



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Inspección de los inyectores de combustible del motor Continental IO-360-HB 6 B, según el service manual model R172, de la aeronave Cessna T-41 HC-CMF, perteneciente a la Escuela Ecuatoriana de Aviación**

Reyes Guato Johao Ricardo

Departamento de Ciencias Espaciales

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía previa a la obtención del título de tecnólogo en Mecánica Aeronáutica

Mención Motores

Ing. Muñoz Grandes Milton Stalin

23 de agosto del 2020



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía **“INSPECCIÓN DE LOS INYECTORES DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CONTINENTAL IO-360-HB 6 B, SEGÚN EL SERVICE MANUAL MODEL R172, DE LA AERONAVE CESSNA T-41 HC-CMF, PERTENECIENTE A LA ESCUELA ECUATORIANA DE AVIACIÓN”** fue realizado por el señor **Reyes Guato Johao Ricardo** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente

**Latacunga, 23 de Agosto del 2020**

-----

**Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin**

**C.C.: 050244554-7**

**URKUND****Document Information**

---

Analyzed document    Johao Reyes Urkund.docx (D78253957)  
Submitted                8/28/2020 12:01:00 AM  
Submitted by  
Submitter email        jchaains69@gmail.com  
Similarity                0%  
Analysis address        msmunoz.espe@analysis.orkund.com

**Sources included in the report**

---

**SA**    **Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS PEREZ S..pdf**  
Document TESIS PEREZ S..pdf (D54672795)  
Submitted by: stefania151896@yahoo.es  
Receiver: jrzunta1.espe@analysis.orkund.com

 1

  
Ing. Stalin Muñoz G.  
Tutor

  
Ing. Rodrigo Bautista Z.  
Director de la Carrera de Tecnología  
en Mecánica Aeronáutica



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Reyes Guato Johao Ricardo**, con cédula de ciudadanía N° 172336333-7, declaro que el contenido, ideas y criterio de la monografía **“INSPECCIÓN DE LOS INYECTORES DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CONTINENTAL IO-360-HB 6 B, SEGÚN EL SERVICE MANUAL MODEL R172, DE LA AERONAVE CESSNA T-41 HC-CMF, PERTENECIENTE A LA ESCUELA ECUATORIANA DE AVIACIÓN”** es de mi auditoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las FUERZAS Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de Agosto del 2020

Una firma manuscrita en tinta azul sobre un fondo amarillo claro. La firma parece ser la del Sr. Reyes Guato Johao Ricardo.

-----  
**Reyes Guato Johao Ricardo**

**C.C.: 172336333-7**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**  
**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MECIÓN AVIONES**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Reyes Guato Johao Ricardo**, con cédula de ciudadanía N° 172336333-7, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: **“INSPECCIÓN DE LOS INYECTORES DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CONTINENTAL IO-360-HB 6 B, SEGÚN EL SERVICE MANUAL MODEL R172, DE LA AERONAVE CESSNA T-41 HC-CMF, PERTENECIENTE A LA ESCUELA ECUATORIANA DE AVIACIÓN”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad

**Latacunga, 23 de Agosto del 2020**

---

**Reyes Guato Johao Ricardo**

**C.C.: 172336333-7**

## DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación está dedicado completamente a mis padres, ya que con su esfuerzo y amor incondicional me han permitido llegar hasta donde estoy, logrando obtener de mí una mejor persona. Me han brindado a cada instante la confianza necesaria para seguir luchando por mis objetivos y no darme por vencido cuando alguna adversidad se me presente.

A su vez me han apoyado en todo momento, bajo cualquier circunstancia hasta cumplir cada uno de mis objetivos, por tal razón esta nueva meta finalizada con éxito demuestra todo mi cariño y agradecimiento hacia ellos por entregarme su tiempo durante estos años de arduo trabajo.

Como no a mis familiares más cercanos, quienes siempre han estado presentes para ofrecerme un sabio consejo a la hora de tomar una decisión, por convidarme sus buenos deseos a través de este largo camino al cual denominamos vida.

A los docentes quienes impartían día a día sus conocimientos, logrando crear profesionales de calidad.

JOHAO REYES

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia quiero agradecerle a dios por haberme dado la dicha de tener la familia que ahora tengo, por guiarme siempre de la mejor manera, ayudándome a salir siempre de las adversidades que se presentan.

A mi madre Luly por demostrarme cuan bondadosa y correcta puede ser una persona, por inculcar en mis los mejores valores, los mismos que me han llevado lejos, por ofrecerme siempre una mano amiga y unas palabras de aliento las cuales han sido muy reconfortantes.

A mi padre Ricardo quien me ha dado el mejor ejemplo de cómo se puede ser un buen padre, amigo y excelente ser humano. Día a día le obsequio mi infinito agradecimiento por haberme transmitido sus conocimientos, los mismos que me ha servido de gran ayuda en mi carrera, por su gran apoyo en la realización de mi tesis para que todo esto se pueda dar de la mejor manera.

A mi gran amigo Adolfo, el mismo que ha presenciado cada paso durante mi carrera universitaria, por aportarme sus valiosos conocimientos haciendo posible la manufacturación de la máquina que servirá como herramienta para el personal técnico.

JOHAO REYES

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

CARÁTULA .....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA .....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
ÍNDICE DE FIGURAS .....	14
RESUMEN .....	16
ABSTRACT .....	17
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>18</b>
<b>1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
1.1. Tema de investigación.....	18
1.2. Antecedentes .....	18
1.3. Planteamiento del problema.....	19
1.4. Justificación.....	20
1.5. Objetivos .....	21



	9
1.5.1. Objetivo General .....	21
1.5.2. Objetivos específicos .....	21
1.6. Alcance.....	21
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>22</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. La aeronave .....	22
2.2. Características de la aeronave .....	24
2.3. Actuación .....	25
2.4. Definiciones del modelo del motor IO-360-HB 6B .....	25
2.5. Características del motor.....	26
2.6. Sistema de inyección.....	30
2.7. Bomba de Combustible .....	31
2.8. Inyector de combustible .....	33
2.9. Componentes de un inyector .....	34
2.10. Tipos de inyección .....	36
2.10.1. Inyección indirecta .....	36
2.10.2. Inyección directa .....	36
2.11. Ventajas de la inyección.....	36
2.11.1. Consumo reducido de combustible .....	36

	10
2.11.2. Contaminación reducida en los gases de escape .....	37
2.11.3. Mayor potencia.....	37
2.11.4. Arranque en frio y etapa de calentamiento.....	38
2.12. Desventajas de la inyección .....	39
2.12.1. Clima cálido .....	39
2.12.2. Falta de combustible .....	39
2.13 Inyección multipunto .....	40
2.14. Inyección mono punto.....	40
2.15. Medición del tiempo de inyección .....	41
2.16. Inyección mecánica .....	41
2.17. Características de operación.....	42
2.17.1. Inyección Intermitente .....	42
2.17.2. Análisis de gases de combustión.....	43
2.18. Test.....	45
2.18.1. Test de pulverización .....	45
2.18.2. Test de caudal.....	46
2.18.3. Test de estanqueidad .....	46
2.18.4. Limpieza por ultrasonido y chorro directo.....	47
2.19. Sistema de admisión.....	47

	11
2.20. Unidad de control aire-combustible .....	49
2.21. Bomba de inyección de combustible.....	49
2.22. Inyectores de descarga de combustible .....	50
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>51</b>
<b>3. DESARROLLO DEL TEMA .....</b>	<b>51</b>
3.1. Diseño .....	51
3.2. Dimensiones para el área de trabajo.....	52
3.3. Diseño estructural del banco de pruebas .....	54
3.4. Proceso de manufacturación de la máquina comprobadora de inyectores.....	57
3.4.1. Soporte de la máquina.....	57
3.4.2. Pulida de la estructura .....	60
3.4.3. Cubierta de la estructura.....	61
3.4.3. Dimensiones sobre el tol inoxidable .....	62
3.5. Depósito de combustible .....	63
3.6. Diseño estructural del reservorio .....	63
3.7. Presión del sistema .....	64
3.8. Cómputo de las dimensiones del reservorio.....	65
3.9 diseño del reservorio en SolidWorks .....	67
3.10. Análisis de los resultados del reservorio.....	69

	12
3.11. Diseños de los reservorios.....	69
3.12. Señalética .....	70
3.13. Señalética de seguridad en el banco de pruebas.....	71
3.14. Prueba de fugas .....	74
3.15. Tarea de mantenimiento.....	75
3.15.1. Inspección de los inyectores de combustible del motor IO-360-HB-6B	75
3.16. Inspección de los inyectores de combustible .....	76
3.16.1. Inyectores de descarga de combustible .....	76
3.16.2. Remoción de los inyectores .....	78
3.16.3. Inspección de los inyectores y limpieza.....	79
3.16.4. Limpieza por ultrasonido .....	79
3.16.5. Instalación de los inyectores .....	79
3.17. Presupuesto .....	80
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>82</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
4.1. Conclusiones .....	82
4.2. Recomendaciones.....	83
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos de la aeronave.....	8
<b>Tabla 2.</b> Estándares .....	9
<b>Tabla 3.</b> Datos del motor .....	27
<b>Tabla 4.</b> Características.....	12
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones .....	28
<b>Tabla 6.</b> Presión de aceite .....	29
<b>Tabla 7.</b> Temperatura del aceite .....	29
<b>Tabla 8.</b> Cilindro del motor.....	29
<b>Tabla 9.</b> Elemento de la bomba .....	32
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de los inyectores.....	64
<b>Tabla 11.</b> Cálculo.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Aeronave HC-CMF .....	7
<b>Figura 2.</b> Definición del número de modelo del motor .....	10
<b>Figura 3.</b> Bomba de combustible.....	33
<b>Figura 4.</b> Inyector de combustible .....	33
<b>Figura 5.</b> Inyector de combustible .....	35
<b>Figura 6.</b> Triángulo de Fuego .....	44
<b>Figura 7.</b> Pulverización de los Inyectores .....	46
<b>Figura 8.</b> Sistema de inducción .....	48
<b>Figura 9.</b> Banco de pruebas .....	51
<b>Figura 10.</b> Referencia de medidas ergonómicas .....	53
<b>Figura 11.</b> Vista frontal .....	54
<b>Figura 12.</b> Vista lateral .....	55
<b>Figura 13.</b> Vista superior .....	56
<b>Figura 14.</b> Marco estructural .....	58
<b>Figura 15.</b> Estructura soldada .....	59
<b>Figura 16.</b> Eliminación de escoria de la soldadura .....	61
<b>Figura 17.</b> Estructura pintada .....	62
<b>Figura 18.</b> Presión actuante en el reservorio .....	68
<b>Figura 19.</b> Características de la señalética.....	71
<b>Figura 20.</b> Guantes de protección .....	72
<b>Figura 21.</b> Uso de gafas.....	72
<b>Figura 22.</b> Especificaciones de dimensiones.....	73
<b>Figura 23.</b> Restricciones.....	74

**Figura 24.** Esquema del sistema de combustible .....77

## RESUMEN

La elaboración de la monografía está enfocada esencialmente en el perfeccionamiento de los procesos durante la tarea de mantenimiento específica, sirviendo, así como herramienta de apoyo logrando optimizar tiempo en su cumplimiento. Para llevar a cabo todo este procedimiento fue necesario enfocarse en la tarea que se iba a cumplir obteniendo así información de cómo funcionan los inyectores del motor Continental IO – 360 –HB 6B y su comportamiento cuando es sometido a varios niveles de presión, adicional a ello fue importante elegir bien el material, ya que debe cumplir con los requerimientos necesarios tales como resistencia ante desgaste y posible corrosión. Como siguiente paso fue necesario realizar los diseños y prototipos en ambas aplicaciones a utilizarse tales como AutoCAD y Solid Works cumpliendo cada una con una función determinada, una vez con los diseños planteados se pudo realizar los análisis de resultados respectivos observando el comportamiento que va a tener la estructura una vez que empieza a cumplir las tareas. Con la máquina finalizada, procedemos a ejecutar las pruebas de operación correspondientes, en busca de fallos, una vez que la máquina se encuentre en perfecto estado se realizará la tarea de mantenimiento para lo cual debemos guiarnos y seguir los pasos estipulados en el manual del fabricante de la aeronave Cessna 172 para evitar cometer fallos y llevar a cabo la tarea con éxito.

### PALABRAS CLAVES

- **HERRAMIENTA DE APOYO**
- **INYECTORES**
- **MOTOR CONTINENTAL IO – 360 –HB 6B**



## **ABSTRACT**

The present monograph is specifically focused on the improvement of the processes during the specific maintenance task, serving, as well as the support tool, achieving the time in its fulfillment. To carry out all this procedure, it is necessary to focus on the task that was to be accomplished, thus obtaining information on how the Continental IO - 360 –HB 6B engine injectors work and their behavior when it is at some pressure levels, in addition to It was important to choose the material well, since it must meet the necessary requirements such as resistance to wear and possible corrosion. As the next step was necessary to carry out the designs and prototypes in both applications to certain stories such as AutoCAD and SolidWorks, each fulfilling a specific function, once with the proposed designs, the analysis of controlled results could be carried out observing the behavior that is going to have the structure once you start to complete the tasks. With the machine finished, we proceed to execute the corresponding operation tests, looking for faults, once the machine is in perfect condition the maintenance task is carried out, for which we must be guided and follow the steps stipulated in the manufacturer's manual of the Cessna 172 aircraft to avoid making mistakes and carry out the task successfully.

