

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA LOS  
INYECTORES DEL MOTOR ALLISON 250-C20J (BELL-  
206).**

**POR:**

**CBOS-MC-AV BERMUDEZ MOREIRA WASHINTONG MIGUEL**

**Proyecto de Grado como requisito parcial para la obtención del Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2006**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado por el señor **CBOS-MC-AV BERMUDEZ MOREIRA WASHINTONG MIGUEL** como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

---

**ING. GUILLERMO TRUJILLO J.**

**Director**

Latacunga, 30 de Agosto del 2006

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de grado quiero dedicárselo primeramente a Dios por haberme dado vida y fuerzas para poder culminar mi carrera como Tecnólogo Aeronáutico y por no haber dejado que decaiga mi moral en los momentos más difíciles.

También quiero dedicárselo a mi esposa y a mis hijos por haber soportado mi ausencia en todo este largo periodo, a mis padres por haberme inculcado en todo momento los valores y así poder hacer de mí un hombre de bien.

Y a todas aquellas personas que directa o indirectamente pusieron su granito de arena para poder conseguir mi objetivo en especial a mis abuelitos Argentina y Diógenes a quienes amo demasiado por todo su esfuerzo brindado hacia mi persona.

**BERMÚDEZ MOREIRA WASHINTONG MIGUEL**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos al Todo poderoso por permitirme ser un hombre feliz y obtener todo lo que he querido en especial el amor de toda mi familia.

A mi esposa Janeth, a mis hijos Karen y Kevin por ser mi inspiración para toda meta que me propongo y por saber comprender que mi carrera no es fácil ya que no puedo estar con ellos todo el tiempo.

A mis padres Inés y Claudio por haberme brindado en todo momento su apoyo y confianza para así poder culminar con éxito mis estudios. A mis hermanas Maylis y Melany por ser complementos de mi vida.

A la Fuerza Naval por permitir que su personal se capacite y sea cada vez más profesional.

Y finalmente al Ing. Trujillo por su apoyo incondicional y desinteresado en la guía y realización de este proyecto.

**BERMUDEZ MOREIRA WASHINTONG MIGUEL**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Página</b>
CERTIFICADO.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
INDICE DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE ANEXOS.....	X
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
GLOSARIO DE TERMINOS.....	XV

## CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. ALCANCE.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivo Específicos.....	3

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES.....	4
2.1.1. Definición.....	4
2.1.2. Inyector.....	4
2.1.2.1. Función del Inyector.....	5
2.1.2.2. Características del Inyector que posee el BELL-206.....	5
2.1.2.3. Descripción del Inyector que posee el BELL-206.....	6
2.1.2.4. Partes del Inyector.....	7
2.1.2.5. Tipos de Inyectores.....	8
2.1.2.6. Inspección de los inyectores.....	9
2.1.2.6.1. Mantenimiento.....	10
2.1.2.6.2. General.....	10
2.1.2.6.3. Inspección y limpieza.....	11
2.1.2.6.4. Desarmado del Inyector.....	13
2.1.2.6.5. Inspección del Inyector desarmado.....	15
2.1.2.6.6. Armado del inyector.....	15
2.1.2.6.7. Fallas en el As del flujo de comb.....	17
2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	18
2.2.1. Principio de Pascal.....	18
2.2.2. Transmisión de Presión Neumática.....	19
2.3. TIPOS DE BANCOS DE PRUEBA.....	20
2.3.1. Banco de Pruebas de Inyectores con Bomba Manual.....	20
2.3.2. Banco de Pruebas de Inyectores a Presión Neumática.....	21

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

3.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	22
3.1.1. Primera Alternativa.....	22
3.1.2. Segunda Alternativa.....	23
3.2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	24
3.2.1. Primera Alternativa. ....	24
3.2.2. Segunda Alternativa.....	25
3.3. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	26
3.3.1. Factor Mecánico.....	27
3.3.2. Factor Financiero.....	28
3.3.3. Factor Complementario.....	28
3.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	28
3.4.1. Selección de la Mejor Alternativa.....	32
3.5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.....	32

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN**

4.1. TANQUE.....	36
4.2. BASE.....	39
4.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	40
4.4. SISTEMA NEUMÁTICO.....	41
4.5. DIAGRAMAS DE PROCESOS.....	43
4.5.1. Diagrama de Procesos de Fabricación de la base.....	43

4.5.2. Diagrama de Procesos de Fabricación del tanque.....	44
4.6. DIAGRAMA DE MONTAJE.....	46
4.6.1. Ensamble de la Base.....	46
4.6.2. Ensamble del Sistema de Combustible.....	46
4.6.3. Ensamble del Sistema Neumático.....	47
4.6.4. Ensamble final de los Sistemas.....	48

## **CAPÍTULO V**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

5.1. PRUEBAS HIDROSTÁTICA.....	49
5.2. PRUEBAS DE OPERACIÓN.....	49
5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	51

