronaves, un combustible excesivamente volátil provoca enfriamiento extremo aumentando las posibilidades para la formación de hielo del carburador.

La gasolina de aviación está formulada para quemar suavemente sin detonar o golpear, y los combustibles son numéricamente clasificados de acuerdo a su capacidad para resistir la detonación. Cuanto mayor sea el número el combustible es más resistente a la detonación. El sistema de clasificación más común usado para este propósito es el sistema de clasificación de octanaje.

Los combustibles de aviación se identifican como Avgas 80, 100, y 100LL. Aunque 100LL realiza lo mismo que 100, la "LL" indica que tiene un contenido de plomo inferior al original.

La identificación de los diferentes tipos de combustibles de aviación va de acuerdo al color, un código que en la actualidad se define de la siguiente forma:




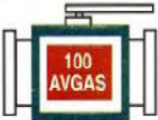


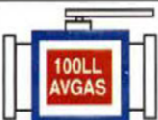


FUELTYPE AND GRADE	COLOR OF FUEL	EQUIPMENT CONTROLS COLOR	PIPE BANDING AND MARKING	REFUELER DECAL
AVGAS 80	RED			
AVGAS 100	GREEN			
AVGAS 100LL	BLUE			

Figura 2.11. Identificación de combustibles en motores recíprocos

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

2.5. Sistema de inyección de combustible Continental

2.5.1. Descripción

El sistema de inyección de combustible es tipo flujo-continuo de manera que controla el flujo de combustible para que coincida con el flujo de aire del motor. Cualquier cambio en la posición de la válvula reguladora de gases (throttle), velocidad del motor, o una combinación de estos provoca cambios en el flujo de combustible en la relación correcta con el flujo de aire del motor. Un control de mezcla manual se proporciona para apoyarse en cualquier combinación de ajuste de altitud y de potencia.

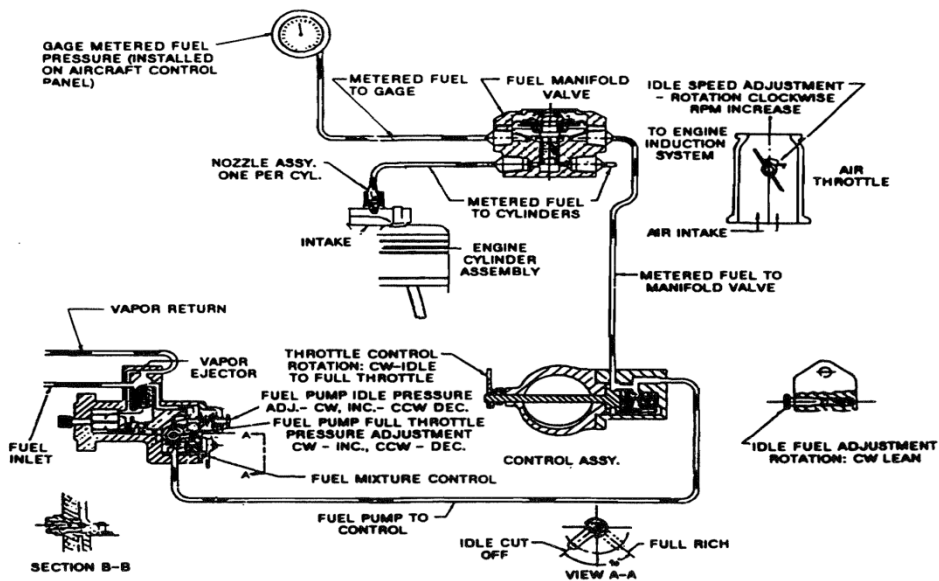


Figura 2.12. Esquema del sistema de inyección

Fuente: Continental Motors, maintenance and operator's manual IO-360 series

El sistema de flujo continuo permite el uso de una bomba de paletas de desplazamiento constante con una válvula de alivio integrada.

2.6. Componentes del sistema de Inyección Continental

Hay cuatro elementos básicos en el sistema de inyección de combustible: la bomba de combustible, la unidad de control de combustible, colector de combustible e inyectores de combustible. El combustible fluye desde la bomba de combustible a la unidad de control, luego al colector distribuidor y por último a los inyectores.

2.6.1. Bomba de combustible

La bomba de inyección de combustible del motor TC IO-360 D es una bomba tipopaleta, con desplazamiento constante. La forma de actuar de la bomba es a través de un piñón de arrastre conducido por el motor directamente desde el cárter de engranajes del motor.

La bomba cumple la función de proporcionar el flujo de combustible adecuado que el motor requiere, en cualquier régimen de funcionamiento, a través de la palanca de mezcla en cabina (mixture lever).

2.6.2. Unidad de control de combustible

La unidad de control aire-combustible en el Motor TC IO-360 D tiene la función de regular la cantidad de aire que entra al motor mediante la palanca de aceleración en cabina, ajustando la relación de aire y combustible para así obtener parámetros factibles de operación.

2.6.3. Colector distribuidor de combustible

El colector-distribuidor de combustible es el foco de distribución y de partición de combustible a los cilindros. Suministra la cantidad de combustible justa a cada uno de los cilindros, mediante tuberías de acero inoxidable.

2.6.4. Inyectores de combustible múltiple

La función de los inyectores es la de inyectar el combustible en la lumbrera de entrada, frente a la válvula de admisión del cilindro. El combustible se transporta por medio de las líneas de distribución desde el colector a los inyectores. El material de las tuberías es de acero inoxidable con 1/8 de pulgada de diámetro.

2.6.5. Líneas y accesorios

Las líneas de combustible del motor presentan consideraciones especiales de mantenimiento. Fallas, vibración y elementos corrosivos son factores que enfrentan las cañerías en un motor, por lo tanto, las líneas de combustible requieren una atención especial. Si falla una línea de combustible en plena fase de operación, no sólo el funcionamiento del motor es afectado, también puede causar un incendio o una explosión.

Las líneas de combustible son flexibles construidas a partir de materiales sintéticos como el neopreno o Teflón, el diámetro de la línea depende de los requerimientos de flujo de combustible del motor. Aunque estos materiales están diseñados para ser abrasivos y resistente a productos químicos, hay pasos adicionales que se pueden tomar para prolongar la vida útil.

Para aumentar la resistencia al fuego de una línea de combustible y ayudar a prevenir el deterioro, se instala una manga de fuego sobre la cañería. Este mango de fuego es una silicona hueca que recubre la línea. Pero sin duda el método más seguro para la verificación de la integridad de una tubería de combustible blindada es reemplazar a intervalos recomendados por el fabricante de la aeronave.

Cuando se trabaja con mangueras flexibles es probable que luego de la instalación la cañería hubiese permanecido torcido, prestando a debilitarlo lo que podría conducir a un fallo prematuro de la manguera. Para ayudar a identificar cuando una manguera es retorcida, muchos fabricantes incorporan una línea. Cuando una manguera flexible se ha instalado correctamente, la línea debe ser recta, sin signos de espiral.

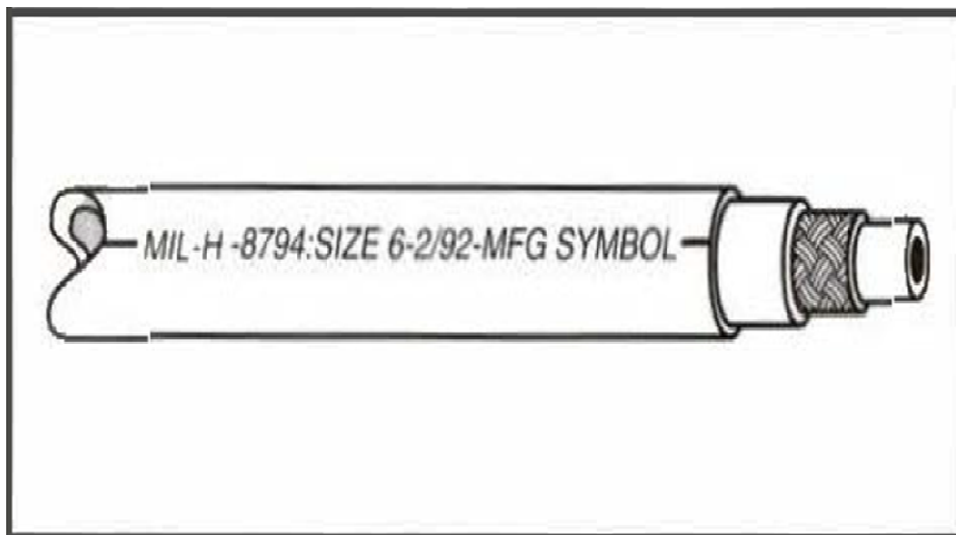


Figura 2.13. Identificación de combustibles en motores recíprocos

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

2.7. Bomba de combustible

El sistema de inyección Continental emplea una bomba de paletas giratoria y una unidad reguladora de la mezcla.

La bomba es un sistema integrado de bombeo y de regulación de presión de combustible, porque une los órganos controladores necesarios para ajustar la cantidad de gasolina que necesita el motor. El sistema de inyección Continental no emplea venturi, es decir, no mide la cantidad de gasolina que necesita el motor a través del consumo de aire que pasa por un venturi. El sistema ajusta la gasolina en función de las revoluciones por minuto del motor.

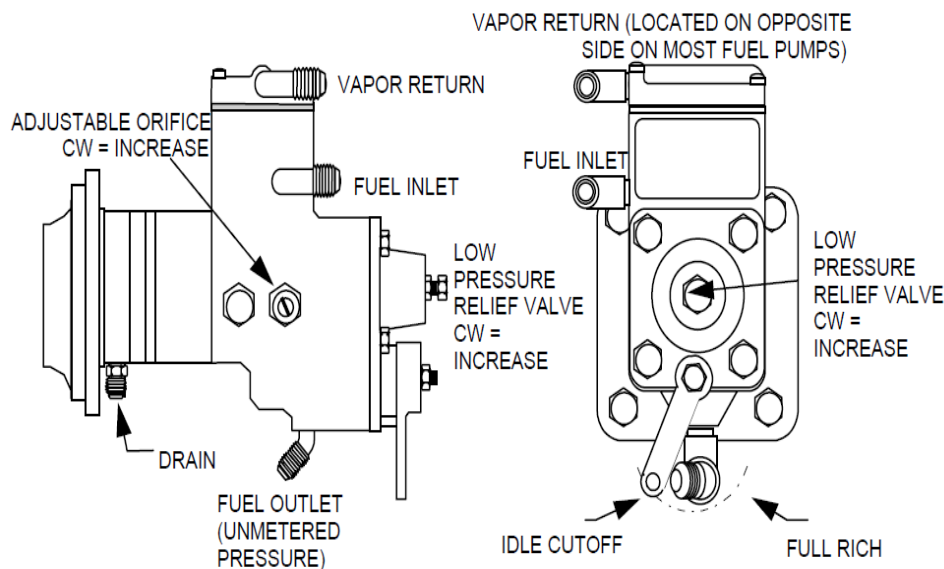


Figura 2.14. Bomba de combustible equipado con el control de mezcla

Fuente: TC aircraft engine, service information directive SID97-3E

2.7.1. Funcionamiento de la bomba de paletas

La bomba de inyección consiste en un juego de paletas, alojadas en una carcasa interior. Cada paleta tiene un empotramiento flotante, que permite su apoyo sobre la pared de un tambor giratorio. Las paletas se desplazan hacia afuera y hacia adentro, de forma radial. Las paletas están acopladas en un tambor excéntrico que sirve de pista interior para el deslizamiento de las paletas.

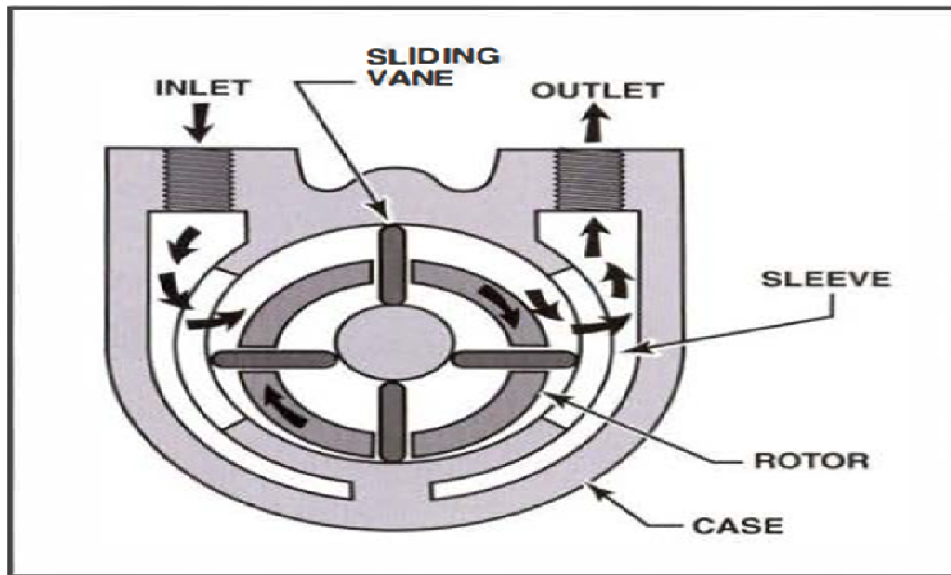


Figura 2.15. Funcionamiento de la bomba de paletas

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant

Al ponerse las paletas en movimiento y empiezan a girar, actúa la fuerza centrífuga desplegando las paletas flotantes hacia el exterior, de manera que la paleta se extiende una longitud dada, hasta que su borde exterior hace tope y se ajusta al contorno del anillo-carcasa de cierre.

En la figura 2.15, se muestra el funcionamiento de un tambor con cuatro brazos de paletas. La forma de actuar va de acuerdo al volumen de llenado de cada cámara procedente de la línea de alimentación del depósito iniciando la fase de bombeo.

2.7.2. Línea de derivación de la bomba

La bomba de inyección Continental al ser una bomba de desplazamiento constante suministra una cantidad fija de gasolina por cada revolución. Es por esta razón que la bomba está diseñada para suministrar un caudal de gasolina mayor del que necesita el motor. El exceso de gasolina debe desviarse por otro conducto, retornando al lado de entrada de la bomba.

La línea de derivación de la bomba, permite el retorno de la gasolina excedente.