### **KEY WORDS:**

- **SUPPORT TOOL**
- **INJECTORS**
- **CONTINENTAL IO MOTOR - 360 –HB 6B**

## **CAPÍTULO I**

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Tema de investigación**

Inspección de los inyectores de combustible del motor Continental IO-360-HB 6 B, según el service manual model R172, de la aeronave Cessna T-41 HC-CMF, perteneciente a la Escuela Ecuatoriana de Aviación

#### **1.2. Antecedentes**

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Latacunga contribuye al mejoramiento de la calidad de vida a través de la formación de profesionales basadas en la honestidad, responsabilidad, ética y disciplina, contando con personal capacitado para la ayuda del desarrollo de habilidades tanto teóricas como prácticas a los estudiantes por lo cual ha sido categorizada a nivel A dentro del Ecuador.

La Carrera de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Latacunga de la Unidad de Gestión de Tecnologías tiene como propósito formar tecnólogos en mantenimiento aeronáutico especializado en moto propulsor y célula siendo la única institución aprobada por la Dirección General de Aviación Civil como Escuela de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico en el Ecuador brindando dentro de las empresas aeronáuticas el personal capacitado en diversas labores.

Con la ayuda de los conocimientos adquiridos se propuso implementar una maquina comprobadora de inyectores, la misma que será utilizada para el cumplimiento

de las tareas de mantenimiento especificadas en el service manual. El principio de funcionamiento de la máquina comprobadora de inyectores se efectúa mediante el uso de una bomba eléctrica que genera una presión inducida la cuál será aplicada a través de las líneas hacia los cabezotes donde van conectados los inyectores, limpiando así las impurezas y midiendo la presión a la que están sometidas, sirviendo de esta manera como equipo de apoyo en tierra. A medida que la bomba eléctrica envía solvente<sup>1</sup> o combustible dependiendo el método de limpieza que se va a emplear a través de las líneas de conexión que transportarán el líquido hasta los inyectores donde será pulverizado, la válvula reguladora de presión controla el flujo, mostrando su presión en el manómetro hasta llegar al riel de inyectores ubicado sobre las probetas de ensayo.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Ecuatoriana de aviación cuenta con equipo para realizar las inspecciones de la aeronave Cessna T-41, sin embargo, es necesario adquirir una herramienta especial que nos permita limpiar y comprobar el funcionamiento correcto de los inyectores del motor, la misma que permitirá que la tarea de mantenimiento sea realizada en menos tiempo y nos ayudará a obtener un mejor entendimiento práctico debido a que la implementación de la máquina va enlazada con la parte teórica, es decir utilizando los manuales, logrando así un trabajo completo y eficiente, para lo cual la implementación del comprobador y limpiador de inyectores significará una gran ayuda a Ecuatoriana de Aviación.

---

<sup>1</sup> Solvente. Líquido de limpieza empleado en el reservorio de combustible

Al momento de realizar las diferentes tareas de mantenimiento programadas dentro de las especificaciones del service manual se requiere la extracción, inspección, limpieza y posterior instalación de los inyectores, la implementación del comprobador y limpiador de inyectores de combustible servirá como apoyo al equipo de mantenimiento.

#### **1.4. Justificación**

La inspección e implementación de la máquina de inyectores es una tarea a la cual aplicaremos los conocimientos referentes al tema obtenidos durante las horas de clase, para lo cual es necesario tener en consideración el funcionamiento de cada uno de los materiales que se observarán durante la práctica, tanto en la máquina comprobadora, como en el principio fundamental de los inyectores.

En base a los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica a la hora de desenvolverse en el ámbito laboral se ejecutará el trabajo correctamente plasmando el nombre de la institución muy alto, y demostrando la calidad de trabajo.

Cabe recalcar que la máquina comprobadora de inyectores ayudará al perfeccionamiento que se ofrece a la hora de realizar mantenimiento, puesto que los componentes serán revisados en ese mismo instante sin la necesidad de transportarlos a otra institución donde se le pueda brindar solución, esto economizará el proceso y lo agilizará de modo que la operación aérea no se vea afectada.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Inspeccionar el funcionamiento de los inyectores de combustible del motor continental IO-360-HB 6 B, según el Service Manual Model R172, de la aeronave Cessna T-41 HC-CMF, implementando un banco de prueba que nos permita comprobar el estado operativo de los de inyectores.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Recopilar la información técnica que permita identificar y analizar los instrumentos y materiales que serán utilizados en la implementación del banco de prueba de inyectores, obteniendo unos resultados verídicos y aplicables.
- Implementar un banco de prueba de inyectores que nos indique la presión y flujo de combustible, facilitando la realización y acortando el tiempo de las tareas de mantenimiento.
- Realizar la tarea de mantenimiento de los inyectores de combustible del motor continental IO-360-HB 6 B, perteneciente a la Escuela Ecuatoriana de Aviación, además ejecutar el test de funcionamiento del banco, utilizando los inyectores de combustible de modo que nos permita obtener resultados correctos y confiables.

## **1.6. Alcance**

El proyecto de implementación de un banco de prueba de inyectores de combustible, se enfoca principalmente en el cumplimiento de tareas propuestas según

el cronograma de mantenimiento, brindando apoyo en tierra al personal técnico de la Escuela Ecuatoriana de Aviación, garantizando la tecnificación en los procesos que se realizan durante la manipulación del banco implementado, logrando mantener correctamente la presión, volumen y flujo de combustible en los inyectores, debido a que estos deben estar examinados en su totalidad para ubicarse dentro de los parámetros de funcionalidad, cabe recalcar que el tiempo de trabajo se verá notablemente reducido gracias a la presencia de un equipo de apoyo en tierra.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. La aeronave**

Se conoce así a la máquina que es capaz de sustentarse en la atmósfera debido a las reacciones que ofrece el aire y no por reacciones en contra de la tierra, a su vez puede transportar personas, carga o animales. Se clasifican en aerodinos los cuales tienen un peso superior al del aire, lo que los obliga a sustentar su propio peso utilizando tipos de mecanismos correspondientes, por otro lado, se encuentran los aerostatos, este grupo logra flotar en el aire con más facilidad puesto que su peso resulta menor al del aire (DGAC, 2010).

Escuela Ecuatoriana de Aviación cuenta con una aeronave Cessna 172 T-41 Mescalero, modelo que es una versión militar del Cessna 172 utilizado por las Fuerzas Armadas de diferentes países, cumpliendo con transporte y enlace. En esta ocasión el HC-CMF llegó al hangar Cap. Marcelo Mata Cepeda el 20 de noviembre del 2017, siendo trasladada desde Guayaquil hasta el aeropuerto internacional de Latacunga.

Desde entonces realiza vuelos programados dentro y fuera de la ciudad, recibiendo mantenimiento preventivo, no programado, correctivo y de rutina correspondiente según el Service manual.

**Figura 1**

*Aeronave HC-CMF*



El Cessna 172 Skyhawk es un monomotor de ala alta que contiene un propulsor Continental IO-360 de 110 Kw, cuenta con una capacidad para cuatro personas, manufacturado por la compañía Cessna, cabe recalcar que el C172 es la aeronave de mayor fabricación en toda la historia, gracias a su popularidad en realizar entrenamientos para pilotos. Entre los aviones de baja potencia que ingresan como la mayor competencia de este modelo han sido Beechcraft y Piper Cherokee (CESSNA AIRCRAFT COMPANY, 1995).

## 2.2. Características de la aeronave

**Tabla 1**

*Datos de la aeronave*

<b>Detalle</b>	<b>Especificaciones</b>
Cabina	2 pilotos
Tripulación	2 pasajeros
Longitud	9.3 m (27.2 ft)
Envergadura	11 ms (36.1 ft)
Altura	2.7 ms / 8.9 ft
Peso vacío	1579.60 lb
Momento	60.69 lb
Peso máximo al despegue	2550 lb
Potencia	110 kw (150 hp ;160 cv)
Perfil alar	Modified NACA 2412
Superficie alar	16.2 m (174.4 ft)
Planta motriz	1 motor de 6 cilindros enfriados por el aire
Capacidad de combustible	26 gls por tanque
Capacidad de aceite	8 Qts

*Nota.* Datos de la estructura de la aeronave Cessna 172. Recuperado de (European Flyers, 2020)



### 2.3. Actuación

**Tabla 2**

*Estándares*

<b>Detalle</b>	<b>Especificaciones</b>
Techo máximo	19500 ft
Techo de servicio	15000 ft
Escala de ascenso	720 ft/ minuto    3.7 m/segundo
Velocidad no excedida	320 km/h ; 188 mph ; 163 kt
Velocidad máx. operativa	170 km/h ; 165 mph ; 123 kt
Alcance	1270 km (686 nml)

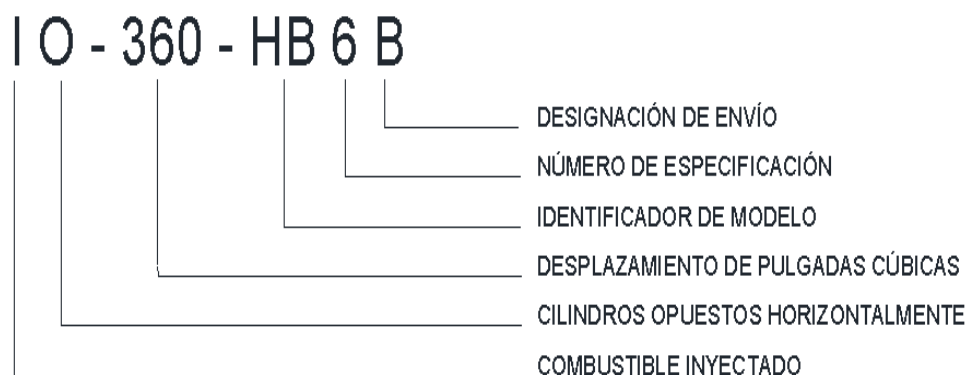
*Nota.* Estándares de operación de la aeronave Cessna 172. Recuperado de (European Flyers, 2020)

### 2.4. Definiciones del modelo del motor IO-360-HB 6B

Como se puede observar en la figura 2, dentro de todos los modelos del motor los elementos alfanuméricos llevan una descripción característica lo cual detalla cada aspecto del motor lo cual nos permite saber que procedimientos de mantenimiento específico, manual de catálogos, publicaciones técnicas entre otros, son aplicables al tipo de motor que utilizamos.

## Figura 2

*Definición del número de modelo del motor*



*Nota.* Rasgos característicos de los motores. (2016). (Installation and Operation Manual). Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)

### 2.5. Características del motor

En base a las publicaciones del manual de motor este modelo cumple ciertos requisitos en este caso podemos identificar que el motor IO 360 HB-6B cuenta con un sistema de alimentación de combustible por inyección, sus cilindros se encuentran horizontalmente opuestos entre sí, pertenece a la gama de motores HB según su modelo.

**Tabla 3***Datos del motor*

<b>Detalle</b>	<b>Especificaciones</b>	
Modelo	IO-360-HB	
N/Serie:	1012135	
Combustible aprobado	100/130 LL AvGas	
Índice de compresión	8.5:1 admisión natural	
Peso	325 lb excluyendo baffles, bomba de vacío, hélice y unidad de tacómetro / 277,81 lb.	
Longitud	897,6 mm in	35.34
Ancho	839 mm in	33,03
Alto	569.7 mm in	22.43
Desplazamiento	360 pulgadas cubicas	
Bore	4.44 in	
Stroke	3.88 in	
Orden de ingnición	1-6-3-2-5-4	
Overhaul	2000 hr	

Nota. *Datos específicos del motor de la aeronave HC-CMF. Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)*

**Tabla 4***Características*

<b>Velocidad del cigüeñal y Potencia al freno</b>	
Brake hp at Rpm	157 bph a 2600 RPM
RPM máximas	2800 rpm

*Nota.* Datos del rendimiento del motor

**Tabla 5***Especificaciones*

<b>Detalle</b>	<b>Especificaciones</b>
Bujías	18 mm
Torque	30 lb-in
Sistema de medición de combustible	CM Inyección continua de combustible
Presión de combustible no medida	6 a 8 psi a 600 Rpm 23 a 26 psi a 2600 Rpm
Presión de inyectores	2.5 a 4 psi a 600 Rpm 14 a 16 psi a 2600 Rpm
Tacómetro	Mecánico

*Nota.* Especificaciones internas del motor Cessna 172. Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)

**Tabla 6***Presión de aceite*

<b>Presión de aceite</b>	
Ralentí mínimo	10 psi
Normal	30 a 60 psi
Máximo	100 psi

*Nota.* Presión de aceite del motor de la aeronave Cessna 172

**Tabla 7***Temperatura de aceite*

<b>Temperatura de aceite</b>	
Operación normal	Arco verde 100° F a 240° F
Máximo permitido	Línea roja 240° F

*Nota.* Temperatura del aceite del motor de la aeronave Cessna 172

**Tabla 8***Cilindro del motor*

<b>Temperatura del cilindro</b>	
Temperatura de la cabeza del cilindro	238 ° C máximo permitido
Temperatura de la cabeza del cilindro	193 °C

*Nota.* Temperatura del cilindro del motor de la aeronave Cessna 172

## 2.6. Sistema de inyección

El aeronave cuenta con un sistema de inyección directa de gasolina en dónde los inyectores están colocados a la parte más cercana al bloque del motor próximos a la admisión del mismo y dosifican el flujo de combustible permitiendo que el ingreso de aire coincida con el flujo de gasolina antes de entrar al cilindro dónde posteriormente se combustiona la mezcla entregada, es importante la correcta dosificación aire-combustible para mejorar la eficiencia del motor, el mismo posee 6 inyectores los cuales pulverizan el combustible que se alimenta en el bloque, cubriendo todos los espacios para aprovechar al máximo una buena combustión, cabe recalcar que los gases expulsados del motor a inyección resulta menos contaminantes a diferencia del sistema de carburador.