## **CAPÍTULO VI**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	52
6.2. MANUAL DE OPERACIÓN.....	53
6.3. MANUAL DE CALIBRACIÓN.....	55
6.4. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	56
6.5. MANUAL DE VERIFICACIÓN.....	58
3.3. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	58

**CAPÍTULO VII**  
**ESTUDIO ECONÓMICO- FINANCIERO**

7.2. Análisis Económico-Financiero.....	61
7.3. Comparación entre el mecanismo construido y un mecanismo comprado en el Mercado.....	64

**CAPÍTULO VIII**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.1. CONCLUSIONES.....	66
8.2. RECOMENDACIONES.....	67

**BIBLIOGRAFÍA.**

**ANEXOS.**

**PLANOS:**

**PLANO GENERAL**

**PLANO DE CONSTRUCCIÓN**

## **LISTADO DE ANEXOS**

Anexo A: Inspección y mantenimiento de los Inyectores.

Anexo B: Certificados.

Anexo C: Propiedades Mecánicas del material con el que fue construido el  
Banco de prueba para Inyectores.

Anexo D: Plano General.

Anexo E: Plano de construcción.

## **LISTADO DE TABLAS**

### **CAPÍTULO II**

**Página**

Tabla 2.1. Límites en el servicio de flujo de combustible del Inyector.....	17
---	----

### **CAPÍTULO III**

Tabla 3.1. Matriz de Evaluación.....	30
--------------------------------------	----

Tabla 3.2. Matriz de decisión.....	31
------------------------------------	----

### **CAPÍTULO IV**

Tabla 4.1. Datos técnicos de las máquinas herramientas utilizadas en el proyecto.....	34
---	----

Tabla 4.2. Tiempos de operación en los diferentes procesos de construcción.....	35
---	----

### **CAPÍTULO V**

Tabla 5.1. Prueba de operación del Banco con el Inyector instalado.....	50
---	----

Tabla 5.2. Verificación de funcionamiento de los sistemas del Banco de prueba.....	50
--	----

Tabla 5.3. Análisis Económico de la prueba de un Inyector.....	51
--	----

### **CAPÍTULO VI**

Tabla 6.1. Codificación de los procedimientos de ensayo del Banco.....	52
--	----

## CAPÍTULO VII

Tabla 7.1. Lista de costos de materiales del Banco de prueba de Inyectores.....	62
Tabla 7.2. Costos de utilización de las máquinas-herramientas.....	63
Tabla 7.3. Costos de mano de obra.....	63
Tabla 7.4. Costos de otros gastos.....	64
Tabla 7.5. Costo total del Banco de prueba de Inyectores.....	64
Tabla 7.6. Costo de un Banco de prueba similar.....	65

## LISTADO DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO II</b>	<b>Página</b>
Figura 2.1. Inyector de combustible.....	4
Figura 2.2. Inyector de combustible del Helicóptero bell-206.....	5
Figura 2.3. Partes del Inyector de combustible.....	8
Figura 2.4. Inspección del Inyector del Helicóptero Bell-206.....	9
Figura 2.5. Inyector removido de un motor operativo.....	13
Figura 2.6. Inyector de combustible del Helicóptero bell-206 desarmado.....	14
Figura 2.7. Inyector de combustible del bell-206 armado y desarmado.....	16
Figura 2.8. As del flujo de combustible aceptable.....	17
Figura 2.9. As del flujo de combustible no aceptable.....	18
Figura 2.10. Banco de prueba de Inyectores con bomba manual.....	20
Figura 2.11. Banco de prueba de Inyectores a presión neumática .....	21

## CAPÍTULO III

Figura 3.1. Primera Alternativa.....	23
Figura 3.2. Segunda Alternativa.....	24

## CAPÍTULO IV

Figura 4.1. Diagrama del Banco de prueba construido.....	33
Figura 4.2. Estado de esfuerzos en el tanque.....	36

Figura 4.3. Construcción del tanque.....	37
Figura 4.4. Base del Banco de prueba de Inyectores.....	40
Figura 4.5. Diagrama del sistema de Combustible.....	41
Figura 4.6. Sistema de Combustible instalado en el tanque.....	41
Figura 4.7. Diagrama del sistema Neumático.....	42
Figura 4.8. Sistema Neumático instalado en el tanque.....	43
Figura 4.9. Banco de prueba de Inyectores construido.....	48

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### ALLISON 250-C20J

**ALLISON** : Fabricante.

**250** : Grupo de familia (200- 299).

**C** : Aplicación (A= N/A; B= Turbo hélice liviano; C= Turbo eje; etc.)

**20** : Serie.

**J** : Cambio menor.

**Liner** : Cámara interna de combustión.

**FCU** : Unidad de control de combustible.

**Brulin** : Solvente limpiador.

**Rolls-Royce**: Casa fabricante del Motor.

**ASTM** : American Society testing material (Norma).

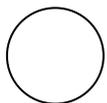
**P/N** : Número de parte.