2.7.3. Componentes principales de la bomba

La bomba tiene cuatro partes fundamentales:

- Orificio calibrado de derivación
- Válvula de alivio de presión ralentí
- Torreta de separación de vapor
- Válvula de derivación

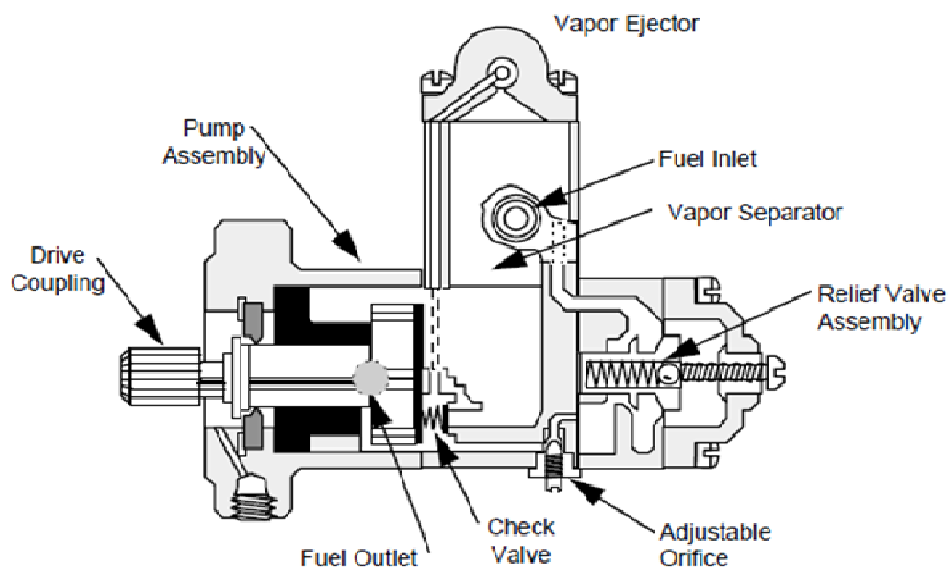


Figura 2.16. Componentes principales de la bomba de inyección

Fuente: Continental Motors, permold series maintenance manual IO-520

a. El orificio calibrado de derivación:

Tiene por objeto ajustar la presión de salida de la bomba.

El sistema Continental emplea una relación proporcional, entre presión y número de revoluciones de la bomba, para ajustar el flujo de gasolina del motor.

b. Válvula de alivio de presión ralentí:

La válvula de alivio en el sistema Continental permite regular las revoluciones del motor en la marcha lenta de ralentí, debido a que la presión de salida de la bomba es baja e insuficiente para asegurar una marcha uniforme.

La válvula de alivio de presión de ralentí es una válvula de tipo ajustable en cuyo interior tiene un resorte donde la tensión se puede ajustar.

c. Torreta de separación de vapor:

Es un orificio eyector por donde el vapores separado del líquido por acción centrifuga. La 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 al estar en dos fases, vapor y liquido. En segundo lugar, el funcionamiento de la bomba en estas circunstancias es muy desfavorable por los esfuerzos que está sometida.

d. Válvula de derivación:

Es considerada como una válvula anti retorno; donde la válvula mantiene una posición de cierre mediante un resorte que la conserva sobre su asiento.

La válvula anti retorno de derivación permite el empleo de una bomba auxiliar durante la fase de arranque del motor. La presión de gasolina de la bomba eléctrica llega a la válvula de derivación y vence la acción del resorte antagonista.

2.8. Unidad de control aire-combustible

El cuerpo de control de combustible es de bronce. El eje de medición de combustible y el eje de control de la mezcla son de acero inoxidable. La válvula dosificadora está situada en un extremo y la válvula de control de mezcla se encuentra en el otro extremo de la válvula de control de orificio central.

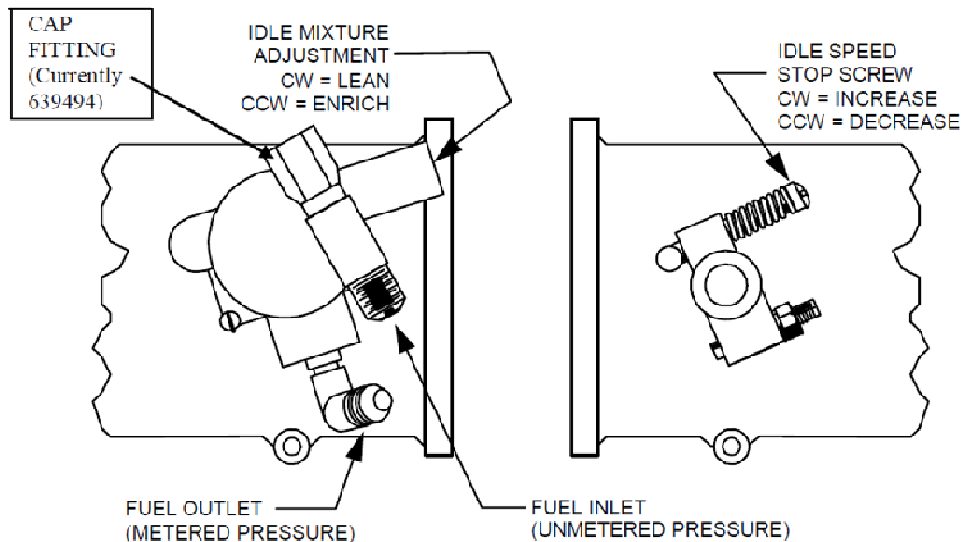


Figura 2.17. Unidad de control aire-combustible (throttle)

Fuente: TC aircraft engine, service information directive SID97-3E

La unidad de control aire-combustible ejerce la función de regular la cantidad de aire que entra en el motor y establecer los diferentes modos aceleración; también permite la distribución de combustible hacia la unidad colectora.

2.8.1. Componentes de la unidad de control aire combustible

La unidad de control tiene componentes primordiales, la válvula mariposa y la válvula medidora de combustible

a) Válvula mariposa

La válvula mariposa y el mando de gases, son dos mecanismos que están mecánicamente acopladas; ambos se mueven mediante la misma palanca, desde la cabina de mando. La conexión entre estos 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 mariposa– aumenta también el flujo de combustible en la válvula medidora. Por esta razón, el flujo de combustible es proporcional al régimen del motor, siguiendo la misma ley de derivación.

b) Válvula medidora de combustible

La válvula medidora de combustible está conectada mecánicamente con la válvula mariposa de aire, de manera que ambas se mueven de forma proporcional. Cuando se desplaza 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 de la relación que existe entre el gasto de aire en la válvula mariposa y el régimen del motor.

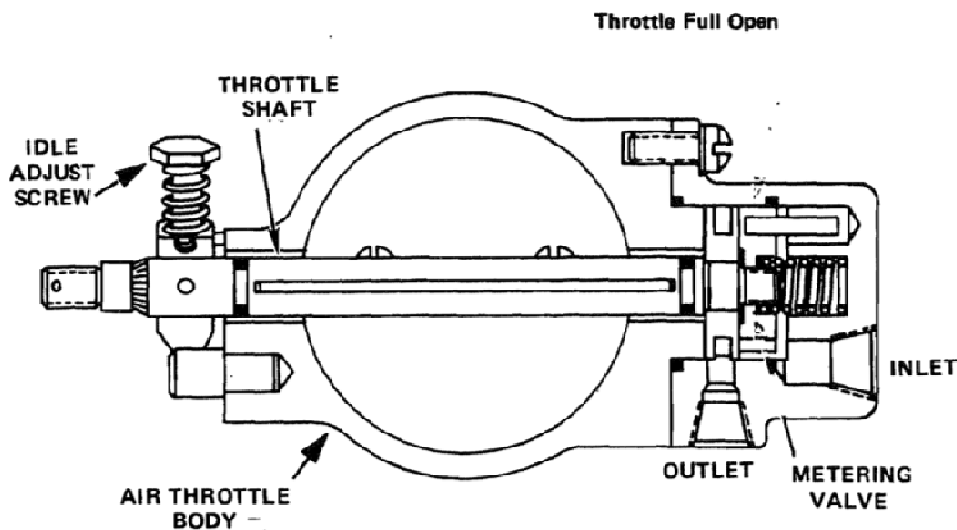


Figura 2.18. Esquema unidad control aire-combustible

Fuente: CM, maintenance and operator's manual IO-360 series

2.9. Colector distribuidor de combustible

El colector-distribuidor de combustible tiene la forma de un pequeño depósito cilíndrico, del que salen tantas tuberías como cilindros tiene el motor.

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 recibiendo cada cilindro la misma cantidad de gasolina y contribuir a la parada rápida y efectiva del motor, cortando el paso de combustible a los inyectores.

El colector consiste en una membrana que separa a dos cámaras internas: la cámara inferior, que se llena de gasolina procedente de la válvula medidora, y la cámara superior, que tiene un orificio por el cual dicha cámara se ventila a la atmósfera. Por tanto, esta última es una cámara de aire. La membrana flexible del colector está reforzada por la acción de un resorte. El combustible entra a presión por la boca, y empuja la membrana hacia arriba, en tanto que la presión de la gasolina es suficientemente alta para vencer la fuerza del resorte antagonista.

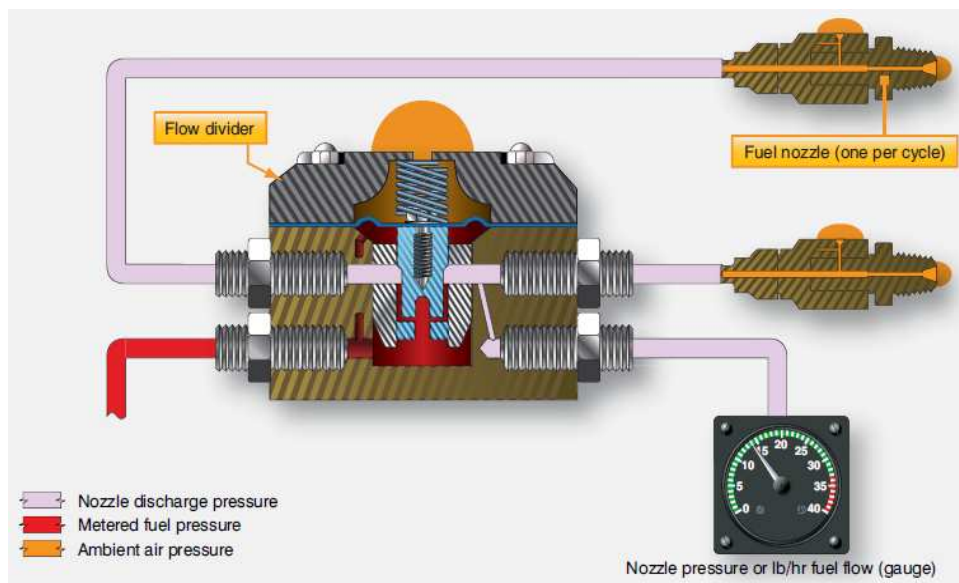


Figura 2.19. Esquema colector-distribuidor de combustible

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.9.1. Válvulas de corte y de tulipa

El colector-distribuidor tiene dos pequeñas válvulas en su interior: 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. 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 combustible 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.

2.9.2. Ventilación del colector

La cámara superior del colector está ventilada a la atmósfera. Por el orificio de ventilación se expulsa el aire que desplaza la membrana cuando se mueve de arriba y abajo.

La importancia y el buen funcionamiento de la ventilación del colector, es necesario mencionar las siguientes observaciones:

1. Si el orificio de ventilación está sucio, o tiene alguna obstrucción, la cámara superior no respira bien, 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.
2. Comprobar que el orificio de ventilación no está orientado bajo ninguna circunstancia, hacia la dirección de la corriente de aire de refrigeración del motor.

2.10. Inyectores de combustible

Los inyectores cumplen con la función de descargar el combustible en la entrada de la válvula de admisión de cada cilindro.

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.

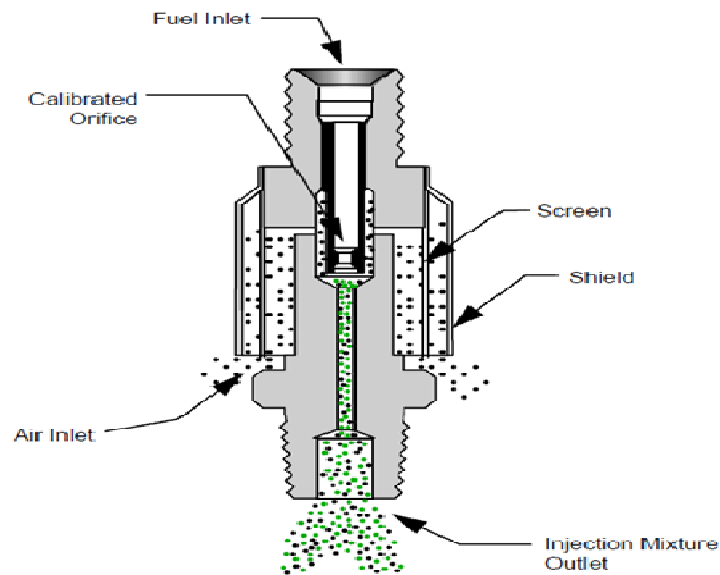


Figura 2.20. Esquema inyector de combustible

Fuente: Continental Motors, permold series maintenance manual IO-520

El colector distribuidor es el encargado de repartir el flujo de combustible por las tuberías hasta los inyectores.

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 mezcla con el combustible formando una emulsión que ayuda a la vaporización completa y rápida. El porta inyector tiene una rejilla cilíndrica que actúa de filtro; que impide el paso de impurezas hacia el interior del inyector. La rejilla está protegida con una caperuza encajada a presión.

Los inyectores son propensos a recoger suciedad, que afecta a sus condiciones de servicio. Por eso hay que seguir los procedimientos de limpieza que señalan los manuales de servicio, también cabe recalcar que los inyectores se instalan por conjuntos, en cada motor, y deben ser sustituidos por otros de idéntica letra y tipo.



Figura 2.21. Tipos de inyectores de combustible

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL MODELO IO-360 D EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA

3.1. Preliminares

Una vez analizados cada uno de los componentes se puede proceder a realizar inspecciones de funcionamiento y tareas de mantenimiento sobre cada uno de los mismos, estos procedimientos se efectuarán con la guía del Manual de Overhaul del motor Teledyne Continental IO-360 series y Service Information Directive SID97-3E.

3.2. Motor Teledyne Continental Motors IO 360 D

El motor TC IO-360 D cumple con las siguientes especificaciones las cuales fueron tomadas de la placa de identificación que consta de lo siguiente:

✦ Model	IO – 360 – D (21)
✦ Firing order	1 – 6 – 3 – 2 – 5 – 4
✦ Fuel	100 – 100LL
✦ Ser. No.	063040-R
✦ T.C.	E1CE
✦ RPM	2800
✦ HPMC	210



Figura 3.1. Placa de identificación en el motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.3. Componentes del sistema de inyección de combustible

Los componentes que integran el sistema de inyección de combustible del motor TC IO-360D son cuatro: bomba de combustible, unidad de control aire combustible, colector distribuidor de combustible e inyectores, de acuerdo a la investigación realizada en fuentes de texto, en los manuales del motor Teledyne Continental IO-360, TSIO-360, SID97-3E, SB06-1A, CSB01-1.