Dentro de los parámetros estipulados es importante mencionar el sistema que rige a la aeronave de Ecuatoriana de Aviación, pues cuenta con un sistema multiflujo, permitiendo que cada cilindro cuente con su respectivo inyector, aumentando así su potencia, además es secuencial lo mismo que le permite alimentar sus cilindros al mismo tiempo.

El sistema de inyección de combustible es de flujo continuo el mismo que controla la cantidad de flujo de combustible requerido por el motor, la palanca dosificadora de combustible y el acelerador regulan la cantidad de aire que se va a suministrar mediante el colector de admisión hasta los cilindros. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 2.24)

Este sistema por inyección es utilizado gracias a las ventajas que nos ofrece en cuanto a los niveles de consumo de combustible, exigencia de potencia en el motor y reducción de gases contaminantes expulsados gracias a la correcta y mesurada dosificación de combustible según el motor lo requiera, logrando eliminar contaminantes que se desprenden en los gases de escape.

## **2.7. Bomba de Combustible**

Cuenta con un diseño de paletas de una sola etapa la cual mejora la supresión del vapor en las cañerías, ofrece un buen funcionamiento con baja presión de entrada y a gran altitud. El caudal que esta distribuye se acopla a las RPM empleadas por el motor, tiene una unidad aneroide<sup>2</sup> implementada a la bomba la misma que produce que la bomba reduzca su salida cuando trabaje a grandes altitudes. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 2.24).

Debido a que se encuentra vapores de combustible en las cañerías, este ingresa a la cámara por la parte superior en donde es segregado el combustible del vapor existente, la presión generada hace que el combustible ingrese a las paletas de la bomba logrando expulsar el combustible que ha sido presurizado hasta la salida de la bomba.

No obstante, los vapores de combustible segregado regresan hasta el reservorio de la aeronave, después de este proceso el combustible recorre por las líneas

---

<sup>2</sup> Aneroide. Medidor de presión al vacío

dirigiéndose a la válvula donde se controla la mezcla, posterior a la válvula medidora de combustible, la válvula del múltiple llegando hasta las boquillas de los inyectores. Los cambios de velocidad del motor regulan el desplazamiento positivo de la bomba regulando la presión y flujo de combustible. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 2.27)

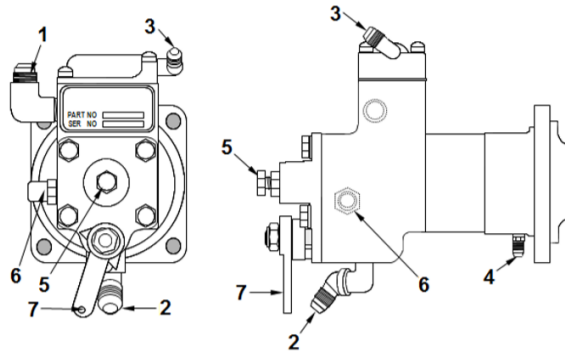
**Tabla 9**

*Elementos de la bomba*

REFERENCIA	DESCIPCIÓN
1	Entrada de combustible
2	Salida de combustible
3	Regreso del vapor
4	Dren de combustible
5	Válvula de alivio de baja presión
6	Orificio ajustable
7	Palanca de control de mezcla

*Nota. Componentes de la bomba de combustible. Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)*



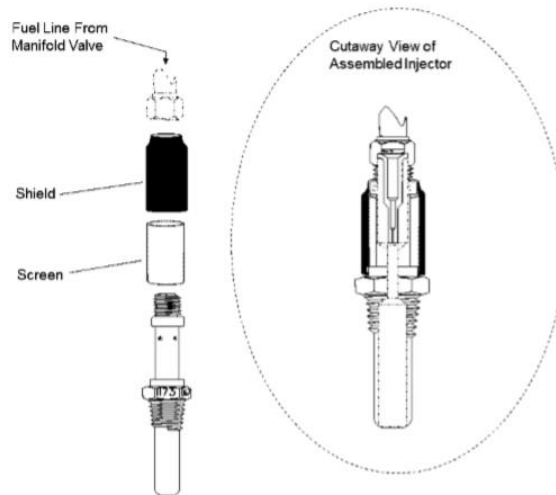
**Figura 3***Bomba de combustible*

*Nota.* Vista frontal y lateral de la bomba empleada en el motor continental.

(2016). (Installation and Operation manual). Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)

## 2.8. Inyector de combustible

Están diseñados para ofrecer un flujo constante de combustible, en donde la bomba de combustible se encarga de suministrar el mismo hacia la válvula del múltiple en donde el combustible es dosificado por igual y distribuido hasta los inyectores los cuales se encargan de alimentar cada cilindro por separado. Puesto que son un sistema multipunto estos son adaptados para trabajar en conjunto tomando en cuenta la distancia que tienen desde la válvula, permitiendo así que los cilindros coincidan entre sí y puedan operar con normalidad, el combustible que sale de los inyectores es atomizado, ingresando al cilindro en el momento en que se abre la válvula de admisión. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 2.28).

**Figura 4***Inyector de combustible*

*Nota.* Inyector del motor Continental IO-360 (2016). (Installation and Operation Manual). Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 2.29)

**2.9. Componentes de un inyector**

El equipo está formado con elementos que permiten que su operación sea eficiente, permitiéndole entregar combustible sin que este se fugue o llegue la cantidad incorrecta.

**Protección:** es el cuerpo del motor el cual es la cubierta del mismo, comúnmente está hecho de acero o aleaciones.

**Tapón:** presuriza el lugar donde se mantiene el combustible antes de ser inyectado a los cilindros.

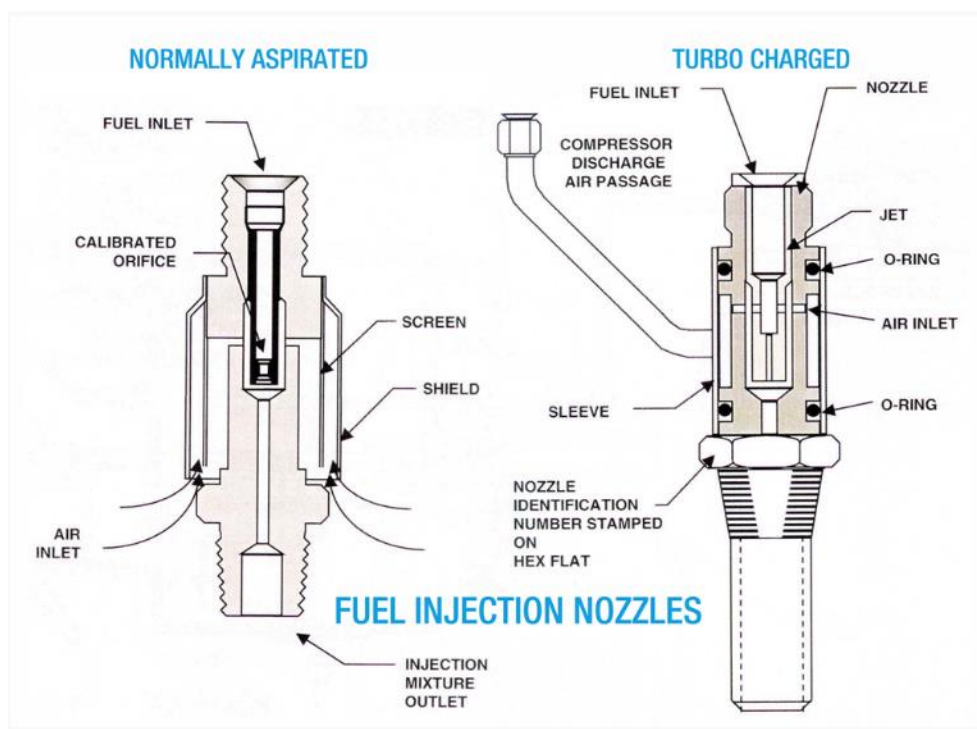
**Sellos o empaques:** cubren las zonas donde el combustible puede filtrarse, impidiendo que se escape, están hechos de goma o materiales sintéticos.

**Conector eléctrico:** Se envían pulsos eléctricos hacia la unidad de control del motor permitiendo el paso del combustible.

**Filtro:** Aquí se encuentra la última etapa de filtrado de combustible, existe una malla la cual atrapa todas las impurezas que puedan tapan el orificio de salida del inyector.

## Figura 5

### Componentes del inyector



*Nota.* Componentes internos del inyector. Magaña, M. (s.f). (Revisión del motor aviones precisión). Recuperado de [http://victor-aviation.com/sp/Fuel\\_Injection\\_Systems\\_PrecisionAirmotive.php](http://victor-aviation.com/sp/Fuel_Injection_Systems_PrecisionAirmotive.php).

## **2.10. Tipos de inyección**

### **2.10.1. Inyección indirecta**

Es uno de los primeros prototipos o diseños implementados dentro del sistema de inyección consiste en inducir el combustible fuera de los cilindros, colocando los inyectores en el colector de admisión a diferencia de la inyección directa que coloca sus inyectores justo en la entrada del bloque. A partir del momento que distribuye el combustible en el colector, se produce la mezcla con el aire necesario, para posteriormente dirigirse a los cilindros del motor. Cabe recalcar que este sistema a pesar de estar colocado en la admisión no es similar al sistema por carburación ya que este no cuenta con algún inyector en el motor. (López Donaire, 2020).

### **2.10.2. Inyección directa**

Actualmente es el tipo más usado gracias a la reducción del consumo combustible, los inyectores se colocan cercanos al bloque del motor, posterior al colector de admisión, lo cual permite inducir el flujo de combustible directamente al cilindro ocasionando que se mezcle con el aire, obteniendo una combustión apropiada y previamente dosificada de una manera correcta aprovechando cada porcentaje tanto de aire como de combustible, reduciendo notablemente la propagación de elementos químicos en los gases de escape, es importante recalcar que el HC-CMF cuenta con este sistema en su motor. (López Donaire, 2020).

## **2.11. Ventajas de la inyección**

### **2.11.1. Consumo reducido de combustible**

A diferencia de un sistema por carburador que produce mezclas desiguales en todos los colectores de admisión para entregar aire-combustible a los cilindros, los

inyectores tienen su medida previamente dosificada, brindando la cantidad correcta evitando un consumo excesivo en los niveles de combustible, obteniendo un flujo reducido y una mezcla correcta, para ser combustionada en los cilindros.

### **2.11.2. Contaminación reducida en los gases de escape**

La razón principal por la cual se generan gases de escape con una mayor cantidad de contaminantes en su compuesto se da gracias a la mala combustión de las cantidades de mezcla aire-combustible distribuida dentro de los cilindros, por lo tanto, para evitar generar más contaminación es necesario dosificar la mezcla en proporción al uso que se le dará, enviando mediante el Fuel metering unit la cantidad exacta de combustible para no producir una sobre combustión o ahogar el motor antes de encenderlo.

Por otro lado cabe recalcar que en el sistema por carburador tiene ya preestablecido la cantidad de combustible que será suministrado, por lo que no se puede variar durante la operación, dificultando tener una mezcla regulada de aire-combustible a cada instante, lo que genera que ocasionalmente contemos con una mezcla muy rica aumentando el consumo de combustible, acumulándolo en exceso en el interior provocando una sobre combustión sin lograr quemar todo el exceso de combustible liberando sus componentes en los gases de escape llenándolos de elementos nocivos. (Aprendiendo Mecánica, s.f.).

### **2.11.3. Mayor potencia**

Puesto que los inyectores ofrecen constantemente la mezcla aire-combustible en todos los cilindros, el motor no se ahoga ni por falta o exceso de combustible,

transformándolo en un motor eficiente ganando una ligera cantidad de potencia gracias a la fuerza de explosión sincronizada producida en el bloque del motor.

#### **2.11.4. Arranque en frío y etapa de calentamiento**

Se debe seguir los pasos estipulados en el POH<sup>3</sup>, utilizando el mismo procedimiento que para un encendido normal, no obstante se debe tener un juego intermitente con la bomba evitando que el motor caiga en stall<sup>4</sup>. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 4.11).

En el caso del HC-CMF se energiza la aeronave y antes del arranque se proporciona bomba de combustible en un periodo de 4 a 6 segundos alimentando así los cilindros con la mezcla dosificada para obtener un arranque rápido y continuo desde la posición de ralentí, teniendo en cuenta la temperatura que tiene el motor en ese instante, evitando que el motor se apague por falta de suministro combustible proporcionado.

Una vez encendido el motor estamos en etapa de calentamiento por lo cual es necesario regular la mezcla de combustible desde los controles del motor en cabina obteniendo una mezcla ya sea rica u óptima para la operación de la aeronave, sin dejar de tomar en cuenta los parámetros que nos indica los instrumentos tales como temperatura del motor y revoluciones por minuto.

---

<sup>3</sup> POH. (Pilot Operating Handbook) Manual de operaciones del piloto

<sup>4</sup> Stall de compresores. Pérdida de potencia del motor por interrupción del aire o flujo de combustible

## **2.12. Desventajas de la inyección**

### **2.12.1. Clima cálido**

Cuando la aeronave termina su operación esta mantiene residuos tanto de aceite como de combustible en las líneas donde lo transporta de un lugar a otro, por lo tanto, existe una cantidad restante en sus cañerías lo cual con la temperatura del día (32°C) dependiendo el clima y la convección de la temperatura que emana el motor mientras este se enfría provoca que se convierta en vapores, obstruyendo las líneas.

Esto causa que a la hora del próximo encendido la mezcla incluirá residuos de vapor del combustible lo que ocasionará una encendida drástica del motor o una leve saturación hasta que el motor se estabilice y pueda operar con normalidad. Por tal razón se envía bomba lo cual permite que las cañerías nuevamente se llenen de combustible forzando al vapor a salir. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 4.12).

En la parte del frente del motor existe una conexión la cual sale del motor y va hasta la parte inferior de la aeronave en donde tiene una cañería la cual expulsa el residuo de combustible, esta va sujeta y es removible para poder inducir una corriente de aire con la ayuda del compresor.

### **2.12.2. Falta de combustible**

En caso de estos fallos lo ideal sería remover la capota de la aeronave para verificar el funcionamiento de las bujías o a su vez podemos encontrar el filtro tapado lo cual obstruye el paso de combustible, produciendo una reducción notable en la cantidad de combustible entregada o causando un consumo excesivo de combustible.

Para que el combustible llegue desde los tanques hacia el motor y pueda mezclarse para después combustionar se es necesario una bomba la cual enviará un flujo en base a la mezcla deseada, esta alimenta combustible a cada cilindro gracias a los inyectores, sin embargo, esto retrasa el encendido del motor (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)

### **2.13 Inyección multipunto**

La aeronave HC-CMF cuenta con un sistema de inyectores dispuestos en cada cilindro para repartir el combustible generando un leve aumento de potencia gracias al aprovechamiento de toda su energía producida. La alimentación de combustible se basa en inyección continua sin realizar pausas, simplemente se regula el flujo que es distribuido dentro de los cilindros, en el caso de que el motor este a ralentí ofreciendo su potencia mínima, una dosis baja de combustible es inyectada al interior para evitar que el mismo sea cortado. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016, pág. 2.24).

### **2.14. Inyección mono punto**

Se enfoca principalmente en la distribución del combustible a través de un solo inyector ubicado en el colector de admisión, basándose en el funcionamiento de sistema de inyección indirecta, la finalidad de posicionarlo cerca del colector es reducir el número de inyectores en el motor, evitando la posibilidad de contar con un inyector por cilindro.

Cuando la presión de combustible sobrepasa sus límites, se abre el regulador enviando el combustible sobrante hacia el reservorio donde nuevamente será inducido



al reiniciar el proceso, el inyector adicional nos debe brindar una indicación en su resistencia de 2 a 3 ohmios para comprobar su funcionamiento en caso de que nos indique una resistencia de 1 ohmio es necesario revisar el circuito puesto que puede haber un fallo en la parte eléctrica o su bobina, indicando que no posee continuidad. (Gallegos Santos, 2015).

### **2.15. Medición del tiempo de inyección**

Se lo conoce como el periodo o instante proporcionado por el Fuel metering unit<sup>5</sup> en donde este conecta un extremo del inyector a masa o tierra y por otro lado el extremo restante se lo conecta al extremo positivo de la batería. El nivel máximo de intensidad de corriente generada por la bobina no se obtendrá instantáneamente, es necesario esperar un lapso de tiempo definido.

### **2.16. Inyección mecánica**

Previamente expuesto en (La comunidad del talleres , s.f.) la inyección mecánica implica ajustar la cantidad de combustible dirigida al colector de admisión y más tarde al cilindro del motor. Actualmente, debido a su efectividad, el sistema más utilizado es el eléctrico, pero puede subdividirse en:

- **Preparación de la mezcla:** la mariposa define la cantidad de aire que ingresa al motor para ser mezclado correctamente, siendo

---

<sup>5</sup> Fuel metering unit. Controla la cantidad de aire que ingresa y regula el flujo de combustible hacia el múltiple.

medido por un caudalímetro de aire, dosificando la medida exacta de aire-combustible

- **Calculo del caudal de aire:** es medido con un caudalímetro y se controla su ingesta previamente con la ayuda de la mariposa.
- **Inducción de combustible:** se proporciona combustible al dosificador con la ayuda de una bomba eléctrica, haciéndolo atravesar el filtro hasta repartirlo en la admisión de cada cilindro para posteriormente ser mezclado.

## **2.17. Características de operación**

### **2.17.1. Inyección Intermitente**

Como se menciona en (Fierros Clásicos , 2015) la operación de los inyectores es controlada por la centralita, lo cual los hace trabajar de forma intermitente abriendo y cerrando según la orden recibida, siendo capaz de pausar la alimentación de combustible, permitiendo el correcto funcionamiento del motor, gracias a su forma de trabajo este se subdivide en varios tipos:

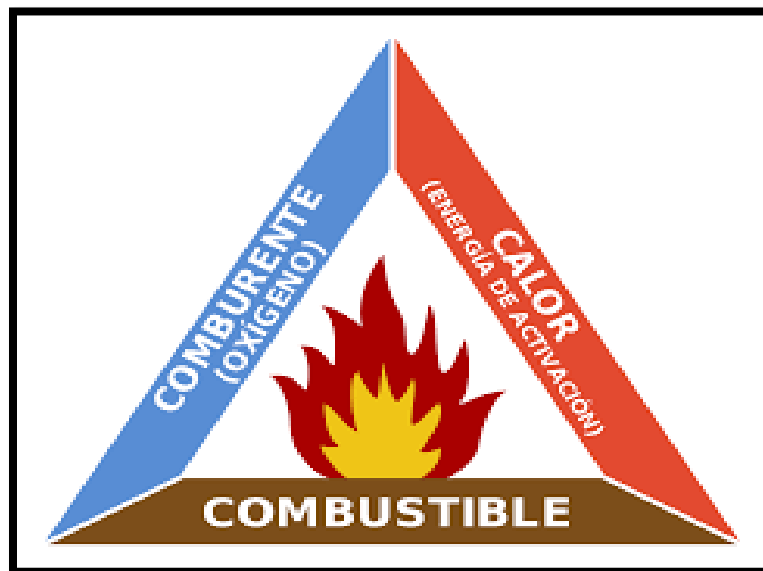
- **Simultanea:** La centralita organiza y da la orden a los inyectores de esparcir el combustible, logrando que este sistema inyecte combustible en todos los cilindros del motor al mismo momento.
- **Secuencial:** Deposita el combustible en los cilindros una vez que la válvula se encuentra en posición abierta, pero esta vez lo hace por separado, en base a la orden de la centralita.

- **Semi secuencial:** A diferencia del sistema secuencial este inyecta el combustible utilizando dos inyectores a la vez, en caso de un motor de cuatro cilindros primero son alimentados el número uno y dos para posteriormente suministrar al cilindro tres y cuatro, la secuencia de alimentación puede ser variada.

### 2.17.2. Análisis de gases de combustión

El combustible es un líquido que produce una reacción química con el contacto de otra sustancia produciendo energía calórica durante la combustión, se necesita la chispa para desencadenar una reacción. Los compuestos no pueden ser utilizados en el motor sin algún tratamiento o aditivo extra, pues estos evitan que el combustible se congele, explote, entre otros.

Al manifestar una reacción química nos referimos a la combustión que se produce en el interior de los cilindros del motor el cual consiste en mezclar aire-combustible y adicional agregarle una chispa generando un triángulo de fuego, sin embargo, la explosión no es capaz de consumir todos los elementos a la perfección lo que provoca la generación de gases contaminantes, que posteriormente serán expulsados por el escape. (Fernández Ordoyo, 2018)

**Figura 6***Triángulo de Fuego*

*Nota.* Elementos necesarios para generar fuego. (s.f). Recuperado de <https://www.google.com/search?q=triangulo+de+fuego&rlz=1C1CHBD>

En la combustión existen elementos restantes y estos pueden ser tanto inofensivos como el Hidrogeno, nitrógeno u oxígeno y también varios componentes nocivos tales como el monóxido de carbono CO, plomo Pb, dióxido de azufre So<sub>2</sub>, hidrocarburos HC, hollín etc.

Los restos de Monóxido de carbono se generan cuando el oxígeno se encuentra en pequeñas cantidades lo que evita que se queme todo el combustible, dejando partículas de carbono que interactúan con un átomo de oxígeno creando así el CO, su presencia en los humanos es nociva y letal ya que esta penetra en la hemoglobina impregnándose con mayor facilidad que lo hace el oxígeno, logrando una

transformación en la hemoglobina, la cual se encarga de llevar el oxígeno desde los pulmones a todo el organismo. (Fernández Ordoyo, 2018).

Entre otros elementos nocivos, tenemos los compuestos de plomo, conocido por ser uno de los metales más peligrosos que se pueden encontrar en el combustible, generalmente su finalidad es aumentar su porcentaje de octanos, lubricar las válvulas de escape y admisión y reducir la probabilidad de detonación, cuando se inhala este químico se puede producir coágulos en la sangre.

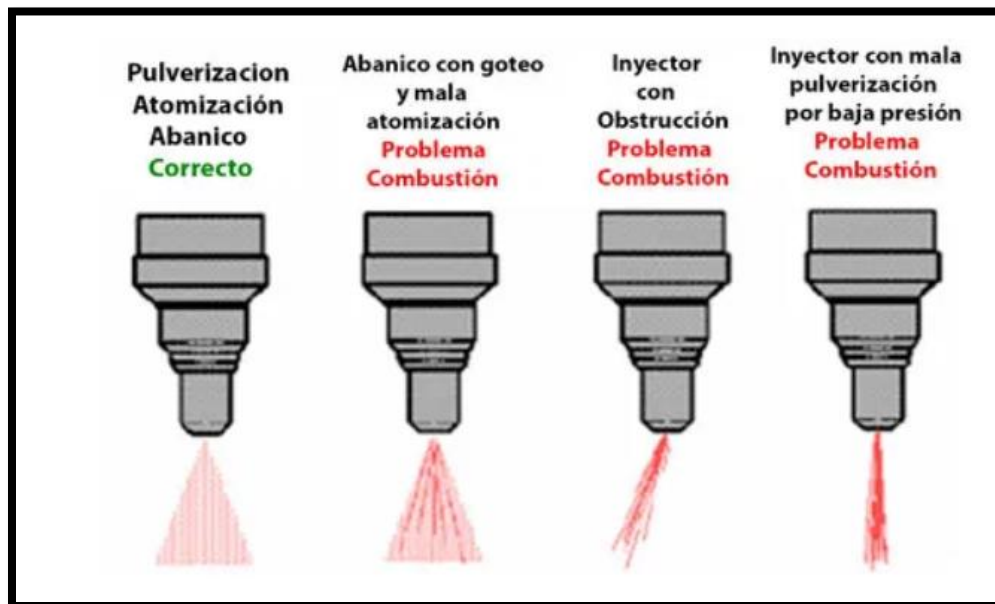
## **2.18. Test**

### **2.18.1. Test de pulverización**

El chorro que sale a través del inyector debe ser cerrado y bien pulverizado en caso de no ser así puede presentar un desgaste en el recubrimiento de la espiga del inyector es importante tener en cuenta la velocidad con la que se va a pulverizar puesto que a una velocidad de prueba el chorro se verá grueso a diferencia de una vez aumentada la velocidad en donde los chorros será más finos.