3.3.1. Bomba de inyección de combustible

La bomba de combustible se encuentra acoplada al motor TC IO-360 D en la parte inferior derecha tras la hélice, también se observa que la bomba permite el control de la mezcla de combustible; un sistema que cada vez está evolucionando donde la bomba es totalmente independiente del control de la mezcla en nuevos modelos de motores trasladándose a la unidad de control de combustible (FCU) donde se integran las palancas en cabina (Throttle lever, Mixture lever).

La bomba de inyección al ser un componente exterior pero acoplado al motor permanece a cambios bruscos de temperatura corriendo el riesgo de perder su función, de acuerdo a la condición que se encontraba (en la intemperie) se

procedió a revisar cuidadosamente tanto visual como estructural para determinar posibles causas de daño y corregir inmediatamente de acuerdo a lo que el manual establezca.

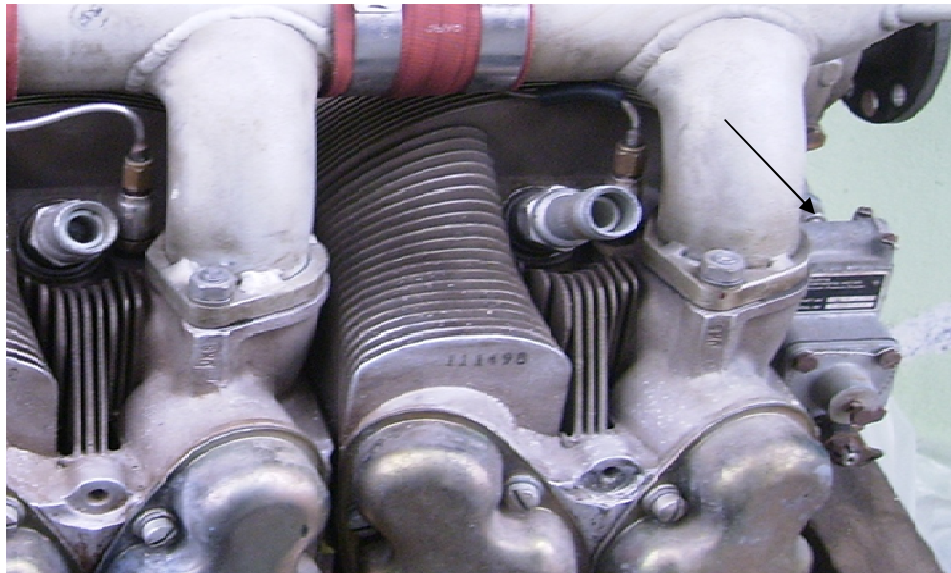


Figura 3.2. Bomba de combustible en el motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.3.2. Unidad de control aire combustible

La unidad de control aire combustible se encuentra acoplada y ajustada al motor TC IO-360 D mediante pernos en la parte central superior delantera del bloque, enlazada al sistema de admisión de aire y tras la hélice, esta unidad permite la aceleración del motor mediante el paso de aire a través de la válvula mariposa y combustible hacia los cilindros luego de haber pasado por el colector distribuidor; la palanca de aceleración (Throttle lever) actúa directamente con la válvula mariposa.

La unidad de control aire combustible al cumplir con la función de paso de aire hacia los cilindros debe tener un conjunto de admisión integrado por el filtro y el acople para la sobrealimentación (turbo), en este caso la unidad de control aire combustible se encontraba sin ningún mecanismo de admisión solamente contaba con una tapa de protección hacia la válvula mariposa; es necesario revisar los

manuales para identificar el mantenimiento que se debe realizar de acuerdo con la relación de ralentí y paso de combustible a la unidad de distribución.

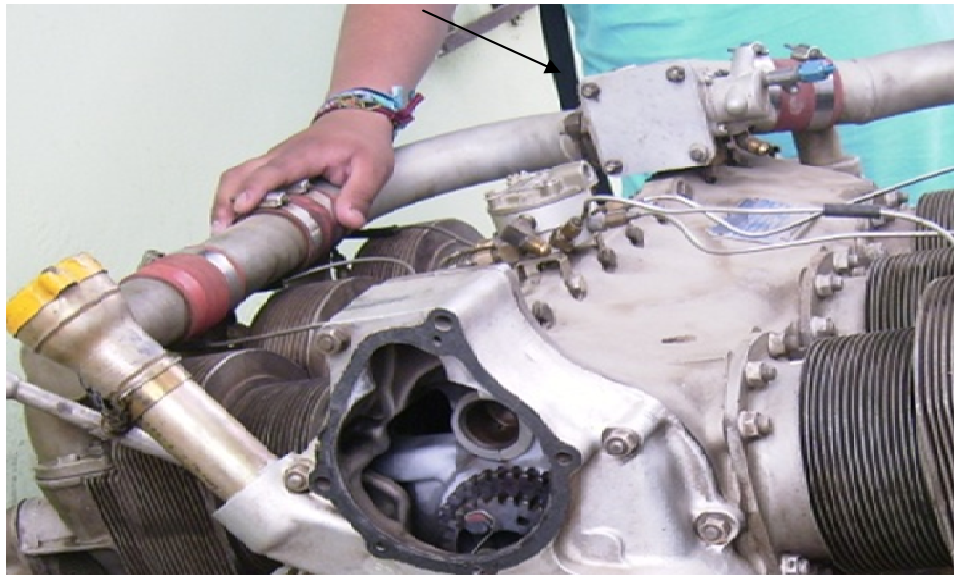


Figura 3.3. Protección a la válvula mariposa en el motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.3.3. Colector distribuidor de combustible

El colector distribuidor de combustible está ubicado en la parte central superior del bloque, acoplado y ajustado al motor TC IO-360 D mediante pernos, este componente cuenta con todas las líneas de distribución de combustible hacia los inyectores, indispensable para la combustión en el cilindro.

El colector distribuidor de combustible cuenta con un orificio de ventilación hacia la atmósfera de vital importancia para el desplazamiento de las válvulas de corte y tulipa, se verificó su estado mediante una inspección visual logrando detectar pequeñas partículas de polvo y tierra, lo que conlleva a ver los procedimientos de mantenimiento apoyándome en el manual.

Verificar el estado de las líneas de distribución de acero inoxidable mediante una inspección visual para luego seguir con los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo.

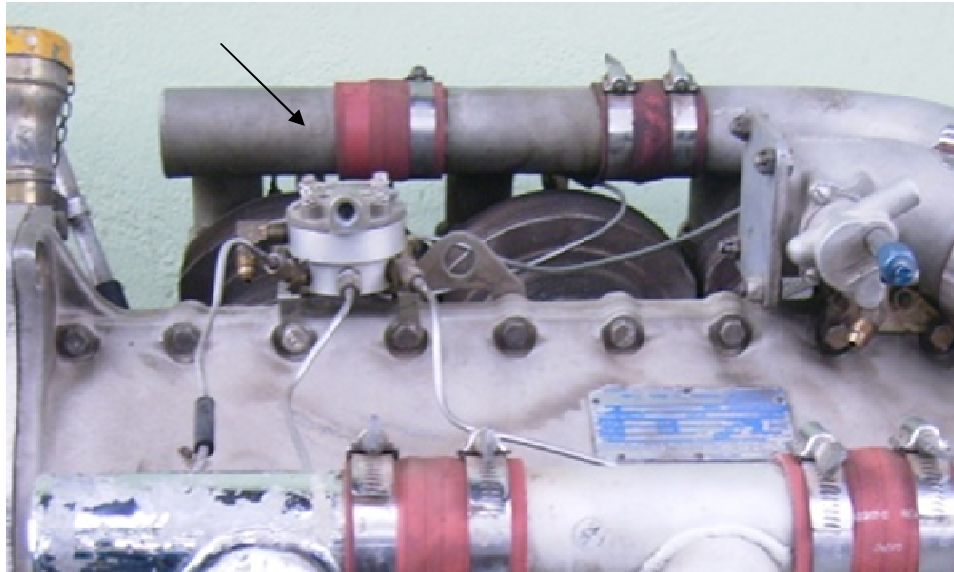


Figura 3.4. Colector distribuidor de combustible en el motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.3.4. Inyectores

Los inyectores de descarga de combustible están localizados en la cabeza del cilindro en la parte superior de cada uno de ellos del motor TC IO-360 D, estos son alimentados mediante las líneas de distribución de combustible.

Los inyectores para descargar el combustible en la lumbrera del cilindro debe con anterioridad dosificar el carburante de acuerdo a la función de la rejilla de admisión de aire es por eso que se debe tomar en cuenta el estado en que se encuentre, libre de impurezas; o de acuerdo a las descripciones del manual de mantenimiento.

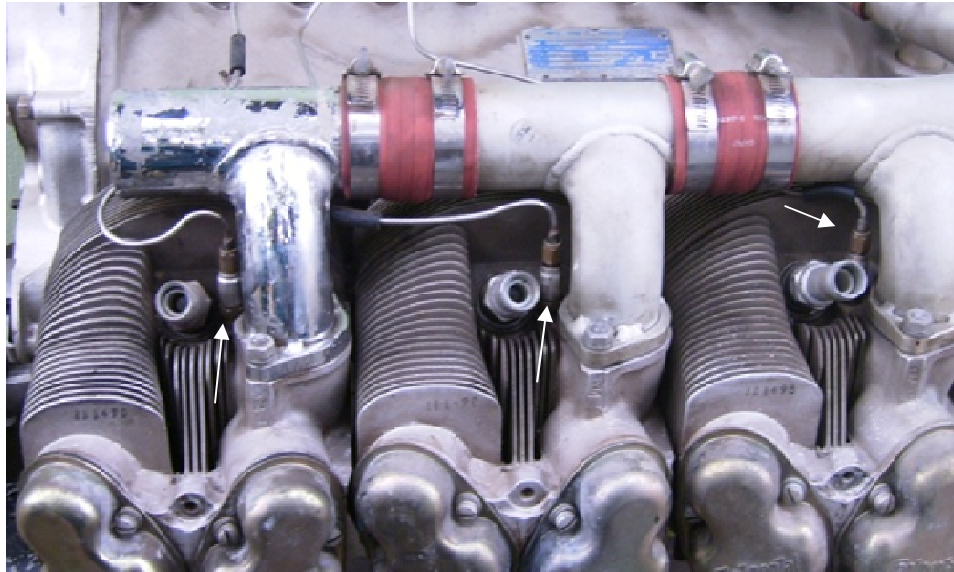


Figura 3.5. Inyectores de combustible en el motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.4. Limpieza de componentes del sistema de inyección de combustible

La limpieza es un factor muy importante en las tareas de mantenimiento es por eso que fue el primer paso que se realizó, para eliminar cualquier impureza en los componentes.

De acuerdo al manual de mantenimiento y operación de Continental Aircraft Engine IO-360 series para el sistema de inyección de combustible TCM no requiere ninguna preparación especial para su conservación.

A continuación se detallan cada uno de los procesos de limpieza que se realizaron a los componentes del sistema de inyección de combustible.

3.4.1. Limpieza bomba de inyección de combustible

La bomba de inyección de combustible al ser el componente más complejo y delicado del sistema se lo manipuló con mucha precaución para evitar fisuras o hasta posibles daños.

Para realizar la limpieza se utilizó combustible Avgas 100LL que se lo encuentra en cualquier compañía aérea de la región III, puesto que facilita quitar la grasa, líquidos hidráulicos o hasta aceite, posterior se pasó una franela limpia permitiendo obtener el resultado adecuado, una bomba limpia superficialmente.

Se analizó los diferentes fitting de la bomba de inyección mediante el uso de aire a presión para descartar la obstrucción de paso del fluido e identificar la función de cada uno.



Figura 3.6. Bomba de inyección limpia

Fuente: Investigación de campo

3.4.2. Limpieza unidad de control aire combustible

La unidad de control de aire combustible al estar acoplada al bloque del motor y ajustada con pernos se lo limpió con las debidas precauciones, utilizando una brocha con combustible avgas 100LL en la parte superficial de la unidad y en especial en el tornillo de ajuste de ralentí con su respectivo resorte y el tornillo de ajuste de mezcla en la válvula dosificadora, elementos que deben permanecer libres de impurezas para su posterior estudio y manipulación.

En la parte interna de la unidad al encontrarse la válvula mariposa se procedió a limpiar con aire a presión para evitar posibles rayones en el cuerpo de la válvula,

luego al inspeccionar que no exista impureza alguna se procede a pasar una franela húmeda completando el ciclo de limpieza y obteniendo una unidad lista para el análisis.

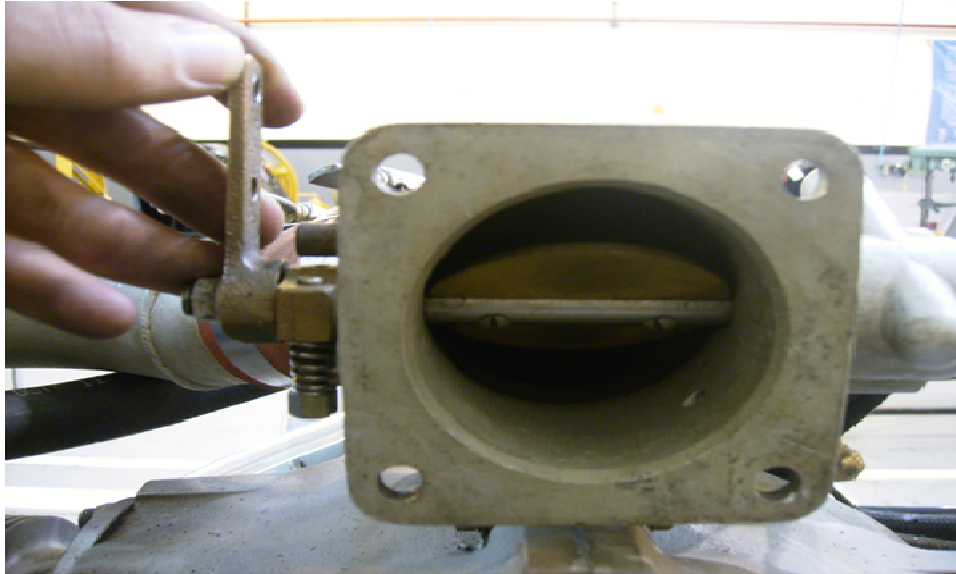


Figura 3.7. Cuerpo y accionamiento de la válvula mariposa

Fuente: Investigación de campo

3.4.3. Limpieza colector distribuidor de combustible

El colector distribuidor de combustible al permanecer acoplado al bloque del motor por pernos permitió analizar la dirección de salida de aire del orificio de ventilación verificando que este se encuentre en la misma dirección del flujo de aire para la refrigeración del motor como lo especifica el manual, esto permitió ver detalladamente el orificio de ventilación para así con un alambre de freno 0,64mm de acerodelgado y aire a presión retirar las impurezas acumuladas, luego con una brocha y combustible Avgas 100LL dando el acabado final de limpieza.

Para un buen mantenimiento en las líneas de distribución de combustible se procedió a desarmar cada una de ellas para primero pasar aire a presión y luego pulverizar.

Se examinó los fitting del colector distribuidor mediante el uso de aire a presión para descartar la obstrucción de paso del fluido.



Figura 3.8. Mantenimiento en las líneas de distribución

Fuente: Investigación de campo

3.4.4. Limpieza inyectores

El proceso para la limpieza de inyectores fue por inmersión, es decir, a los inyectores se puso en un recipiente lleno de combustible avgas 100LL y se los fue removiendo hasta que salgan las impurezas. Este proceso se repitió tres veces hasta que el combustible quede limpio, luego se los pasó aire a presión a los inyectores en la dirección contraria a la que sigue normalmente el flujo del carburante.



Figura 3.9. Proceso de inmersión en los inyectores

Fuente: Investigación de campo

3.5. Reconocimiento de componentes del sistema de inyección de combustible

Una vez que los componentes cumplieron con el primer paso y el de mayor importancia en las tareas de mantenimiento se procedió a la identificación de cada uno de ellos.

A continuación se detallan las características de los componentes de inyección de combustible.

3.5.1. Identificación bomba de inyección

La bomba de combustible pertenece a la firma Teledyne Continental Motors, su forma de actuar es a través de un piñón de arrastre que recibe el movimiento directamente desde el cárter de engranajes del motor. También la bomba es de desplazamiento constante.

La identificación de la bomba de inyección de combustible es:

P/N: 688157. 2A1

S/N: 32040

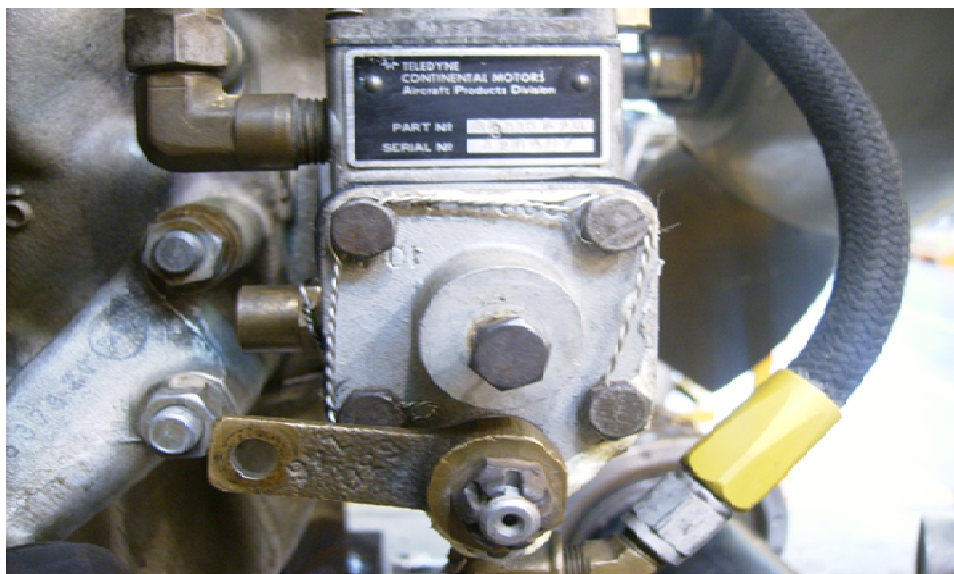


Figura 3.10. Placa de identificación de la bomba

Fuente: Investigación de campo

La bomba de inyección de combustible que posee el motor TC IO-360 D tiene un sistema integrado de bombeo y de regulación de presión de combustible debido a que incorpora los órganos controladores necesarios para ajustar la cantidad de gasolina que necesita el motor.

La bomba de combustible consta de lo siguiente:

1. Fitting de drenaje
2. Fitting de salida de combustible hacia la unidad de control
3. Fitting de entrada de combustible a la bomba
4. Fitting de retorno de vapor de combustible
5. Válvula de alivio de presión de ralentí
6. Orificio calibrado de derivación
7. Control de la mezcla



Figura 3.11. Partes de la bomba de combustible

Fuente: Investigación de campo

3.5.2. Identificación unidad de control aire combustible

La unidad de control aire combustible al igual que la bomba pertenece a la firma Teledyne Continental Motors, su forma principal de actuar es mediante la válvula mariposa que permite el ajuste de ralentí a través de la palanca de aceleración en

cabina. También la unidad de control aire combustible posee un tornillo de ajuste de mezcla que permite el paso de combustible hacia el colector distribuidor.

La identificación de la unidad de control aire combustible es:

PT. NO.: 640563-7
SER. NO.: 6/8 8478A

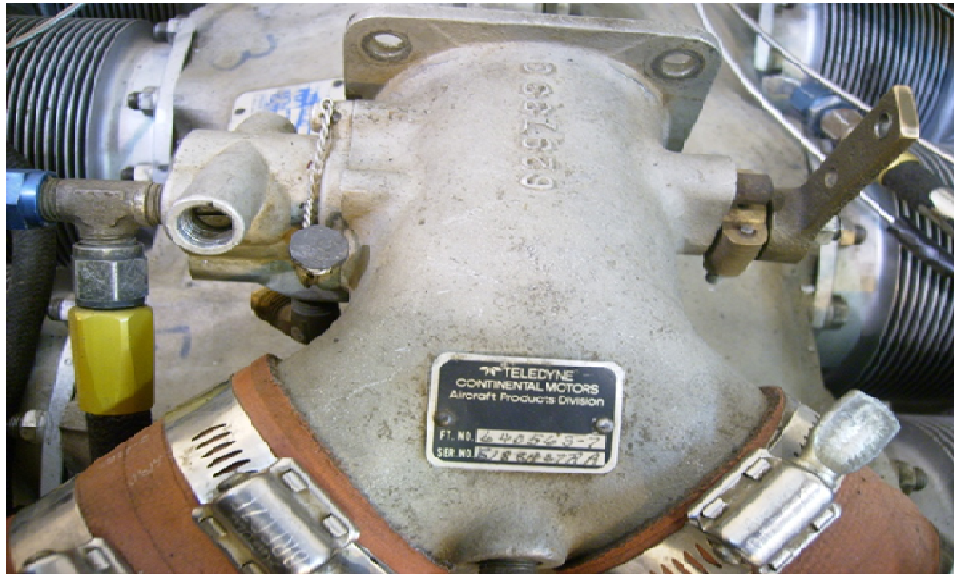


Figura 3.12. Placa de identificación de la unidad de control aire combustible

Fuente: Investigación de campo

La unidad de control aire combustible que posee el motor TC IO-360 D tiene un sistema doble acoplado en la misma unidad. Estos dos elementos reflejan el alcance mecánico de ambas válvulas, es decir, el movimiento de las dos válvulas es armónico, de manera que cuando aumenta el consumo de aire del motor aumenta también el flujo de combustible hacia el colector distribuidor y posterior a cada cilindro. Por esta razón el flujo de combustible es proporcional al régimen del motor.

La unidad de control aire combustible consta de lo siguiente:

1. Fitting de salida de combustible hacia el colector distribuidor
2. Fitting de entrada de combustible a la unidad
3. Tornillo de ajuste de ralentí
4. Eje del acelerador

5. Cuerpo del acelerador de aire
6. Válvula de regulación de combustible



Figura 3.13. Partes de la unidad de control aire combustible

Fuente: Investigación de campo

3.5.3. Identificación colector distribuidor de combustible

El colector distribuidor de combustible también pertenece a la firma Teledyne Continental Motors, su forma de actuar es distribuyendo el combustible dosificado en las mismas cantidades a cada uno de los cilindros a través de los inyectores.

Contribuye a la parada rápida y efectiva del motor cortando el paso de combustible a los inyectores.

La identificación del colector distribuidor de combustible es:

P/N: 3135HIA8

S/N: 269566CR

El colector distribuidor de combustible que posee el motor TC IO-360 D tiene la forma de un pequeño depósito cilíndrico de donde salen las seis tuberías para cada inyector.



Figura 3.14. Placa de identificación del colector distribuidor de combustible

Fuente: Investigación de campo

El colector distribuidor de combustible consta de lo siguiente:

1. Fitting de entrada de gasolina
2. Salida de combustible a los inyectores
3. Orificio de ventilación
4. Fitting indicador de presión regulada



Figura 3.15. Partes del colector distribuidor de combustible

Fuente: Investigación de campo

3.5.4. Identificación inyectores

Los inyectores de combustible pertenece a la firma de Teledyne Continental Motors, su forma de actuar es a través de la descarga de combustible en la entrada de la válvula de admisión de cada cilindro.

La identificación de los inyectores de combustible que se encuentran en el motor se logro obtener a través de un boletín de servicio SB06-1A.

P/N: 640612

Los inyectores de combustible que posee el motor TC IO-360 D tienen un sistema que, el combustible se mezcla con una cierta cantidad de aire con el fin de dividirlo en gotitas muy pequeñas de combustible, listas para una rápida vaporización.

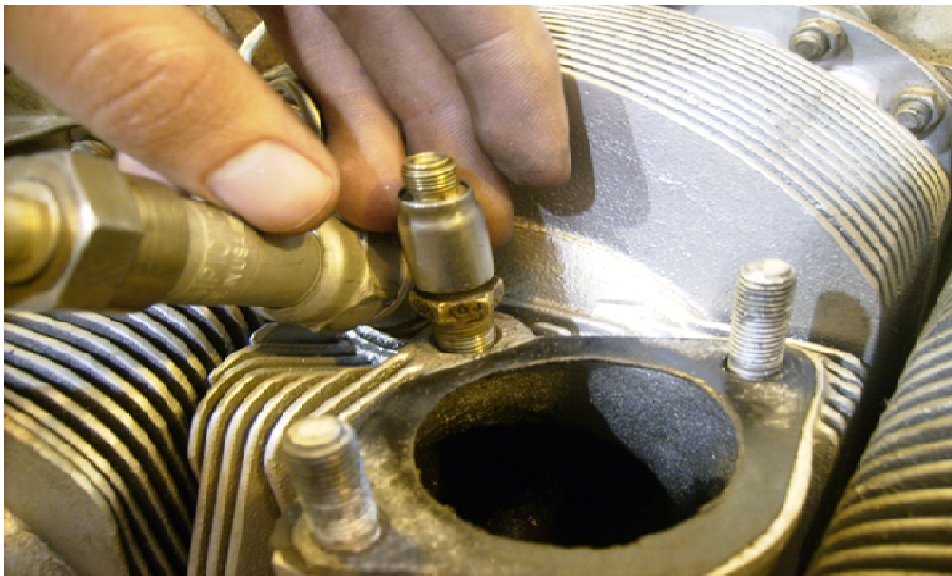


Figura 3.16. Inyector número 3

Fuente: Investigación de campo

Los inyectores de combustible constan de lo siguiente:

1. Entrada de combustible
2. Entrada de aire
3. Boca de descarga de la mezcla



Figura 3.17. Partes de los inyectores de combustible

Fuente: Investigación de campo

3.6. Rehabilitación de componentes del sistema de inyección de combustible

Una vez que los componentes del sistema de inyección de combustible recibieron el primer y más importante paso de mantenimiento que es la limpieza se procedió a su respectiva identificación para guiarnos en el estudio y así dar el servicio que manda el Manual de Overhaul del motor Teledyne Continental IO-360 Series (Anexo E).

De acuerdo al sistema de inyección de combustible en el motor TC IO-360 D se rigen a boletines de servicio, directivas de información las cuales deben ser cumplidas para un mantenimiento acorde a las especificaciones del fabricante.

Se ha considerado el uso de los siguientes documentos para el respectivo mantenimiento:

SERVICE INFORMATION DIRECTIVE SID97-3E (Anexo B)

Asunto: procedimientos y especificaciones para el ajuste del sistema de inyección de combustible tipo flujo continuo (TCM) Teledyne Continental Motors.

CRITICAL SERVICE BULLETIN CSB 01-1 (Anexo C)

Asunto: inspección de la bomba de combustible y sello de fugas.

SERVICE BULLETIN SB06-1A (Anexo D)

Asunto: Inspección y sustitución de inyectores del sistema de inyección Teledyne Continental Motores (TCM).

Al seguir con los procedimientos para la rehabilitación de los componentes de inyección de combustible se contó con el asesoramiento del técnico y jefe de mantenimiento de la empresa Aerokashurco Miguel Riofrio, quien nos impartió el conocimiento del funcionamiento del motor TCM IO-360 D y sus sistemas.



Figura 3.18. Técnico y jefe de mantenimiento Aerokashurco

Fuente: Investigación de campo

El mantenimiento que se va a realizar en los componentes es para comprobar, mejorar y rehabilitar su estado permitiendo dar mayor vida útil.

A continuación se detallan cada uno de los procesos de servicio que se realizaron a los componentes del sistema de inyección de combustible basándonos en el uso de manuales y boletines de servicio.

3.6.1. Habilitación de la bomba de inyección de combustible

Siguiendo la información del boletín de servicio CSB01-1 y a la misma vez el asesoramiento técnico me regí a seguir los siguientes procesos.

- a) Revisar el estado del sello de la bomba de combustible observando la existencia de fugas.