**Figura 7**

*Pulverización de los Inyectores*



*Nota.* Ilustración grafica de la correcta atomización del combustible. (s.f).

recuperado de <https://tallerdigitalweb.com/prueba-de-inyectores/inyeccion/>

### 2.18.2. Test de caudal

Para medir y calcular el caudal, se inyectan pulsos o chorros de combustible dentro de los inyectores simulando así el trabajo que realizan en los cilindros, en este caso se inyecta el combustible en las probetas que cuentan con unidades de medida, comprobando así el caudal de combustible que entregan y si todos los inyectores están trabajando sincronizados y en perfectas condiciones sin entregas combustible en exceso o faltante.

### 2.18.3. Test de estanqueidad

Se envía una presión de un 20% adicional a la del trabajo de los inyectores de modo que con toda esa presión inducida los sellos podrán observarse, los problemas de

estanqueidad nacen cuando se detecta goteo, caída de presión, presencia de humedad en los extremos del inyector.

#### **2.18.4. Limpieza por ultrasonido y chorro directo**

Los extremos de los inyectores se someten al principio de cavitación el cual consiste en ondas de compresión y depresión generadas en el líquido a gran velocidad, las mismas que son dirigidas hacia los inyectores eliminando las partículas de carbono que allí se encuentran y haciendo así al ultrasonido más preciso. (Badlub Automotive Center, 2017).

La limpieza consiste en conectar los inyectores a los generadores de pulso, logrando excitarlos continuamente para que la válvula interna se cierre y se abra alternada, de esta manera en el interior del inyector el barniz del combustible y residuos de carbón son segregados, a diferencia de un lavado a presión.

Entre otra ventaja de la utilización del test podemos encontrar:

- Disminución en el consumo de combustible
- Arranque en frío de calidad
- Mejora la eficiencia del motor

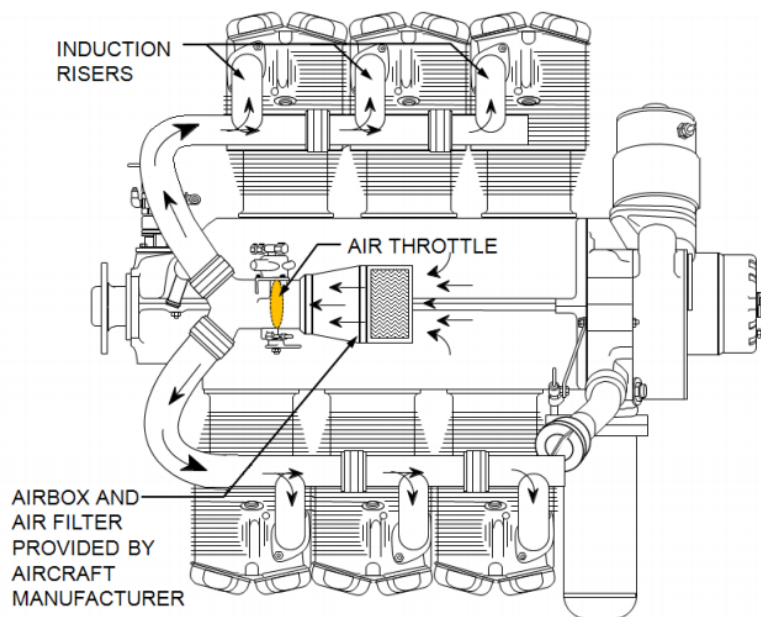
#### **2.19. Sistema de admisión**

Este sistema tiene varios elementos tales como el colector de admisión, un filtro de aire, válvula de mariposa, inyector, haciéndolos trabajar en conjunto para transportar la mezcla a cada cilindro para generar la combustión. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016).

Cuenta con seis tubos distribuidos sobre el motor los mismos que transportan el aire hacia las tomas de entrada, mezclándolo con el combustible alimentado por los inyectores, transportándolo hasta los cilindros cuando la válvula entrada se abre.

### Figura 8

#### *Sistema de inducción*



Nota. Se representa la conexión de tuberías conectadas hasta la entrada de los cilindros. (2016). (Installation and Operation Manual). Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)



## **2.20. Unidad de control aire-combustible**

Se coloca en la entrada de la toma del manifold<sup>6</sup>, consta de la unidad medidora de combustible y acelerador de aire. La unidad de medición de combustible se conforma por un disco de medición, eje de la placa del acelerador y un enchufe. Cabe destacar que el ralentí se ajusta con la utilización de un resorte en su interior.

## **2.21. Bomba de inyección de combustible**

En el caso del HC-CMF el motor cuenta con una bomba de combustible con desplazamiento positivo proporcionado por la paleta rotativa, la misma que se posicionó frente al gobernador de la hélice, el combustible ingresa a la bomba en el pozo de remolino del separador de vapor que tiene la bomba. El vapor es segregado con la ayuda de un movimiento de remolino de modo que solo alimente combustible en forma líquida hacia la bomba. Posteriormente el vapor es extraído del centro del remolino por medio de un chorro pequeño de combustible inducido a presión en la línea de retorno de vapor, donde es devuelto al sistema de combustible de la aeronave. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016).

Para ajustar la bomba de inyección de combustible, tiene un orificio ajustable que permitirá la configuración de presión deseada solo en la posición de aceleración máxima. El ajuste de presión en vacío se obtiene ajustando el tornillo de resorte de tensión de la válvula de alivio.

---

<sup>6</sup> Manifold. Colector de admisión del motor

## **2.22. Inyectores de descarga de combustible**

El flujo de combustible requerido para el funcionamiento del motor es suministrado por el sistema de inyección el cual alimenta un flujo continuo de combustible mediante el uso de múltiples boquillas, la presión con la que trabaja el combustible puede variar debido a cambios en la velocidad que tiene el motor, la posición de la mezcla o acelerador de aire. (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016).

Sin embargo, el consumo exacto del combustible puede predecirse con exactitud ya que este es proporcional a la presión de combustible medida. La bomba de paletas ayuda a la supresión de vapor que podemos encontrar, la misma soporta entradas de baja presión y trabajar a gran altitud sin presentar ningún inconveniente. Del mismo modo el caudal es dependiente de las revoluciones que el motor genere.

Cabe recalcar que si el combustible está mal regulado y no es bien suministrado puede variar contundentemente en las revoluciones que se indiquen.

## CAPÍTULO III

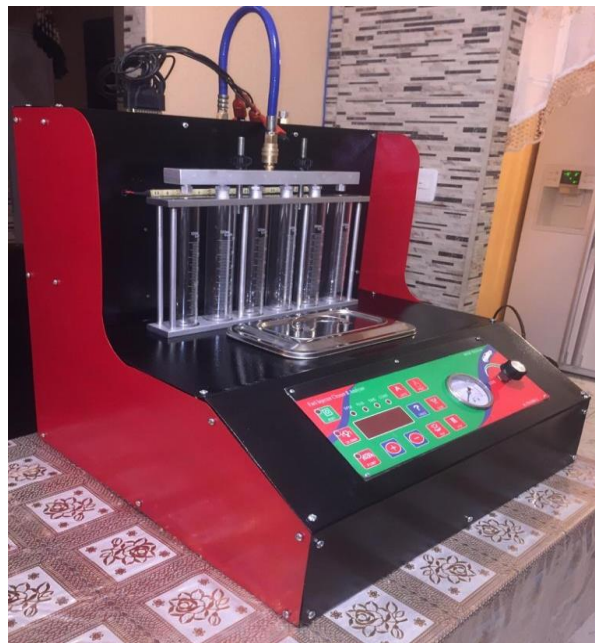
### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1. Diseño

Para la elaboración de la máquina es necesario tener en cuenta varios aspectos los mismos que serán analizados y detallados a continuación. El diseño será realizado con la ayuda del software AutoCAD y Solid Works los mismos que nos permitirán tener un diseño gráfico tanto de la máquina, como una referencia de las presiones que soportaran los reservorios, evitando así una deformación en los materiales debido a malos cálculos que se pueden generar durante la manufacturación.

#### **Figura 9**

*Banco de pruebas*



Nota. Se expone la máquina finalizada

### **3.2. Dimensiones para el área de trabajo**

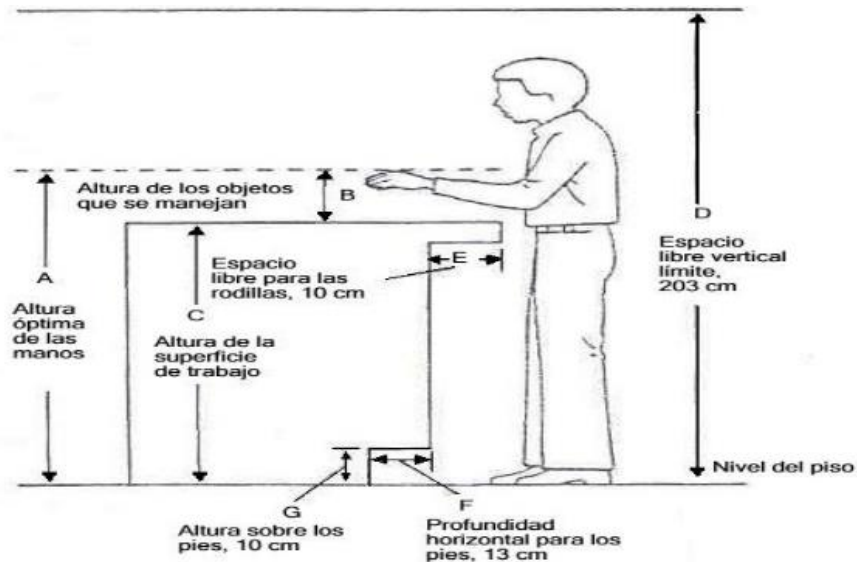
Para la utilización y correcta operación de la máquina es necesario trabajar de pie, sin embargo, cabe recalcar que mantenerse erguido por mucho tiempo puede ocasionar problemas de salud al trabajador, donde las zonas son más afectadas resultan ser las piernas, cuello y espalda.

Dentro de las desventajas más dañinas podemos encontrar que los ligamentos y tendones se pueden ver seriamente afectados, además de la inflamación de las venas que a largo plazo pueden acarrear varices. Por otra parte, la tarea de mantenimiento requiere de poco tiempo estando de pie, no obstante, es conveniente tomar las precauciones necesarias para salvaguardar la integridad del personal técnico que operará la máquina.

Para ello fue necesario enfocarse en los estudios ergonómicos para trabajar de pie, localizando las zonas vulnerables y como poder opacarlas, implementando las medidas necesarias para nuestra herramienta.

**Figura 10**

Referencia de medidas ergonómicas



*Nota.* Se representan las medidas estándar y los estacionamientos que debe tener la estructura. (s.f). Recuperado de

<https://www.google.com/search?q=medidas+ergonomicas&rlz=1C1CHBD>

En base a ello tomamos como medida principal la base donde la máquina será posicionada para lo cual nos brinda una altura de 1,1 m. adicional a ello debemos tomar en cuenta la altura promedio del operador y las dimensiones de la máquina puesto que deben ofrecer comodidad al operario, para evitar causar fatiga muscular.

Es importante tener en cuenta la altura a la cual la máquina será manipulada, manteniendo la distancia óptima para el alcance con las manos, además de ello no debe estar tan cerca de las rodillas ya que además de incomodar no brinda el espacio respectivo de seguridad.

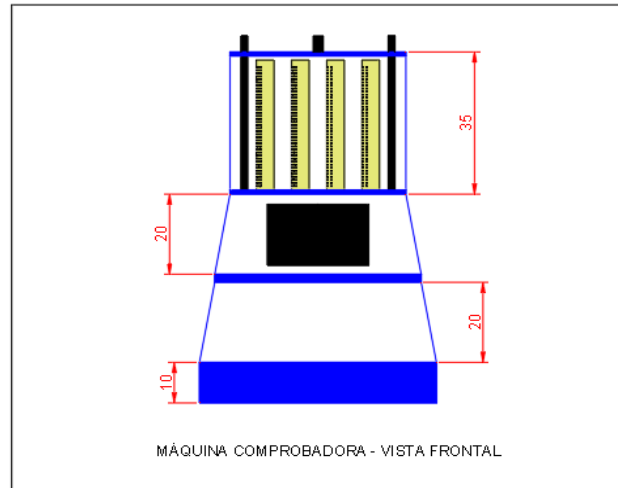
### 3.3. Diseño estructural del banco de pruebas

El diseño de la máquina comprobadora de inyectores se lo realizó en AutoCAD, tomando en cuenta las medidas que se van a utilizar para su ejecución, el diseño se lo trabajo en una escala de 1:1 utilizando centímetros como la unidad preferencial.

Además de ello se selección diferentes tipos de líneas, variando entre sus colores, el tipo de línea si es de relleno o segmentado y el grosor de la misma. Al final del diseño se procedió a marcar el relleno respectivo de cada sección, se adjuntó al diseño las cotas las cuales indicaran la medida de la máquina.