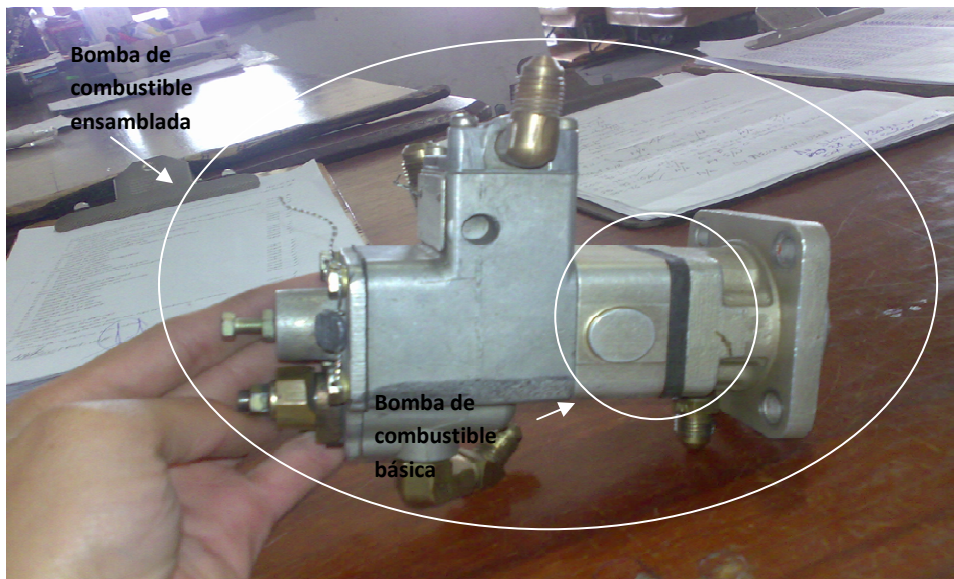


Figura 3.19. Revisión de elementos según CSB01-1

Fuente: Investigación de campo

Este paso de mantenimiento indica la importancia que tiene el sello de fuga, por el paso del flujo de combustible hacia el motor donde puede resultar una reducción del rendimiento del motor debido a la ingestión de aire si el sello de la bomba de combustible básica se ha movido de su posición original instalado y/o colocado mecánicamente.

ADVERTENCIA

El incumplimiento de este boletín de servicio puede dar lugar a una reducción o pérdida de potencia del motor.

- b) Procedimiento de prueba sobre el sello de fugas en la bomba de combustible básica.

Está basado para comprobar la integridad del conjunto de la bomba de combustible. A demás se debe inspeccionar visualmente el sistema de inducción y drenes para el combustible.



Figura 3.20. Sello de fugas en la bomba de combustible básica

Fuente: TC aircraft engine, critical service bulletin CSB01-1

- c) Verificar e inspeccionar el estado del piñón de arrastre entre la bomba y los engranes del motor.

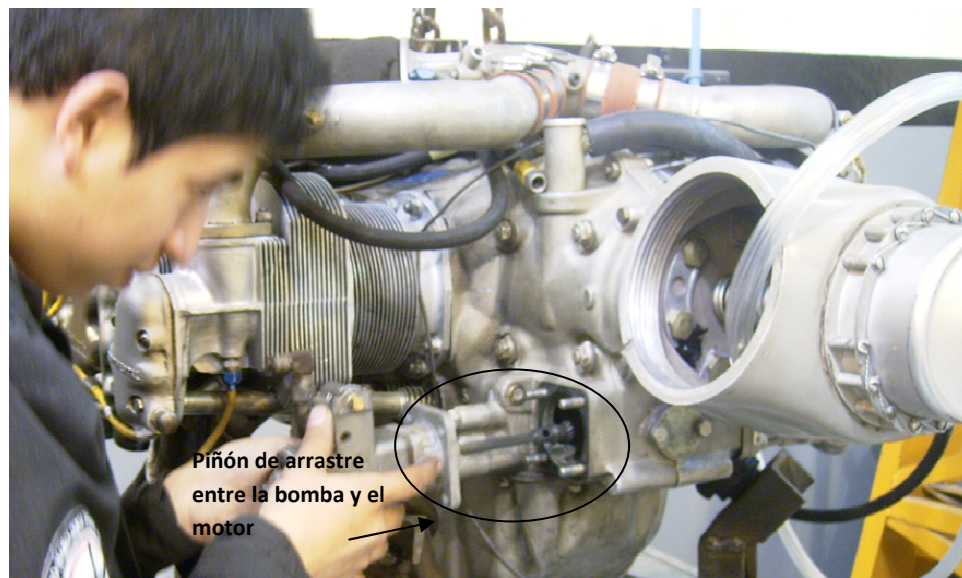


Figura 3.21. Piñón de arrastre bomba-motor

Fuente: Investigación de campo

Comprobando si existe desgaste en los engranes y hasta posibles limallas; lo cual fue descartado gracias a una inspección completa y revisada por personal técnico.

d) Procedimiento de prueba de paso de combustible sobre la bomba.

Mediante el uso de una bomba manual de 2 a 2.5 PSI que permita romper la inercia de las paletas de la bomba y constatar el estado en que se encuentre

Se localizó fuga de combustible en la tapa de la bomba en el tornillo de la válvula de alivio de baja presión, se procedió a destapar con mucho cuidado y observar que impedía el cierre total: el problema fue el desgaste entre estos dos elementos.

El procedimiento para el mantenimiento de esta fuga fue poner silicona en el área afectada y unir estos dos elementos nuevamente dando un entorchado para el acabado final.

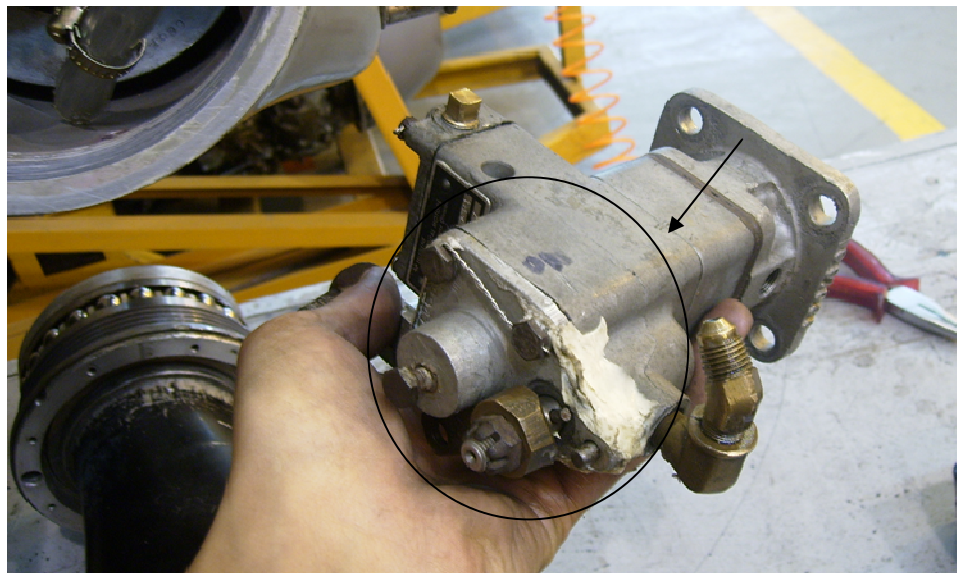


Figura 3.22. Ubicación de silicona y entorchado final

Fuente: Investigación de campo

3.6.2. Habilitación de la unidad de control aire combustible

Acorde a las especificaciones del manual de mantenimiento y operación TCM IO-360 D series y a la vez con las recomendaciones de personal técnico se siguió con los siguientes pasos.

a) Servicio de mantenimiento en la unidad

Para determinar si existe un problema en el sistema de inyección de combustible del motor es aconsejable confirmar que los otros sistemas del motor, (en particular el sistema de combustible de la aeronave y el sistema de encendido) están funcionando correctamente antes de concluir que el problema radica en el sistema de inyección de combustible.

Cualquier fallo en el sistema de inyección de combustible es probable que se asocie con la suciedad o materias extrañas. Por esta razón es importante tener limpias las líneas de suministro de combustible.



Figura 3.23. Trabajo en equipo para habilitación de sistemas

Fuente: Investigación de campo

Es necesario rosear el tornillo de ajuste/alivio de ralentí con WD-40 al igual que el tornillo de ajuste de mezcla en la válvula dosificadora.

b) Ajuste de controles

En el ajuste de la velocidad de ralentí corresponde al tornillo con resorte convencional, situado en la palanca de gases del aire.

Para determinar este tipo de ajuste se debe contar con un tacómetro de RPM para ir calibrando de acuerdo al ajuste de la velocidad de ralentí para 600 RPM; este procedimiento fue realizado por el asesor técnico debido a que no contábamos con el tacómetro para la regulación manual.

Para el ajuste de mezcla de la válvula dosificadora se realiza mediante el tornillo que se encuentra encima del sello.

Apretando el tornillo proporcionará una mezcla más pobre y una mezcla más rica se obtiene por retroceder el tornillo.

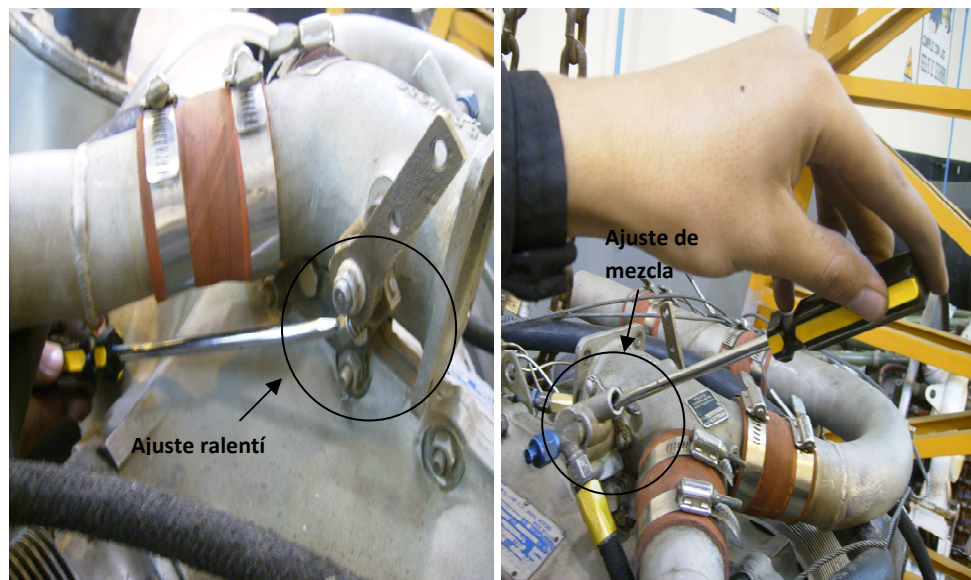


Figura 3.24. Ajustes de controles

Fuente: Investigación de campo

3.6.3. Habilitación del colector distribuidor de combustible

Al seguir con las recomendaciones del manual de mantenimiento y operación TCM IO-360 D series e información de servicio de directiva SID97-3E se realiza los siguientes pasos de servicio hacia el colector.

- a) Verificar la dirección del orificio de ventilación del colector distribuidor.
Corregir si existen discrepancias

La importancia del orificio de ventilación en el colector distribuidor se rige al desplazamiento de las válvulas en el momento que actúa el motor en ralentí y en máxima potencia.

Este proceso se lo realizó en la fase de limpieza.

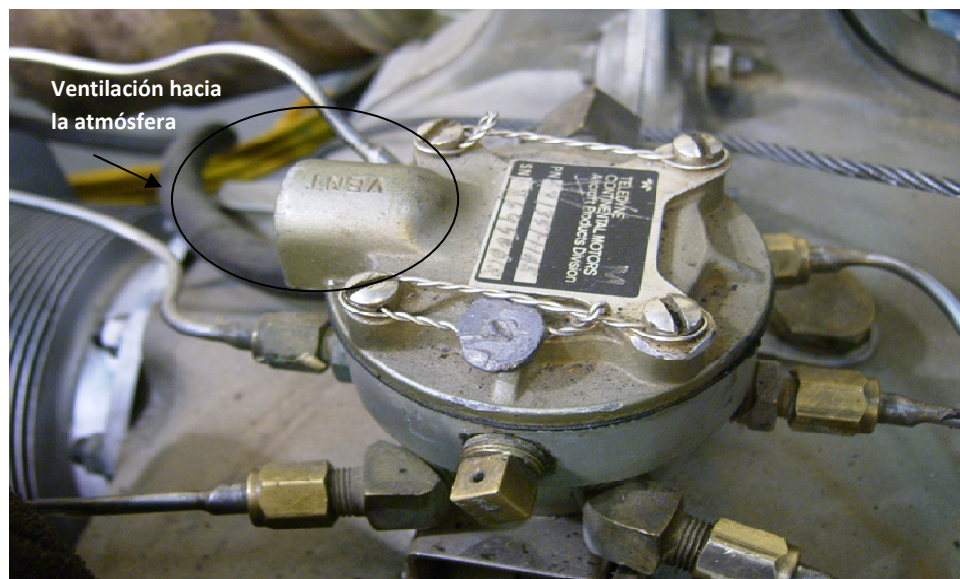


Figura 3.25. Orificio de ventilación apto para el desplazamiento de las válvulas

Fuente: Investigación de campo

- b) Inspeccionar las líneas de distribución de combustible

Las líneas de distribución de combustible de acero inoxidable son analizadas y también puestas a prueba mediante el paso de combustible, comprobando el estado para nuevamente ser instaladas en la unidad colectora.

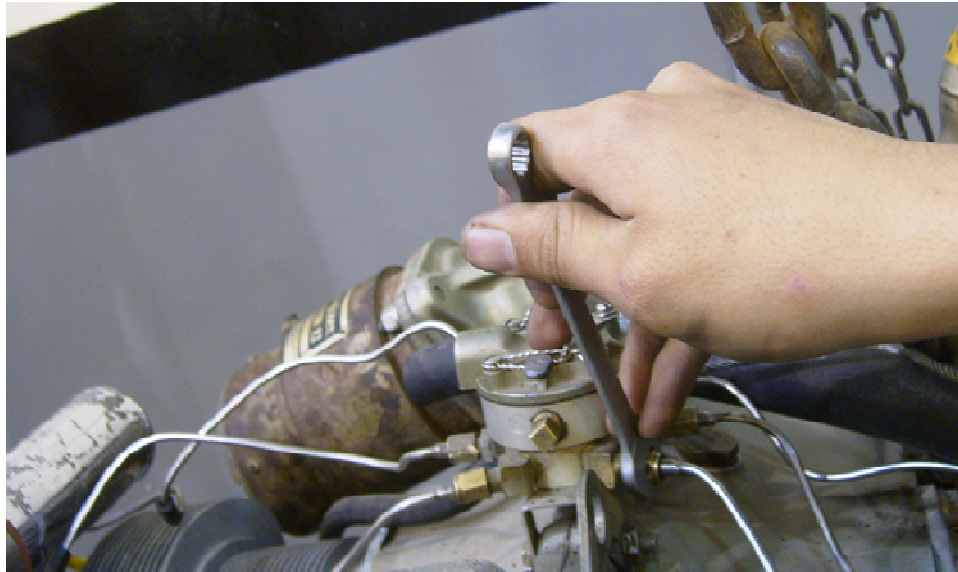


Figura 3.26. Inspección de líneas de distribución

Fuente: Investigación de campo

3.6.4. Habilitación de inyectores

Conforme a las especificaciones del boletín de servicio SB06-1A, manual de mantenimiento y operación TCM IO-360 D series y contando con el apoyo de personal técnico se cumplió con los siguientes pasos.

- a) Aflojar y retirar las líneas de distribución de combustible en cada una de las boquillas/inyectores.
- b) Tener en cuenta el inyector que pertenece a cada cilindro, no perder el orden de ubicación.
- c) Utilizando una herramienta de calibre, pasador de diámetro 0.055" (1.3970mm), inspeccionar cada conjunto de boquilla de inyección de combustible.

ADVERTENCIA

La herramienta de calibre pin debe ser inspeccionado antes de cada uso para asegurarse de que está libre de impurezas y NO DEBE ser insertado en el cuerpo de la boquilla de inyección de combustible más allá de la profundidad indicada. Nunca intentar despejar una obstrucción de la boquilla por cualquier medio mecánico.

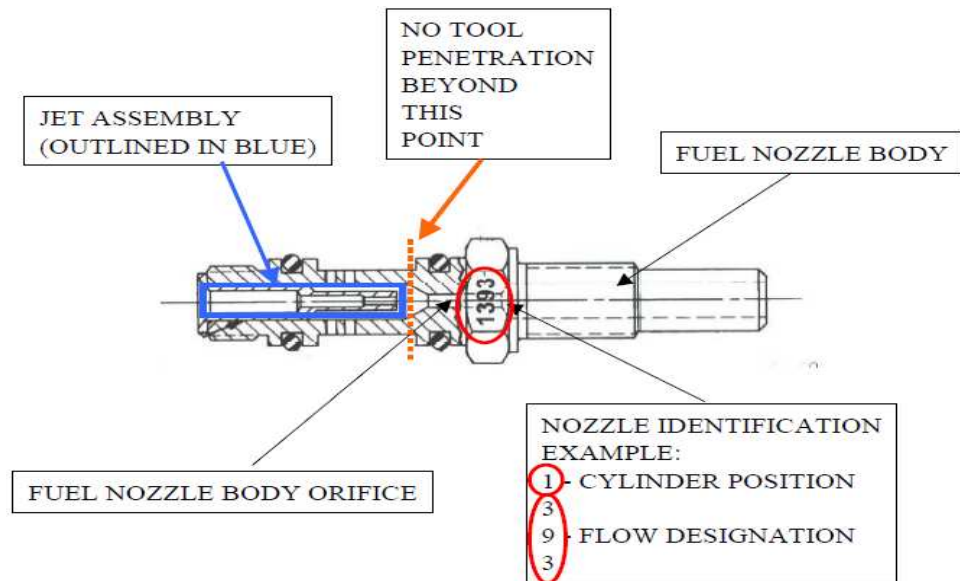


Figura 3.27. Especificaciones boletín de servicio SB06-1A

Fuente: Boletín de servicio SB06-1A

- d) Comprobar que los orificios de boquilla de inyección de combustible del cuerpo están mecanizados para el mismo tamaño mediante la determinación de si el pasador puede o no ser insertado en cada orificio de inyección en el conjunto del cuerpo de la boquilla.



Figura 3.28. Orden de inyectores acorde al número de cilindro

Fuente: Investigación de campo

- e) Antes de volver a instalar el conjunto de inyectores deben ser limpiados nuevamente por proceso de inmersión durante varias horas. En el caso que los inyectores estén obstruidos y no se puedan limpiar por la acción disolvente, deben ser reemplazados.



Figura 3.29. Comparación de pin calibrador e inyector

Fuente: Investigación de campo

- f) Instalar las líneas de distribución de combustible en el conjunto de la boquilla de inyección. Apriete la tuerca de la línea de combustible a 40-45 pulgadas-libra.



Figura 3.30. Instalación de inyectores acorde SB06-1A

Fuente: Investigación de campo

3.7. Instalación de componentes del sistema de inyección de combustible en el motor TC IO-360 D

Los componentes que fueron removidos del motor TC IO-360 D por motivos de mantenimiento deben ser colocados nuevamente siguiendo las recomendaciones de manuales e información de servicio de directiva SID97-3E donde se utilizaron varias herramientas y máquinas que se detallan a continuación.

Tabla 3.1. Clasificación de Herramientas *



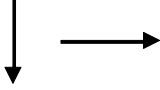
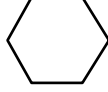
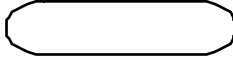
Nº	Herramientas	Código
1	Llave mixta 7/8"	H1
2	Llave mixta 9/16"	H2
3	Llave mixta 1/2"	H3
4	Llave mixta 7/16"	H4
5	Llave mixta 3/8"	H5
6	Copa grande 7/8"	H6
7	Racha	H7
8	Juego de copas para racha	H8
9	Desarmador plano	H9
10	Desarmador estrella	H10
11	Pulverizador	H11
12	Extensión neumática	H12
13	Pinza	H13
14	Martillo de goma	H14
15	Linterna	H15

Tabla 3.2. Clasificación de máquinas **

Nº	Máquinas	Características	Código
1	fuelle de poder	12/24 V	M1
2	bomba manual de combustible	5 - 10 PSI	M2
3	compresor	80 PSI	M3

Es por eso que para indicar los procesos de instalación de los componentes de inyección de combustible se ha recurrido a representar por diagramas en donde se utilizan los siguientes símbolos.

Tabla 3.3. Simbología

Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Componente instalado	
5	Sistema terminado	

3.7.1. Puesta de la bomba de inyección al motor

Para ejecutar la puesta de la bomba de inyección al motor se contó con el apoyo de herramientas, equipos de protección y de manera primordial el uso de boletines de servicio SID97-3E, también con la supervisión de personal técnico que menciona todos los procedimientos necesarios para poder instalar la bomba de inyección de una manera técnica y segura.

3.7.1.1. Diagrama de procesos para la posición de la bomba de inyección

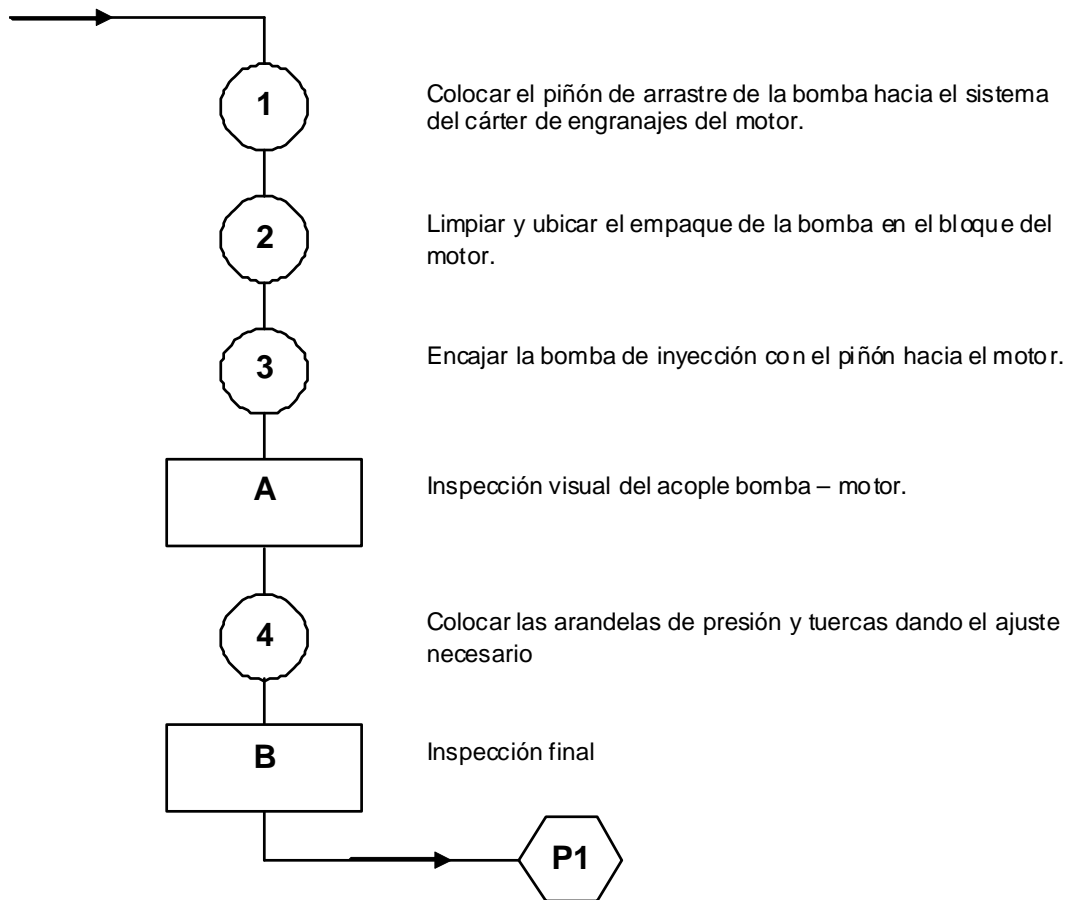


Figura 3.31. Diagrama de procesos de la bomba de inyección

Fuente: Investigación de campo

3.7.1.2. Tabla de procesos de instalación de la bomba de inyección

Tabla 3.4. Procesos de instalación de la bomba de inyección

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	t	H*	t
1	Colocar el piñón de arrastre de la bomba hacia el sistema del cárter de engranajes del motor.			H9-H15	7
2	Limpiar y ubicar el empaque de la bomba en el bloque del motor.	M3	3	H11-H12-H13	10
3	Encajar la bomba de inyección con el piñón hacia el motor.			H10-H14	5
4	Colocar las arandelas de presión y tuercas dando el ajuste necesario			H3-H7-H8	8

3.7.2. Puesta de la unidad de control aire combustible

La unidad de control aire combustible permaneció en el motor TC IO-360 D en todas las fases de mantenimiento lo que facilitó el proceso de comprobación de los pernos y tuercas de ajuste, de igual forma se contó con el apoyo de herramientas, equipos de protección y de manera primordial el uso del manual de mantenimiento y operación del motor IO-360 series y con la supervisión de personal técnico que sugiere los procedimientos necesarios para poder reajustar la unidad al motor de una manera técnica y segura.

3.7.2.1. Diagrama de procesos para la posición de la unidad de control aire combustible

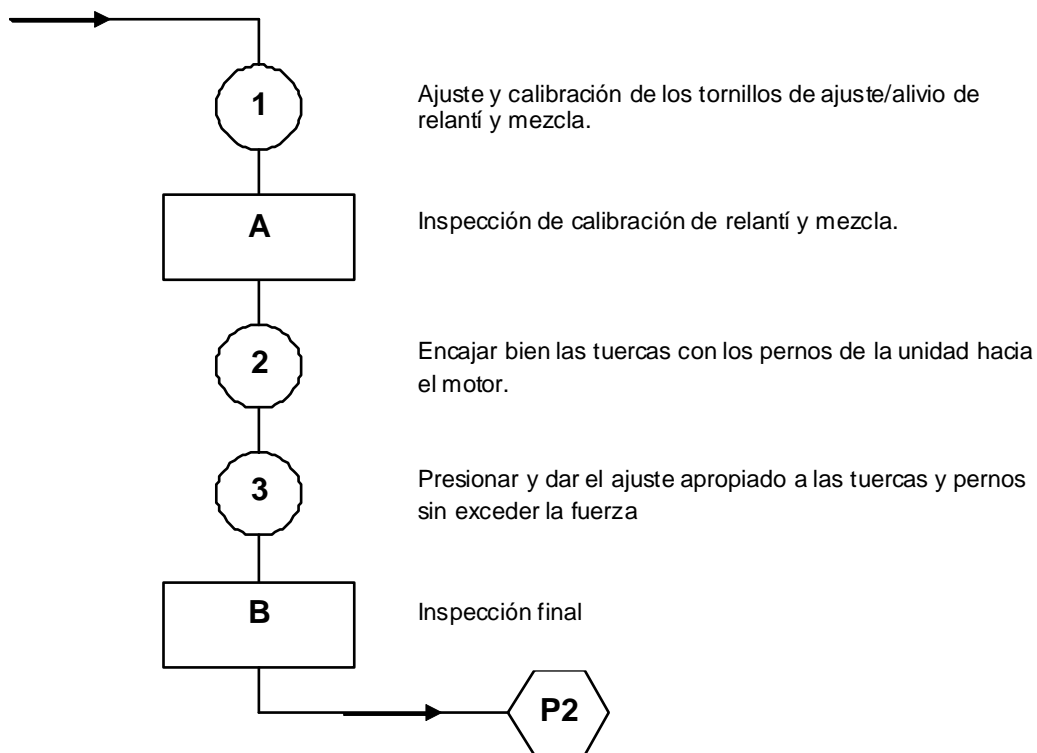


Figura 3.32. Diagrama de procesos de la unidad de control aire combustible

Fuente: Investigación de campo

3.7.2.2. Tabla de procesos de comprobación de ajuste de la unidad de control aire combustible

Tabla 3.5. Procesos de comprobación de ajuste de la unidad

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	t	H*	t
1	Ajuste y calibración de los tornillos de ajuste/alivio de relantí y mezcla.			H5-H9	20
2	Encajar bien las tuercas con los pernos de la unidad hacia el motor.			H13-H14	5
3	Presionar y dar el ajuste apropiado a las tuercas y pernos sin exceder la fuerza			H3-H7-H8	7

3.7.3. Puesta del colector distribuidor de combustible

El colector distribuidor de combustible permaneció en el motor TC IO-360 D en todas las fases de mantenimiento lo que facilitó el proceso de comprobación de los pernos y tuercas de ajuste, se contó con el apoyo de herramientas, equipos de protección, información de directiva de servicio SID97-3E, también contando con la supervisión de personal técnico para seguir con los procedimientos necesarios para poder reajustar la unidad al motor de una manera técnica y segura.