**Figura 11**

*Vista frontal*



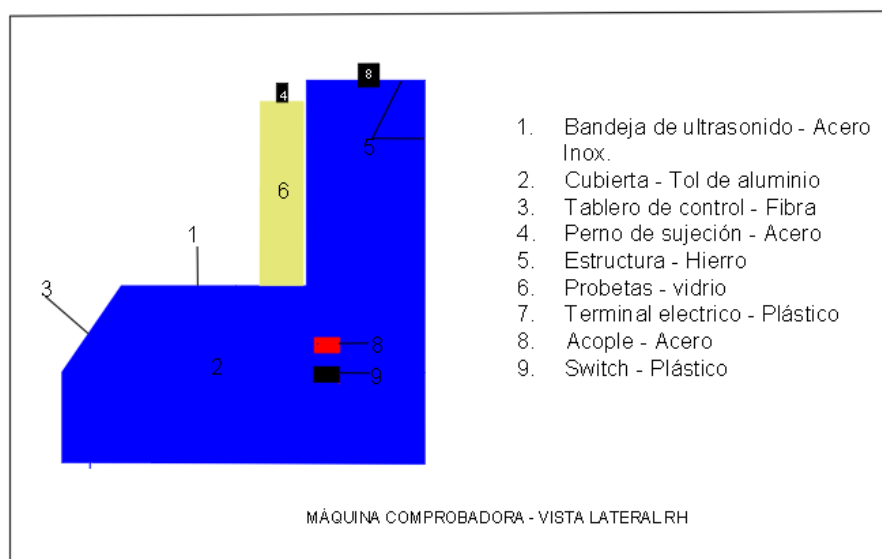
*Nota.* Las medidas de la maquina están en cm.

Podemos apreciar que en la parte superior se encuentra la base donde estarán posicionadas las probetas medidoras en este caso pueden almacenar un volumen de 250 ml, se colocó cuatro probetas para la recolección de fluidos a la hora de realizar las pruebas.

El recuadro blanco es una bandeja en la cual se realizará la prueba de ultrasonido, para la misma utilizamos aluminio, debido a su ligereza y resistencia ante agentes químicos y corrosivos. En la parte inferior se instalará el equipo electrónico que mejorará el funcionamiento de la máquina.

## Figura 12

*Vista lateral*



*Nota.* Detalle de los elementos utilizados en la elaboración de la máquina comprobadora de inyectores.

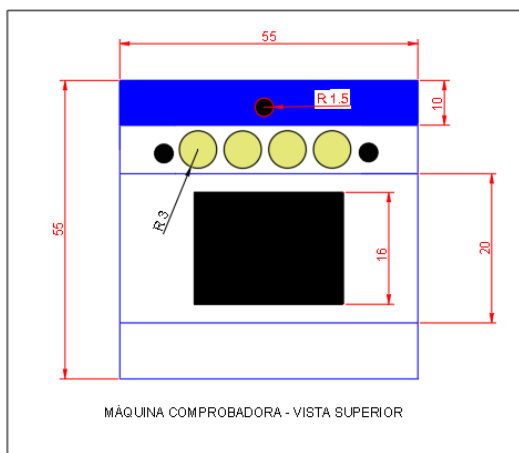
Podemos apreciar el diseño desde otra perspectiva, en el sombreado azul de la parte inferior derecha existen dos puertos en donde el rojo es el botón de encendido y apagado y el botón negro es donde se enchufará la fuente que alimentará todo el circuito eléctrico de la máquina.

El rectángulo de color verde identifica donde estarán posicionadas las probetas y los puntos de sujeción que serán adjuntados con pernos de modo que aseguren el riel de inyectores<sup>7</sup>.

Desde otra perspectiva colocamos en la parte superior el cable de conexión de las líneas que transportan el líquido hasta los inyectores, se puede apreciar las probetas y la bandeja de ultrasonido.

### Figura 13

*Vista superior*



*Nota.* Las medidas de la máquina están en cm.

---

<sup>7</sup> Riel de inyectores. Componente donde van situados los inyectores para que realicen su operación.



### **3.4. Proceso de manufacturación de la máquina comprobadora de inyectores**

Con la ayuda de los diseños digitales resultó menos complejo su elaboración puesto que tenemos las medidas, el material preciso para su construcción y las reacciones correspondientes cuando se les aplique la carga sugerida.

#### **3.4.1. Soporte de la máquina**

El primer paso fue realizar el cuadro o marco de lo que será la máquina para lo cual fue imprescindible la utilización de ángulos de hierro puesto que es resistente a la corrosión y nos brinda una estructura fuerte que soporte el peso y tensión de la comprobadora. Se tomó en cuenta las medidas propuestas en el diseño digital.

Fue necesario realizar los respectivos cortes de modo que las partes enlacen una con otra dando así la forma correcta que debe tener el cuadro, es importante utilizar los materiales de protección para evitar cualquier tipo de incidente o accidente al momento de laborar, era necesario tener las medidas exactas y cortarlo con la referencia del tamaño de disco ya que en este caso utilizamos una moladora para realizar los cortes más precisos

**Figura 14**

*Marco estructural*



*Nota.* Segmentación de la barra de hierro.

Para el ensamblaje de la estructura utilizamos suelda por arco eléctrico la cual se enfoca en la unión de los componentes mediante la transferencia de calor a través del porta electrodo hacia el electrodo utilizado en este caso (6011), descargando corriente eléctrica que se mantiene por un gas ionizado al cual denominamos plasma. Cabe recalcar que mediante este tipo de suelda se puede producir una temperatura de hasta 5500 °C.

Antes de trabajar en los procesos de soldadura es conveniente utilizar el equipo de protección personal respectivo, tal como casco para soldadura, calzado aislante, mandil de cuero y guantes ya que se pueden producir ciertos daños:

- Daño temporal o permanente en los ojos llamado arco.
- Quemadura por no usar la ropa adecuada.

Se empato las partes respectivas en cada conexión realizando un punto de suelda para tener una referencia para unirlo a la siguiente pieza de modo que quede cuadrada y sin ninguna desviación puesto que el calor hará que el material se deforme y tienda a doblarse hacia un lado u otro, de este modo es importante mantener siempre la posición a la que va dirigida guiándolo mediante la utilización de nivel y platinas que indiquen su rectitud.

Una vez con los puntos de referencia colocados fue necesario rellenarlos con suelda de modo que aseguremos la estructura, cabe recalcar que los puntos también se los realizó internamente para evitar que la estructura se suelte o se vaya fisurando de a poco.

### **Figura 15**

*Estructura soldada*



### **3.4.2. Pulida de la estructura**

Puesto que llevará una capa de tol como protección y cubierta es necesario limar toda la escoria y residuos de la suelda de modo que nos quede una superficie lisa a la cual pueda acoplarse la lámina sin que se note alguna deformación o desnivel en su superficie.

De igual forma se utilizó la moladora pero esta vez con un disco de mayor grosor con gránulos más grandes que devasten y vayan eliminando la capa de soldadura hasta dejar solo la unión entre los dos materiales.

Además, este proceso es realizado con la finalidad de verificar si la suelda tiene porosidad o existen huecos que impiden la continuidad del cordón, y es de suma importancia controlarlos a tiempo puesto que se pueden convertir en puntos débiles y empezar a producirse rajaduras entre las dos vigas.

**Figura 16**

*Eliminación de escoria de la soldadura*



### **3.4.3. Cubierta de la estructura**

Debido que el material estuvo en contacto con altas temperaturas pudo haber perdido sus propiedades en ciertas secciones o a la vez se utilizó un cepillo de alambre para eliminar impurezas o residuos de óxido, una vez con este procedimiento listo es necesario realizar un fondeo con una capa de pintura de aceite para recubrirla evitando que se empiece a oxidar.

Una vez que se tiene listo el fondo se lo puede cubrir con una nueva capa de pintura esta también funcionara como un sellante evitando que se filtre cualquier tipo de corrosión y manteniendo la integridad del material.

### **Figura 17**

*Estructura pintada*



#### **3.4.3. Dimensiones sobre el tol inoxidable**

Procedemos a realizar el trazado respectivo de las medidas sobre el tol inoxidable, puesto que nos ofrece un peso relativamente inferior logrando que la maquina no sea tan pesada, pero si estable. Para ello marcamos a precisión el tamaño correspondiente de modo que al doblar el material quede parejo y simétrico en su totalidad.

Una vez que se tenga las medidas completas sobre las planchas de tol lo cortamos para después doblarlo en la silueta deseada, cabe recalcar que este proceso se lo debe realizar correctamente evitando en lo más posible fallos y deformación en el material ya que este es maleable y frágil.

Posterior seleccionamos remaches para adjuntar las planchas sobre el soporte de hierro perforando ambas partes previamente con un taladro y la medida de la broca adecuada para la inserción de los remaches, estos deben entrar precisos para sujetarse con firmeza a ambas caras.

Cabe recalcar que de todas las cubiertas el panel frontal será sujetado con pernos de modo que sea fácil su remoción para verificación de la tarjeta eléctrica y chequeo de pulsadores, por tal razón es importante mantener un buen funcionamiento de la maquina evitando el desgaste debido a su pulsación continua.

### **3.5. Depósito de combustible**

Generalmente es conocido como el recipiente en donde el combustible será almacenado antes de ser distribuido mediante las líneas de conexión, el mismo debe ser realizado con materiales altamente resistentes que no se corroan o se dañen gracias a los elementos químicos que contiene el combustible en este caso Avgas 100 LL. (Aranguren, 2018).

### **3.6. Diseño estructural del reservorio**

Para lograr la eficiencia de los depósitos durante la operación y en cese de la misma se realizó cálculos para verificar la presión a la que será sometido el reservorio,

adicional se calculó el espesor de las paredes necesario para evitar deformaciones provocando que el combustible se fugue, se analizó las dimensiones necesarias para medir la cantidad exacta de combustible que alimentara el sistema.

### 3.7. Presión del sistema

La presión del sistema está estrictamente enfocada en la presión a la que trabajan los inyectores del motor Continental IO- 360 HB 6 B. esta ocasión nos enfocamos directamente al manual creado por el fabricante y los boletines de servicio dispuesto para el mantenimiento específico de los elementos.

**Tabla 10**

*Parámetros de los inyectores*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>
Temperatura	21.11 a 26.66 °C
Presión	12 Psi

Los inyectores normalmente trabajan con una presión de 12 Psi la cual abastece correctamente para su funcionamiento. Para cumplir todas las operaciones que requiere la maquina establecemos una presión máxima de 30 Psi y a esta presión se procederá a multiplicarla por el factor de seguridad, el cual nos brindara un porcentaje adicional para evitar posibles fallos en nuestro sistema.



**Datos:**

Presión de trabajo: 30 Psi

Factor de seguridad: 1.5

Presión = 30 Psi \* (1.5)

Presión = 45 Psi

**3.8. Cómputo de las dimensiones del reservorio**

Para llevar a cabo los estudios y análisis de resultados respectivos trabajamos con la aplicación SolidWorks la cual nos permite diseñar gráficamente el reservorio para después mostrarnos una animación grafica de cómo va a reaccionar nuestro elemento al aplicarle la presión, la cantidad de líquido y el tipo de material con el que se lo va a fabricar. El reservorio se lo manufacturara en forma rectangular a la cual se le acoplaran todos los neplós tanto para entrada, salida de combustible, líneas de abastecimiento y cañerías de limpieza y dren. Una vez que especificamos los valores de presión necesarios para la operación, procedemos a calcular la cantidad de líquido que almacenará el reservorio, el área que este tendrá.



$$V = l * a * h$$

Una vez determinada la figura es necesario tener en cuenta la cantidad de líquido que se tendrá en el interior para tomar esta medida como punto de partida y así elaborar el reservorio con las medidas exactas para evitar un exceso de material y ganar espacio dentro de la máquina. La cantidad de combustible necesaria para el

correcto funcionamiento de la herramienta es de 2 litros los cuales serán suministrados al reservorio, pero a esta cantidad de igual manera se la debe multiplicar por el factor de seguridad, así cuando estemos en operación el suministro no va a faltar ni a ser excedente, lo cual nos dará una operación segura y estable.

**Datos:**

Cantidad de combustible: 2 lt.

Factor de seguridad: 1.5

$$2 \text{ lt} * (1.5) = 3 \text{ lt}$$

Obteniendo así una cantidad de 3 litros los cuales serán abastecidos y alimentados mediante las líneas hasta los inyectores donde será pulverizado. Esa cantidad debe ser transformada a  $cm^3$ , lo cual nos da un valor de  $3000 \text{ cm}^3$  en el interior del reservorio.

Finalmente procedemos a calcular las medidas exactas del rectángulo, buscando optimizar sus dimensiones para que abarque la cantidad exacta y evitar un excedente de material, ya que a su vez este nos aumentara peso a la máquina que se va a realizar, como ya tenemos el volumen con el que debe trabajar es cuestión de acoplarlo a su diseño.

**Datos:**

Cantidad de combustible: 3 lt.