3.7.3.1. Diagrama de procesos para la posición del colector distribuidor de combustible

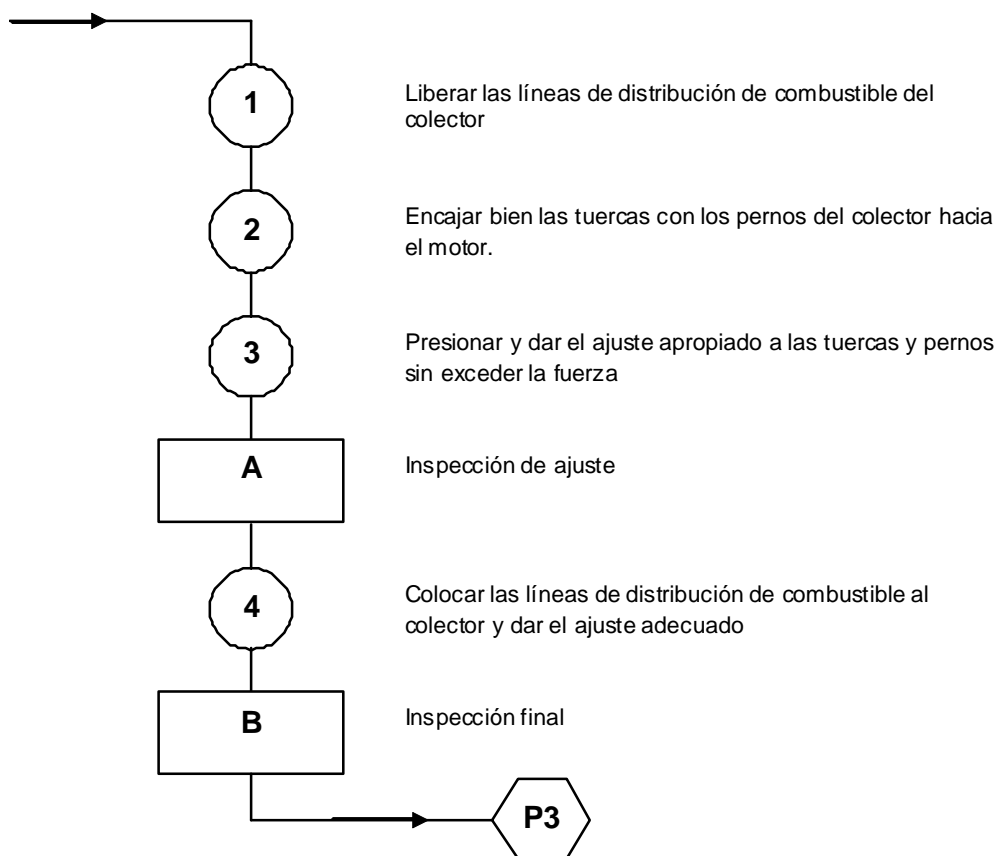


Figura 3.33. Diagrama de procesos del colector distribuidor de combustible

Fuente: Investigación de campo

3.7.3.2. Tabla de procesos de comprobación de ajuste del colector distribuidor de combustible

Tabla 3.6. Procesos de comprobación de ajuste del colector distribuidor

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	t	H*	t
1	Liberar las líneas de distribución de combustible del colector			H5-H13	12
2	Encajar bien las tuercas con los pernos del colector hacia el motor.			H13-H14	5
3	Presionar y dar el ajuste apropiado a las tuercas y pernos sin exceder la fuerza			H3-H7-H8	7
4	Colocar las líneas de distribución de combustible al colector y dar el ajuste exacto			H5-H13	12

3.7.4. Puesta de inyectores

Para ejecutar la puesta de los inyectores en los cilindros se contó con un boletín de servicio SB06-1A, además con el apoyo de herramientas, equipos de protección y de manera esencial la supervisión de personal técnico que de acuerdo a su experiencia guió los procedimientos necesarios para poder instalar los inyectores de una manera técnica y segura según las indicaciones de servicio.

3.7.4.1. Diagrama de procesos para la posición de los inyectores

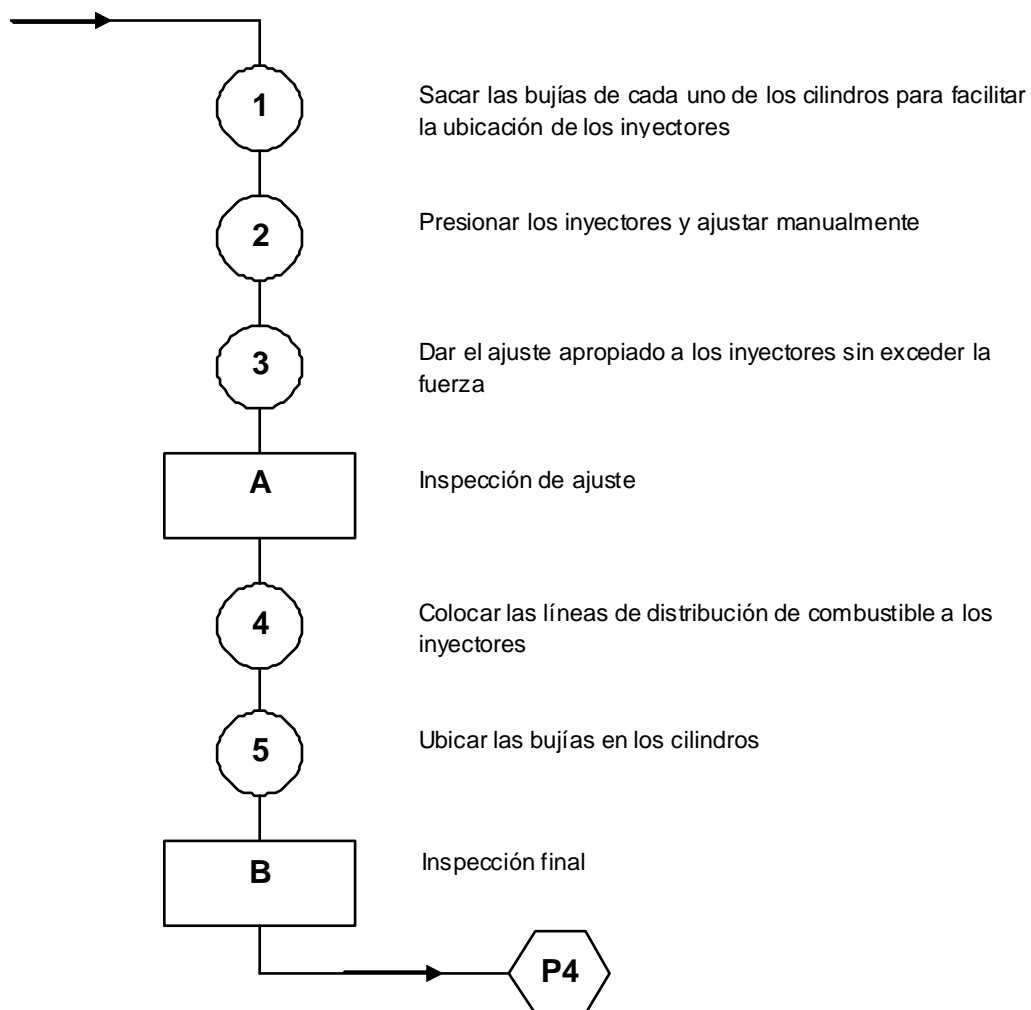


Figura 3.34. Diagrama de procesos de los inyectores de combustible

Fuente: Investigación de campo

3.7.4.2. Tabla de procesos de instalación de inyectores

Tabla 3.7. Procesos de instalación de inyectores

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	t	H*	t
1	Sacar las bujías de cada uno de los cilindros para facilitar la ubicación de los inyectores			H1-H6-H7	12
2	Dar el ajuste apropiado a los inyectores sin exceder la fuerza			H5-H7-H8	12
3	Colocar las líneas de distribución de combustible a los inyectores			H5-H7-H8	12
4	Ubicar las bujías en los cilindros			H1-H6-H7	12

3.8. Diagrama de procesos de instalación final

Para la rehabilitación total del sistema de inyección de combustible, se debe poseer un carácter y formación técnica, para así evitar posibles daños en las áreas de mayor debilidad y en cada uno de los componentes.

Se ha tomado en cuenta el desarrollo de instalación de los componentes del sistema de inyección, a continuación se va a mostrar el diagrama final de instalación.

3.8.1. Diagrama final de instalación de componentes del sistema de inyección de combustible en el motor TC IO 360 D

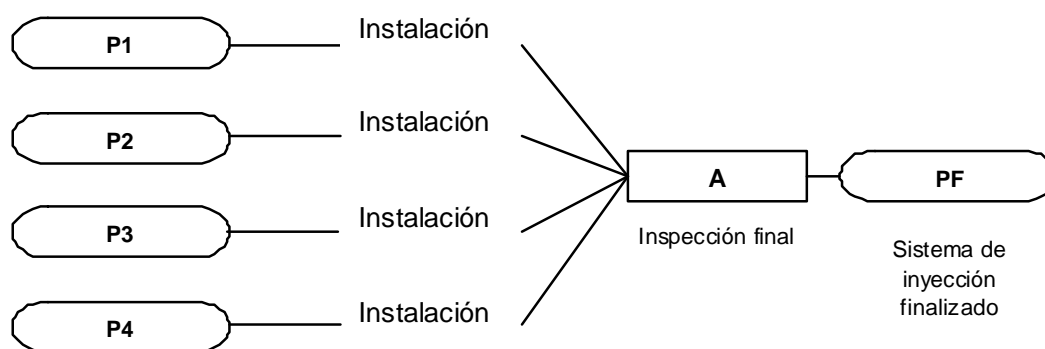


Figura 3.35. Diagrama final de instalación del sistema de inyección

Fuente: Investigación de campo

3.9. Conexión de las mangueras de combustible

Una vez instalados los componentes del sistema de inyección de combustible se procedió a conectar las mangueras de combustible entre la bomba, la unidad de control aire combustible y el colector distribuidor.


Es aquí donde se analiza los diferentes fitting de salidas y entradas de combustible y se procede con la conexión en los distintos componentes de inyección.


Tabla 3.8. Distribución de fitting en los componentes de inyección

DISTRIBUCION DE FITTING EN LOS COMPONENTES			
componentes combustible	bomba de inyección	unidad de control aire combustible	colector distribuidor
fitting 1	entrada de combustible desde la bomba auxiliar	entrada de combustible desde la bomba	entrada de combustible desde la unidad
fitting 2	salida de combustible hacia la unidad	salida de combustible hacia el colector distribuidor	
fitting 3	drenaje		
fitting 4	retorno de combustible		
fitting 5			

Una vez conectados estos componentes mediante las mangueras de combustible lo siguiente que se realizó fue asegurar y ajustar.

3.10. Manual de operación del sistema de inyección de combustible del motor TC IO-360 D

	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 1 de 3
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MO-TCM-01
	Elaborado por: Sr. PULUPA VACA DANNY ISRAEL	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jun-2013
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Obtener una guía adecuada para la operación del sistema de inyección de combustible del motor Teledyne Continental IO-360 D</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Encendido y apagado del Motor Teledyne Continental modelo IO-360 D que se encuentra en el laboratorio de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA</p> <p>3. DOCUMENTO DE REFERENCIA</p> <p>Manual de Mantenimiento y Operación Continental® Aircraft Engine (Anexo A)</p> <p>4. PROCEDIMIENTO</p> <p>Las obligaciones que un técnico y/o estudiante debe cumplir para el encendido del Motor TC IO-360 D y operación del sistema de inyección de combustible se mencionan a continuación:</p> <p>Medidas de Seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar Equipo de Protección Personal: overol, guantes de nitrilo, gafas, protección auditiva. - Extintor de incendio - Mantener el área limpia - Despejar el área de alcance de la hélice del motor 		

	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 2 de 3
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MO-TCM-01
	Elaborado por: Sr. PULUPA VACA DANNY ISRAEL	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jun-2013

Pre encendido

- Cerciorarse que el tipo de combustible y cantidad sea el adecuado (Avgas 100LL) para la fase de operación.
- Revisar el nivel de aceite en el sumidero
- Controles de mezcla y aceleración en posición de corte.

Encendido

- Control de mezcla en full rich
- Control de aceleración abierto $\frac{1}{4}$
- Control de paso de la hélice hacia adelante
- Interruptor principal encendido
- Girar el interruptor de encendido a BOTH
- Colocar el interruptor de la bomba auxiliar en "ON"


Precaución: Si el motor está caliente, en primer lugar presionar el botón de arranque, a continuación, el interruptor de la bomba auxiliar de combustible a "ON"

- Cuando el indicador de presión de combustible muestra presión normal de ralentí (2 a 2,5 PSI), dar contacto al arranque

Precaución: Soltar el interruptor de arranque en cuanto el motor se encienda. Nunca tener presionado el arranque, mientras que la hélice sigue girando. Si el motor de arranque ha funcionado durante 30 segundos, y el motor no se ha encendido, soltar el interruptor de arranque y dejar que el motor de arranque se enfríe por 3 a 5 minutos antes de que se haga otro intento de arranque

- Después que el motor está funcionando sin problemas, apagar la bomba auxiliar
- Parámetro de presión de aceite mínimo 10 PSI
- Parámetro de presión de aceite normal de operación 30 a 60 PSI

Precaución: Revisar la presión de aceite con frecuencia. La indicación de la presión de aceite debe mostrarse a los 30 segundos. Si no se observa presión en el tiempo especificado, detener el motor e investigar la causa

ITSA 	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 3 de 3
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MO-TCM-01
	Elaborado por: Sr. PULUPA VACA DANNY ISRAEL	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jun-2013

Apagado

- Si la bomba auxiliar ha estado accionada, girar a la posición de apagado
- El control de la mezcla en corte
- Girar el interruptor de la magneto en OFF

3.11. Poner a prueba

Para realizar la prueba de funcionamiento del motor TC IO-360 D es necesario contar con equipos de protección, medidas de seguridad y de acuerdo a los procesos e instrucciones del manual de mantenimiento y operación. MO-TCM-01.


Se realizó el encendido del motor con la ayuda y supervisión del aerotécnico Miguel Riofrio.




Figura 3.36. Proceso de encendido del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.12. Manual de mantenimiento del sistema de inyección de combustible del motor TC IO-360 D

	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Pág. : 1 de 2
	Elaborado por: Sr. PULUPA VACA DANNY ISRAEL	Código : MM-TCM-01
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Revisión No. : 1
	Fecha : Jun-2013	
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para el mantenimiento del sistema de inyección de combustible del motor Teledyne Continental IO-360 D</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>El Motor Teledyne Continental modelo IO-360 D que se encuentra en el laboratorio de Mecánica Aeronáutica del ITSA.</p> <p>3. DOCUMENTO DE REFERENCIA</p> <p>Manual de Mantenimiento y Operación Continental® Aircraft Engine (Anexo A)</p> <p>Service Information Directive SID97-3E (Anexo B)</p> <p>Manual de Overhaul Continental® Aircraft Engine (Anexo E)</p> <p>4. PROCEDIMIENTO</p> <p>El técnico y/o estudiante altamente capacitado realizará el siguiente mantenimiento en el sistema de inyección de combustible del Motor TC IO-360 D de acuerdo a los lapsos establecidos que se detallan a continuación:</p> <p>Inspección 50 Horas</p> <p>Limpiar las impurezas acumuladas en el orificio eyector de vapor de la bomba de combustible y el orificio de ventilación hacia la atmósfera del colector distribuidor, mediante aire a presión y combustible Avgas 100LL</p>		

ITSA 	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 2 de 2
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MM-TCM-01
	Elaborado por: Sr. PULUPA VACA DANNY ISRAEL	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jun-2013

Verificar visual y manualmente el estado de las mangueras

Dar movimientos de corte y cierre en los controles de mezcla y aceleración.