Presión: 45

$$V = l * a * h$$

$$V = 10\text{cm} * 15\text{cm} * 20\text{cm}$$

$$V = 3000 \text{ cm}^3$$

$$V = 3 \text{ lt}$$

El resultado obtenido en cuanto a las medidas que se asignaron al rectángulo cumple con los requisitos de operación y está dentro de los parámetros de seguridad, por lo cual se encuentran en condiciones óptimas para procederá a su

**3.9 diseño del reservorio en SolidWorks**

Con los datos establecidos anteriormente realizamos la simulación en la aplicación para observar las reacciones del reservorio una vez que se le aplique la presión correspondiente. El material seleccionado para la elaboración es hierro gris o como se lo conoce hierro fundido.

**Datos:**

Largo: 20 cm

Altura: 10 cm

Ancho: 15 cm

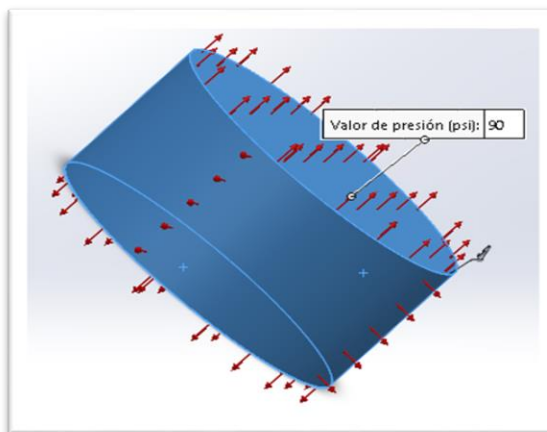
Material: tol inoxidable

Cuando el diseño del reservorio esté finalizado se procede asignar los datos de la presión que actuarán en el sistema, previamente seleccionamos el sistema de coordenadas cartesiano de modo que nos indique la dirección en la cual estará ubicado y va a trabajar el reservorio, ubicándolo en un plano (X, Y, Z). cabe recalcar que una vez asignada la presión y la dirección en la que esta se efectuara hay que designar la densidad del líquido con el que se ira a trabajar en este caso combustible el cual tiene una densidad de  $0.026 \text{ lb/in}^3$ , solo así obtendremos una simulación real y con valores verídicos y confiables.

El reservorio contará con una presión de 45 Psi la misma que en las caras N° 1 afectará hacia el interior y en la cara N°2 trabajará hacia el exterior del mismo.

### Figura 18

*Presión actuante en el reservorio*



*Nota. Con la ayuda de SolidWorks se realizó una simulación del reservorio sometido a las presiones*

Una vez asignada la presión correspondiente colocamos el mallado el cual será fino para obtener resultados más reales y un estudio más detallado del sistema, para después continuar con la simulación que nos dará los resultados de las reacciones.

### **3.10. Análisis de los resultados del reservorio**

Cuando la simulación finalice podremos observar el cuerpo difuminado con colores en secciones ya sea azul, rojo, verde. En donde nos indicara donde es el área que sufre más tensiones y deformaciones, a su vez nos indicara si el sistema no va a soportar la presión con los valores asignado por lo cual tocara realizar nuevos estudios.

### **3.11. Diseños de los reservorios**

Con los resultados obtenidos y dentro de los parámetros permisibles procedemos a llevar a cabo la construcción del reservorio, realizando la guía del diseño en AutoCAD para tenerlo como un instructivo a la hora de manufacturarlo en el material seleccionado.

En esta sección se adjuntan los neplós y salidas correspondientes que tendrá el reservorio para operar, teniendo en cuenta que se utilizará la entrada y salida de combustible, orificio de drenaje y limpieza del tanque, puerto de llenado de combustible.

Una vez finalizado el diseño definitivo del reservorio, se lo traslada para su manufacturación, y se realiza la construcción del reservorio en tol inoxidable debido a que el material es resistente a la corrosión y no va a presentar desgastes del material, lo que nos ayudará a que no se presenten fugas de combustible en las conexiones de soldadura.

- Las características esenciales por las cuales se tomó en cuenta este tipo de material son:
  - El tol tiene mayor maleabilidad que los aceros.
  - Además de ser auto lubricante cumple con la función de absorber las vibraciones.
  - Ofrece resistencia a la corrosión y desgaste.
  - Se lo puede acoplar en la forma deseada.







### **3.12. Señalética**

Su finalidad es llamar la atención de los técnicos que van a manipular la máquina, evitando que cometan alguna imprudencia tal como no tener el equipo de protección adecuado o no interpretar las alertas de seguridad expuestas en el exterior de la máquina.

Es importante manifestar todas las indicaciones respectivas de la máquina, para ello es necesario determinar el agente líquido que se implementara dentro de su reservorio, los equipos de protección personal necesarios para evitar incidentes o accidentes, indicar si el agente es inflamable, si posee corriente eléctrica, entre otras indicaciones.

Para ello es imprescindible realizar una investigación en donde se estipule los parámetros que estas deben tener tal como su medida, colores, instrucciones específicas para poder identificarlas, deben ser basadas en una norma ISO la misma que regule su estructura. (SS COVADONGA, 2018).

**Figura 19***Características de la señalética*

COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE	APLICACIÓN
	BLANCO	• Señales de prohibición.
	BLANCO AMARILLO FOTOLUMINISC.	• Señales de localización de equipos de lucha contra incendio.
	NEGRO	• Señalización de advertencia de peligro.
	BLANCO AMARILLO FOTOLUMINISC.	• Señales de vías de evacuación. • Señales de salidas de emergencia • Señales de socorro y salvamento.
	BLANCO	• Señales de obligación.
	BLANCO	• Señales de información.

*Nota.* Se especifica los colores sugeridos para la detección de la señal respectiva. (2018). Recuperado de (Catalogo general de señales de seguridad).

### 3.13. Señalética de seguridad en el banco de pruebas

Debido a que es una máquina que cuenta con corriente eléctrica, agentes químicos que pueden causar daños al tener contacto con la piel u ojos es importante manifestar a simple vista y en un lugar claro la señalita correspondiente para advertir al personal que la va a operar evitando así cualquier accidente dentro de la empresa, convirtiéndola en una máquina totalmente segura y confiable.

Para ellos es importante identificar que tipo de señalética se va a proporcionar para laborar en la máquina, ya sea de advertencia como uso obligatorio del equipo.

**Figura 20**

*Guantes de protección*



*Nota.* Identificamos que señal nos guía a utilizar guantes de protección. (2018).

Recuperado de (Catalogo general de señales de seguridad).

**Figura 21**

*Uso de gafas*



*Nota.* Se establece la señal específica para el uso de gafas. (2018). Recuperado de

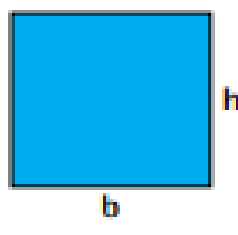
(Catalogo general de señales de seguridad).



Es importante evitar el contacto con el combustible ya que este posee cantidades de plomo que se adhieren a nuestro sistema contaminando nuestra sangre creando complicaciones en un futuro, para lo cual es recomendable en caso de haber mantenido contacto lavarse bien con agua y jabón evitando dejar residuos del mismo en nuestra piel, para los ojos es recomendable lavarlos bien con abundante agua y en caso de mantener molestia acudir a un médico donde se le recetará medicamento o le brindarán las respectivas indicaciones.

## Figura 22

*Especificaciones de dimensiones*



Dimensiones en mm	
b	h
52	52
105	105

*Nota.* Medidas necesarias para la visibilidad de señales. (2018). Recuperado de (Catálogo general de señales de seguridad).

Puesto que las especificaciones están delimitadas por las normas ISO tenemos que acatar las medidas establecidas, buscando el lugar adecuado en la máquina para colocarlo, y que este se pueda diferenciar a simple vista, adicional a ello tenemos que colocar las señaléticas juntas para evitar confusión o que alguna de ellas no se pueda identificar.

**Figura 23**

*Restricciones*



*Nota.* Advertencia de riesgo existente por líquidos que se pueden incendiar. (2018).

Recuperado de (Catalogo general de señales de seguridad).

Puesto que la maquina contendrá liquido inflamable es preferible expresarlo para evitar cualquier contacto directo con alguna chispa que pueda generar un incendio, haciendo que esta explote causando daños inmediatos a sus operadores o el personal que se encuentre dentro de la zona de peligro.

**3.14. Prueba de fugas**

La máquina para cumplir los requisitos de operación debe ser hermética, lo cual no permite la salida ni entrada de algún elemento en las probetas de recolección, consta de sellos instalados tanto en los acoples de los inyectores como en los topes y bases de las probetas.

Se ejecutó la prueba de funcionamiento del sistema, haciendo correr el solvente por las líneas hasta llevarlo a la riel de inyectores donde será distribuido posteriormente, una vez finalizada la operación es necesario inspeccionar visualmente la máquina en busca de fugas o liqueos que ocasionen una mala lectura de los parámetros de atomización de los inyectores.

Puesto que la operación fue exitosa no existió la necesidad de reemplazar o corregir algún elemento del sistema, lo cual será de ayuda para que la comprobadora no presente fallas durante su funcionamiento.

### **3.15. Tarea de mantenimiento**

#### **3.15.1. Inspección de los inyectores de combustible del motor IO-360-HB-6B**

Cuando la máquina esté finalizada por completo y las pruebas respectivas se hayan culminado correctamente, es necesario continuar con la tarea principal, la cual consiste en la inspección y limpieza de los inyectores de descarga de combustible, para verificar su estado de funcionamiento, si están cumpliendo los requisitos de los parámetros dentro de lo establecido o sufren algún daño interno.

Para ello es pertinente referirse al manual de servicio modelo R172 del fabricante donde se estipulan los pasos correspondientes a realizarse para completar la tarea correctamente, de esta manera evitamos saltarnos algún paso esencial o cometer alguna equivocación durante el proceso. (CESSNA AIRCRAFT COMPANY, 1980)

### 3.16. Inspección de los inyectores de combustible

Nos ubicamos en el manual y nos dirigimos a la tabla de contenido donde buscaremos la sección correspondiente a la tarea:

<b>Sección 12</b>	Sistema de combustible	1J16 / 12-1
-------------------	------------------------	-------------

Adicional a ello es recomendado por la FAA<sup>8</sup> referirse al SB08-4A<sup>9</sup> en el cual nos da indicaciones específicas para evitar cualquier tipo de contaminación en nuestro sistema de inyección de combustible durante el mantenimiento e instalación de cualquier componente que conforme el sistema.

#### 3.16.1. Inyectores de descarga de combustible

Podemos representar como esta conformado y conectado los elementos uno con otro para poder formar el sistema y hacerlo que trabaje en conjunto.

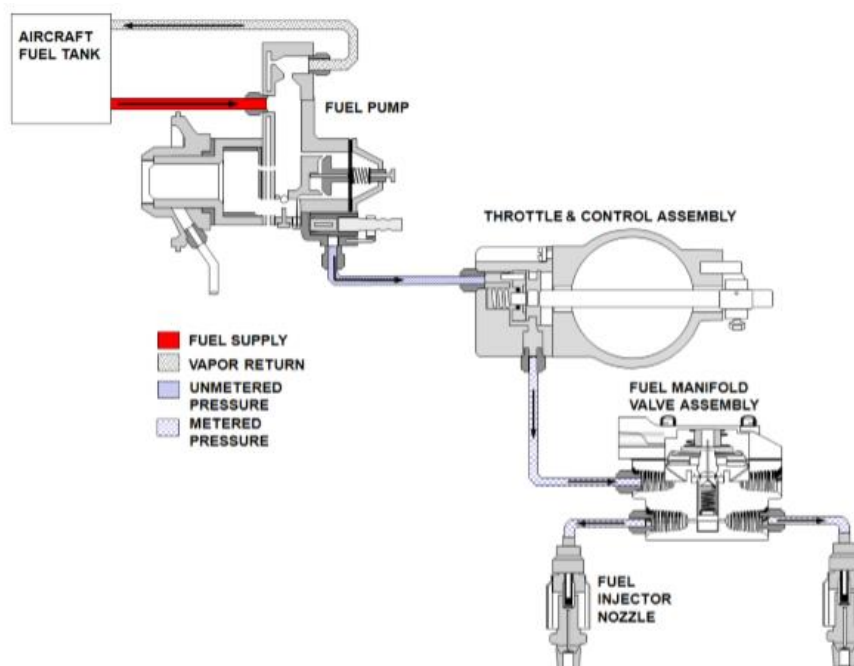
---

<sup>8</sup> FAA. Administración Federal de Aviación

<sup>9</sup> SB084-4<sup>a</sup>. Boletín de servicio 08-4A

**Figura 24**

*Esquema del sistema de combustible*



*Nota.* Exponemos las conexiones entre varios elementos los mismos que trabajando en conjunto permiten la correcta distribución de combustible desde el reservorio hasta la boquilla de los inyectores. (2016). (Installation and Operation Manual). Recuperado de (CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE, 2016)

El manual nos brinda indicaciones específicas, no sin antes mencionarnos una explicación de las funciones que cumple dicho elemento.