Inspección 100 Horas

Examinar los inyectores y la unidad de distribución de combustible que no exista fugas o daños.

Revisar las líneas y mangueras de distribución de combustible verificando deterioro, fugas y rozaduras.

Relacionar la velocidad de ralentí de 600 RPM con el tacómetro y la unidad de control aire combustible. En el caso que se presente apretar el tornillo de la válvula dosificadora para una mezcla más pobre mientras que una mezcla más rica se obtiene por retroceder el tornillo.

3.13. Análisis económico

El análisis económico resulta importante y necesario para determinar el costo real de la rehabilitación del sistema de inyección de combustible en el motor TC IO-360 D y coincidir con la planificación de materiales, costos y ejecución del proyecto.

A continuación se especifica todos los recursos utilizados para la ejecución de este proyecto, por lo cual se ha dividido en dos grupos para facilitar el estudio y estos son:

Recursos

Presupuesto

3.13.1. Recursos

En este punto se contó con la presencia del aerotécnico de Aerokashurco, director de proyecto y del investigador.

Tabla 3.9. Talento humano

Investigador	Danny Pulupa
Docentes	ITSA
Personal técnico	ITSA – AEROKASHURCO
Director de proyecto	ITSA

3.13.2. Presupuesto

Anteriormente en el estudio económico del anteproyecto se presentó un estimado de \$1454 de acuerdo a lo que necesitaba el motor TC IO-360 D. A continuación se detallan los diferentes materiales y gastos en los cuales se invirtió varias sumas de dinero en el transcurso de la realización del presente proyecto.

Análisis de costos

Para la elaboración del proyecto existieron múltiples gastos desde mano de obra hasta la compra de elementos que complementen al motor, estos costos se van a dividir en costos primario y secundarios que se presentan a continuación.

Costos Primarios

- Componentes/piezas
- Parte logística

Costos Secundarios

- Gastos varios
- Elaboración de textos

3.13.2.1. Costos primarios

3.13.2.1.1. Costos de Componentes/piezas

Tabla 3.10. Costos de componentes/piezas

Costos de componentes/piezas			
Detalle	Cantidad	Valor unitario	Total
piñón de arrastre de la bomba	1	125	125
manguera hidráulica	5	6	30
conjunto de filtro de aire	1	200	200
magneto	2	100	200
bujías	12	15	180
arnés de la magneto	2	30	60
ferretería	1	50	50
acomple motor de arranque (clotch)	1	150	150
conjunto de hélice	1	200	200
motor de arranque	1	125	125
TOTAL			1320

3.13.2.1.2. Total gastos primarios

Tabla 3.11. Total gastos primarios

Total Gastos Primarios		
Nº	Detalle	Valor en USD
1	Costo de componentes/piezas	1320,00
2	Parte logistica	134,00
TOTAL		1454,00

3.13.2.2. Costos secundarios

3.13.2.2.1. Total gastos secundarios

Tabla 3.12. Total gastos secundarios

Total Gastos Secundarios		
Nº	Detalle	Valor en USD
1	Gastos varios	300,00
2	Elaboración de textos	200,00
TOTAL		500,00

3.13.2.3. Costo Total de Proyecto

Tabla 3.13. Costo total proyecto

Total Gastos Proyecto		
Nº	Detalle	Valor en USD
1	Gastos primarios	1454,00
2	Gastos secundarios	500,00
TOTAL		1954,00

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La rehabilitación del sistema de inyección de combustible permitió que el motor Teledyne Continental IO-360 D del Instituto opere de una forma adecuada y desarrolle eficazmente los niveles de aceleración.
- El sistema de inyección de combustible es un factor indispensable para la operación del motor debido a que hay una relación permanente con los controles de mezcla y aceleración en cabina.
- Los componentes del sistema de inyección Continental cumplen con el adecuado ciclo dependiendo uno de otro e instalados correctamente en el motor TC IO-360 D.

4.2. Recomendaciones

- Regirse al manual de mantenimiento y operación IO-360 Series para realizar cambios e inspecciones de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Para la instalación y el reajuste del sistema de inyección de combustible se necesita tanto apoyo humano, como tecnológico, debido a que es un proceso muy delicado y se lo debe realizar con mucha precaución.
- Tener las medidas de seguridad pertinentes al momento de encender el motor TC IO-360 D.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aspiración natural:Un término usado para describir un motor que obtiene la inducción (Motor) por aire dibujándolo directamente de la atmósfera en el cilindro. Un motor no sobrealimentado.

Carrera del pistón:Es la medida de desplazamiento del pistón desde el PMS AL PMI o viceversa

Cilindro:Es la cámara interna del motor donde se desarrolla la compresión, combustión y expansión de los gases.

Corrosión:El deterioro de una superficie de metal causada generalmente por oxidación del metal.

Cuatro ciclos:Abreviatura de "ciclo de cuatro tiempos." Se refiere a las cuatro carreras del pistón en completar un ciclo de funcionamiento del motor (admisión, compresión, explosión y Escape).

Culata o cabeza:Es la zona con mayor cantidad de aletas de refrigeración, con el fin de aumentar la transmisión de calor al máximo y mejorar la refrigeración.

Dosificar: determinar o graduar la dosis de un combustible

Efecto venturi:consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.

Exceso de velocidad:Cuando un motor ha excedido sus revoluciones nominales por minuto.

Flujo continuo:Inyecta continuamente el combustible en la boca de entrada del cilindro

Inyección de combustible:Un proceso de medición de combustible en un motor por medios distintos de un carburador.

Inyección directa:los inyectores introducen directamente el combustible en la cámara de combustión del cilindro.

Mantenimiento correctivo:corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

Mantenimiento preventivo:destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

Mezcla:Proporción de la mezcla. La proporción de combustible a aire usado para la combustión.

Número de octano:Una clasificación que describa relativos antidetonantes (detonación) las características del combustible. Los combustibles con resistencia de detonación superior a 100 octanos se dan índices de rendimiento de números.

Numero de parte:es un identificador único para cada parte de un producto que los fabricantes utilizan cuando diseñan un componente o equipo.

Número de rendimiento:Un sistema de clasificación utilizado para describir la antidetonante (detonación) característicos en comparación con 100 octanos. Por ejemplo, un motor con alta compresión necesita un alto número de rendimiento de combustible que un motor de compresión baja.

Número de serie:una combinación alfanumérica única que se asigna para la identificación de un determinado producto.

Perno:pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro. Está relacionada con el tornillo pero tiene un extremo de

cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la chaveta, tuerca, o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.

Punto muerto inferior: Es el punto mínimo en sentido descendente.

Punto muerto superior: Posición de desplazamiento máximo en sentido ascendente.

Rehabilitación: acción y efecto de rehabilitar. Este verbo refiere a restituir a alguien o algo su antiguo estado, habilitándolo de nuevo.

Relación de compresión: número que permite medir la proporción en que se ha comprimido la mezcla de aire-combustible o el aire dentro de la cámara de combustión de un cilindro.

Sumidero: La parte más baja de un sistema. El cárter de aceite principal en un motor de cárter húmedo contiene el suministro de aceite.

Tiempo entre revisiones: Generalmente se expresa en horas de funcionamiento.

Tornillo: elemento u operador mecánico cilíndrico con una cabeza, generalmente metálico, aunque pueden ser de madera o plástico, utilizado en la fijación temporal de unas piezas con otras, que mediante una fuerza de torsión ejercida en su cabeza con una llave adecuada o con un destornillador, se puede introducir en un agujero roscado a su medida o atravesar las piezas y acoplarse a una tuerca.

Torque: Momento de torsión o apalancamiento, en libras-pie (o libras-pulgada).

Válvulas: Son los mecanismos que regulan la entrada y salida del aire y los gases de combustión en el cilindro.

Volatilidad: La tendencia de un líquido a evaporar.

Idle: marcha lenta

Cut-off: atenuación de corte

Throttle: válvula reguladora de gases (aceleración)

Mixture lever: palanca de mezcla

Metered fuel pressure: presión de combustible medido

Metered fuel pressure gauge: manómetro de combustible medido

Filter air supply: filtro de aire de suministro

Unmetered fuel pressure: presión de combustible no medido

Unmetered fuel pressure gauge: manómetro de combustible no medido

Unmetered pressure: presión no medida

Lean: pobre

Enrich: enriquecer

Idle mixture adjustment: Ajuste de la mezcla al ralentí

Increase: incrementar

Decrease: disminuir

Idle speed stop screw: Régimen de ralentí tornillo de tope

Idle adjust screw: tornillo de ajuste de ralentí

Air throttle body: cuerpo de la válvula reguladora de gases

Metering valve: medición de la válvula

Throttle shaft: eje del acelerador

Metered pressure gauge: manómetro de medición

Fuel injector nozzle: boquilla de inyector de combustible

Screen: rejilla

Shield: protección

Firing order: orden de encendido

ABREVIATURA UTILIZADA

Approx: Approximately (aproximadamente)

°C: Degrees Celsius (Grados Celsius)

°F: Degrees Fahrenheit (Grados Fahrenheit)

Ft: Foot or Feet (Pie o pies)

F.T.: Full Throttle (acelerador a fondo)

FT-LBS: Foot Pounds Torque (Torque Libras Pie)

G.P.M.: Gallons per Minute (Galones por minute)

hr.: Hour (Hora)

IN-LBS: Inch Pounds Torque (Torque libra pulgada)

in. ("): Inches (Pulgadas)

Lbs.: Pounds (Libras)

Lock wire: Soft steel wire used to safety connections, etc. (Alambre de acero suave utilizado para conexiones de seguridad, etc.)

PPH: Pounds per Hour (Libras por hora)

Press: Pressure (Presión)

p.s.i.: Pounds Per Square Inch (Libras por pulgada cuadrada)

R.P.M.:Revolutions Per Minute (Revoluciones por minuto)

Std.:Standard (Estándar)

TBO:Time between Overhaul (Tiempo entre overhaul-revisión)

Torque: Force x lever arm (Fuerza por brazo de palanca)

100LL: 100 Octane Low Lead Fuel (100 Combustible de plomo de bajo octanaje)

1-3-5: Cylinder numbering right side of engine. Rear to front (Numeración de los cilindros del lado derecho del motor. De atrás hacia adelante)

2-4-6: Cylinder numbering left side of engine. Rear to front (Numeración de los cilindros del lado izquierdo del motor. De atrás hacia adelante)

PMS: Punto muerto superior

PMI: Punto muerto inferior

TCM: Teledyne Continental Motors

P/N: Part number (número de parte)

S/N: Serial number (número de serie)

CW: clockwise rotation (rotación sentido horario)

CCW: counter clockwise rotation (rotación sentido antihorario)

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Crane Dale. Aviation Maintenance Technician Series: Power plant. Editorial Gary Gladstone. Toronto-Canada. 2010

Oñate Esteban. Carburación e Inyección. Editorial Paraninfo s.a. 1991

Jeppesen Maintenance. Technician Power Plant Text book. Editorial Englewood. Texas-USA. 2004

Manuales

Maintenance and Operator´s Manual Continental Aircraft Engine Model IO 360 Series

Maintenance Manual Continental Motors Permold IO-520 Series

Service Information Directive SID97-3E Teledyne Continental Aircraft Engine

Páginas web

<http://www.tcmlink.com/EngSpecSheetDocs/IO360ES.pdf>

<http://www.avweb.com/news/maint/181624-1.html>

http://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.list/parentTopicID/109

http://3sierradelta.com/wordpress/wp-content/files/Airplane/Cirrus%20SR22%20Maintenance%20Manual%20thru_rev_1.pdf

<http://tcmlink.com/servicebulletins.cfm>

http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/ACNumber/AA11744E861B0566862569AF00762908?OpenDocument

<http://www.avic2.com/>

<http://www.aficionadosalamecanica.net>

<http://mecanicasmith.weebly.com>

<http://www.continentalmotors.aero/>

ANEXOS

ANEXO A

MAINTENANCE AND

OPERATOR'S MANUAL

ANEXO B

SERVICE INFORMATION

DIRECTIVE SID97-3E

ANEXO C
CRITICAL SERVICE
BULLETIN CSB01-1

ANEXO D
SERVICE BULLETIN
SB06-1A

ANEXO E

OVERHAUL MANUAL

ANEXO F

HOJA DE VIDA DEL

GRADUADO

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Danny Israel Pulupa Vaca

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 29 de Enero de 1991

CEDULA DE CIUDADANIA: 172354436-5

TELEFONOS: 023281809/0995570347

CORREO ELECTRONICO: dannypulupa29@gmail.com

DIRECCION: Anonas N54-10 y Pedro Guerrero. Sector Hospital de Solca.



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Municipal Experimental Eugenio Espejo

SECUNDARIA: Unidad Educativa Municipal Experimental Eugenio Espejo

SUPERIOR: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

TITULOS OBTENIDOS

SECUNDARIA: Bachiller en Ciencias especialidad Físico Matemático

SUPERIOR: Egresado de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención "Motores"

IDIOMAS: suficiencia en idioma extranjero inglés

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

FUERZA AÉREA ECUATORIANA

Escuadrón de Mantenimiento N° 1112 Sabreliner

SERVICIO AÉREO REGIONAL

Área de mantenimiento

POLICIA NACIONAL DEL ECUADOR

Área de Mantenimiento Servicio Aeropolicial

EMPRESA DE AUTOGESTIÓN DE SERVICIO AÉREO ACHUAR

Área de mantenimiento

CURSOS Y SEMINARIOS

VI Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA 2012

4ta Conferencia Regional – La Próxima Generación de Profesionales en Aviación (NGAP) y “Trainair Plus” las Américas.

EXPERIENCIA LABORAL

Empresa de Autogestión de Servicio Aéreo Achuar en mantenimiento aeronáutico en avionetas.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA
EL AUTOR**

Pulupa Vaca Danny Israel

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**Ing. Atencio Hebert
Subs. Téc. Avc.**

Latacunga, 10 de Abril del 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, PULUPA VACA DANNY ISRAEL, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores, en el año 2013, con Cédula de Ciudadanía N° 172354436-5, autor del Trabajo de Graduación **REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL MODELO IO-360 D EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Pulupa Vaca Danny Israel

Latacunga, 10 de Abril del 2013