En este caso nos indica que el combustible se dirige a través de las líneas con una cantidad específica previamente regulada por la válvula múltiple, entregando el flujo de combustible a la parte de admisión de los cilindros individualmente. En la boquilla de

cada inyector se encuentra una purga de aire, la misma que vaporiza el combustible convirtiéndolo más eficiente. Es importante conocer que las boquillas son estampadas con una letra de sufijo y un valor numérico, además cuentan con un mismo rango, por tal razón es importante que al momento de reemplazar las boquillas estas deben tener el mismo rango calibrado y si son reemplazadas en conjunto el valor numérico debe ser idéntico al cual se le retiro, lo único que puede variar es la letra de sufijo.

### **3.16.2. Remoción de los inyectores**

Previo a la remoción de los inyectores de sus respectivas líneas de combustible es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones, de modo que nos aporten seguridad a la hora de cumplir la tarea propuesta.

- Es importante verificar la línea de los inyectores en busca de desgaste o daño, en caso de ser así se procede a reemplazar las líneas destornillándolas del divisor de flujo.
- Desconectar las líneas de flujo de combustible de las boquillas de descarga.
- Se retira la boquilla con la ayuda de una copa de  $\frac{1}{2}$  pulgada.
- Se coloca un tapón al final de cada línea para evitar la ingesta de impurezas o derrames líquidos.

Es importante conocer que para limpiar un inyector no se debe utilizar ningún tipo de alambre o pin, pues esto puede deformar la salida de combustible logrando que el flujo del mismo aumente dentro del cilindro, adicional remover los empaque ya que al

contacto con los agentes limpiadores se pueden cristalizar o expandir perdiendo su presión, lo que provocaría una fuga.

### **3.16.3. Inspección de los inyectores y limpieza.**

Una vez que tengamos los inyectores fuera colocamos los inyectores en el riel de la máquina acoplándolos a sus puntos de sujeción para hacer correr el flujo de combustible a través de ellos para observar su funcionamiento fuera del motor.

Cuando estén instalados procedemos a enviar los pulsos de chorro de combustible a distintas velocidades para analizar cuánto flujo produce cada inyector, así observar que boquilla se encuentra obstruida.

### **3.16.4. Limpieza por ultrasonido**

Por consiguiente, después de haber obtenido las muestras necesarias se coloca los inyectores en la bandeja de ultrasonido donde por efecto de vibración y gracias al solvente se purificarán internamente removiendo las partículas de combustible que se estancaron anteriormente durante su funcionamiento, luego que el proceso finalice se procede a secarlas con aire comprimido a presión y en el sentido contrario al que va el flujo de combustible.

### **3.16.5. Instalación de los inyectores**

Cuando se culmine la limpieza de los inyectores revisamos la altura del escudo con la parte hexagonal, pues el escudo debe estar posicionado a 1/16 pulgada sobre la parte hexagonal de la boquilla del inyector.

Para concluir colocamos las boquillas de los inyectores de combustible en los cilindros con la ayuda de un dado de ½ pulgada para asegurarla. A esta se le debe asignar un torque específico entre 60 a 80 lb/in para evitar que se afloje.

Se conecta las líneas que transportan el combustible a las boquillas asegurándose de ajustarlas bien para evitar fugas repentinas. Cuando el proceso haya finalizado se revisa toda la tarea en busca de alguna línea suelta, o mal ajustada, percatándose de no dejar ningún componente flojo.

### **3.17. Presupuesto**

La máquina tiene varios aspectos los cuales necesitan ser detallados, para ello cuenta con una variable de materiales requeridos, herramientas de trabajo y componentes rotables.

El precio estipulado puede diferir debido a la locación donde será adquirido el componente o por el tiempo en que se requiere la entrega del pedido, para ello es necesario tener un estimado aproximado que sea confiable, de este modo evitamos demoras y prevenimos un fallo a futuro.



Tabla 11

*Cálculo*

<b>CÁLCULO DE LA INVERSIÓN ECONÓMICA</b>			
<b>DETALLE</b>	<b>CCANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
Riel de Inyectores	1	120,42	120,42
Filtro de Gasolina	1	20	20
Probetas de Polipropileno	4	18	72
Bomba de Gasolina	1	40	40
Fuente de poder	1	60	60
Solvente	1	55	55
Material eléctrico	1	60	60
Estructura	1	150	150
Abrazaderas	20	0,6	12
Mangueras	5 m	5	25
Manómetros	1	35	35
Válvulas Reguladoras	2	50	100
Adaptadores de Inyectores	4	15	60
Catálogo de Partes Ilustradas	1	5	5
Material de suelda	1	70	70
Pintura	1	100	100
Gastos varios	1	150	150
Elementos del riel	1	180	180
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>1314,42</b>

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

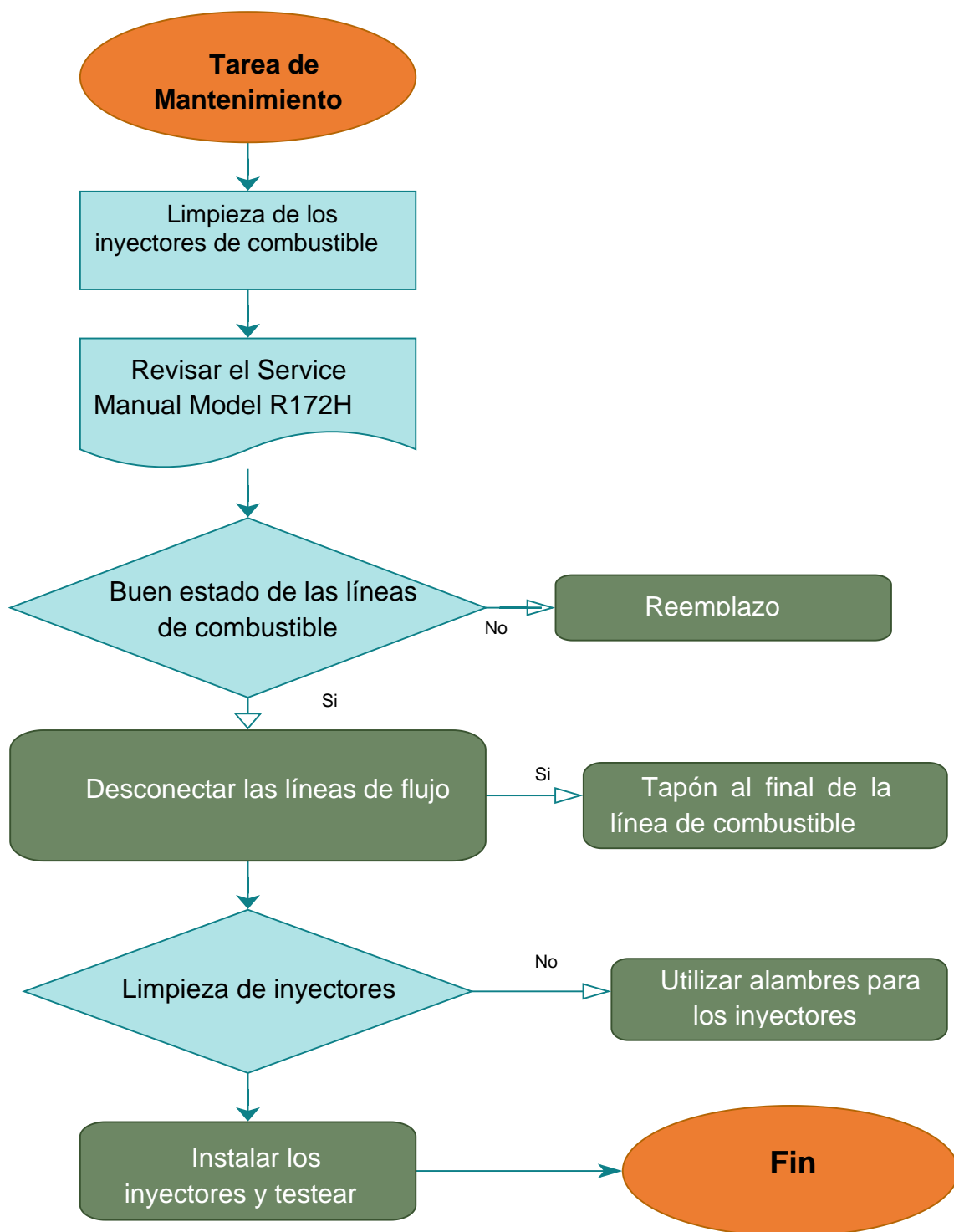
#### 4.1. Conclusiones

- Los inyectores como elemento fundamental dentro de la operación del sistema de combustible, necesitan estar siempre en buen estado puesto que su obstrucción causará inconvenientes a la hora de pulverizar el combustible que se suministra en los cilindros del motor, por lo tanto, su comprobación debe ser exacta y precisa para mantener su funcionamiento intacto.
- Para la tecnificación de los procesos dentro de Ecuatoriana de Aviación se donó una máquina comprobadora de inyectores, la cual ayuda al personal técnico a cumplir con la tarea de limpieza e inspección de inyectores prevista por el manual de mantenimiento.
- Debido a los químicos que contiene cada líquido que se va abastecer dentro de la máquina de inyectores es necesario tomar las respectivas precauciones, por lo cual es de suma importancia la correcta visibilidad de la señalética implementada en la estructura de la herramienta de apoyo, además de ello tomar en cuenta la correcta sujeción tanto de las líneas de combustible como el aseguramiento de los inyectores a la flauta puesto que se puede producir una fuga del líquido ocasionando que este salte hasta el operador o algún objeto cercano.

## 4.2. Recomendaciones

- El manual de servicio del fabricante estipula los parámetros en que se debe encontrar el inyector, es por tal razón que cada 100 horas se realiza la inspección y limpieza en busca de fallos tanto como en las líneas de distribución de combustible y los respectivos inyectores, en caso de encontrar desgaste se recomienda reemplazar el componente.
- La herramienta de apoyo que se implementará ayudará agilizar el proceso de inspección y limpieza, evitando que se tenga que transportar los inyectores de un lugar a otro en busca de la realización de su limpieza, por lo cual es necesario tener en cuenta las instrucciones previstas en el manual de operación de la maquina comprobadora de combustible
- La máquina debe constar con la señalética respectiva que permita identificar al operario el tipo de agente químico que se va a utilizar y el daño que este puede producir en caso de tener algún contacto con el mismo, además debe estipular claramente el uso obligatorio de equipo de protección personal en este caso el overol de trabajo, gafas y guantes, de esta manera se puede evitar cualquier accidente. Adicional a ello todo el trabajo realizado en la maquina se lo debe ocupar con los cinco sentidos y sin ninguna prisa, ajustando bien cada línea que transporta combustible o asegurando bien las uniones donde se encuentre el líquido que puede causar daño al momento de tener contacto con la piel.

## ANÁLISIS DE DIAGRAMA DE FLUJO



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aprendiendo Mecánica.* (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/sistema-electronico--de-inyeccion>
- Aranguren, Á. (10 de Abril de 2018). *M & R.* Obtenido de <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/conozcamos-un-poco-mas-sobre-el-tanque-de-combustible-de-un-coche/>
- Badlub Automotive Center.* (2017). Obtenido de <http://www.badilub.com/servicios/limpieza-de-inyectores-por-ultrasonido>
- CESSNA AIRCRAFT COMPANY. (1980). Service Manual. WICHITA.
- CESSNA AIRCRAFT COMPANY. (1995). Model 172 series 1997 THRU 1986 service manual. Wichita.
- CONTINENTAL AIRCRAFT ENGINE. (2016). Installation and Operation Manual. Brookley.
- DGAC. (2010). DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL. RDAC PARTE 001. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS . Quito.
- European Flyers.* (2020). Obtenido de <http://europeanflyers.com/flota/cessna172-analogico/>
- Fernández Ordoyo, J. M. (25 de Enero de 2018). *ENERGIAS RENOVABLES.* Obtenido de [https://www.seas.es/blog/energias\\_renovables/procesos-combustion-de-gases-combustibles-de-origen-fosil-pci-pcs/](https://www.seas.es/blog/energias_renovables/procesos-combustion-de-gases-combustibles-de-origen-fosil-pci-pcs/)
- Fierros Clásicos .* (25 de Febrero de 2015). Obtenido de <https://fierrosclasicos.com/que-es-la-inyeccion-de-combustible/>

Gallegos Santos, M. (Enero de 2015). *INYECCIÓN MONOPUNTO*.  
Obtenido de <https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2015/01/inyeccic3b3n-monopunto.pdf>

*La comunidad del talleres* . (s.f.). Obtenido de  
<https://www.lacomuniddeltaller.es/termino-mecanico/inyeccion-mecanica/>

López Donaire, D. (07 de Mayo de 2020). *Actualidad Motor*. Obtenido de  
<https://www.actualidadmotor.com/inyeccion-indirecta-e-inyeccion-directa/>

SS COVADONGA. (2018). *Catálogo General De Señales De Seguridad 2018*. Madrid.

# ANEXOS