**HN** : Helicóptero Naval.

**MA** : Motor Allison.

**O.T** : Orden técnica.

## SIMBOLOGÍA



: Acción dentro de un proceso.



: Inspección.

## **RESUMEN**

El presente proyecto de grado surge de la necesidad que tiene el ESCUADRÓN-200 de la Aviación Naval para poder cumplir a cabalidad con las inspecciones que se realiza al motor del helicóptero Bell-206 perteneciente a este escuadrón y también con el fin de actualizar en conocimientos a sus técnicos y al mismo tiempo para ahorrar recursos invertidos en este tipo de trabajos de mantenimiento.

En la primera parte de este trabajo, se expone el objetivo que es la construcción de un Banco de Prueba de Inyectores. Se realizó la selección de alternativas en base a la construcción. Para esto se consideró una matriz de decisión en la cual se tomó en consideración aspectos más relevantes para dicha construcción.

Una vez hecha una evaluación precisa de las alternativas, se escogió la más idónea. Se procedió a la construcción y ensamblaje del proyecto en el Taller de Construcciones Metalmecánica “ALMETAL” ubicado en el Km. 5.1/2 vía a Daule en la Ciudad de Guayaquil.

Concluida la construcción, se realizó pruebas de funcionamiento para así observar el desempeño del banco, el cual brindo óptimos resultados.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La Aviación Naval es un reparto altamente operativo, y tiene la necesidad de contar con todas sus aeronaves en estado operacional para lo cual perfecciona sus técnicos para cumplir a cabalidad con la misión encomendada.

En los Helicópteros Bell-206 se encuentran montados los motores Allison 250-C20J los mismos que necesitan un amplio Mantenimiento en el cual involucra al inyector de combustible de dicho motor. Los talleres de Mantenimiento no cuentan con un Banco de prueba para inyectores, por lo cual tienen que ser enviados al exterior para realizar este tipo de inspección.

### **1.2.- JUSTIFICACIÓN.**

Construir un banco de pruebas para la sección de helicópteros del escuadrón 200 Reparto perteneciente a la Aviación Naval permitirá prestar la ayuda necesaria y contribuir con el mantenimiento lo que permitirá una reducción de gastos con respecto a las inspecciones que se realizan en este motor y para mantener al máximo su operación y la vida útil del mismo.

### **1.3.- ALCANCE**

Este proyecto se encamina tanto al ahorro y al mejor funcionamiento de sistemas de aviación como es la inyección de combustible de un motor, de este modo beneficiando así; al personal de técnicos, al escuadrón 200 y por consiguiente a la Aviación Naval.

### **1.4.- OBJETIVOS:**

#### **1.4.1.- OBJETIVO GENERAL:**

- Construir un banco de prueba para la comprobación de los inyectores del motor Allison 250-C20J de los helicópteros BELL-206 de la Aviación Naval y proporcionar la verificación del patrón de rocío de los inyectores previo consulta de la O.T. Aplicable

#### **1.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analizar el funcionamiento de un inyector en el sistema de combustible.
- Analizar tipos de bancos de prueba.
- Construir y realizar pruebas de funcionamiento del banco.
- Elaborar manuales de operación y mantenimiento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.- BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES.**

##### **2.1.1.- DEFINICIÓN.**

Un banco de prueba de inyectores es un dispositivo neumático-hidráulico que se utiliza para la verificación visual del funcionamiento del inyector del motor; este suministra combustible a presión para así poder verificar el as del flujo de combustible que el inyector debería suministrar hacia la cámara de combustión del motor.

##### **2.1.2.- INYECTOR.**

Un inyector es un dispositivo estático que sirve para proveer o suministrar combustible a presión en forma pulverizada hacia la cámara de combustión del motor.



**Figura 2.1. Inyector de combustible**

### **2.1.2.1.- FUNCIÓN DEL INYECTOR.**

La función principal del inyector es la de realizar una pulverización en pequeñas cantidades de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente a la entrada de la cámara de combustión.

### **2.1.2.2.- CARACTERÍSTICAS DEL INYECTOR DE COMBUSTIBLE QUE POSEE EL MOTOR ALLISON 250-C20J.**

El tipo de inyector utilizado en este motor esta fabricado de acero. Tiene el P/N 23077068 y serie IYF03506, utiliza combustible JP-1.



**Figura 2.2. Inyector de combustible del motor ALLISON 250-C20J.**

### **2.1.2.3.- DESCRIPCIÓN DEL INYECTOR DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR ALLISON 250-C20J.**

Este tipo de inyector cuenta con una sola entrada y en su interior tiene doble orificio que convierte en un inyector de tipo doble salida, al igual que la mayoría de inyectores funciona como un pulverizador. Este dispositivo está en el interior de la cámara de combustión y se prolonga hacia la parte trasera del liner de combustión. La unidad de control de combustible (F.C.U) entrega combustible a través del sistema al inyector, el cual atomiza dentro de la cámara de combustión, es aquí donde se mezcla el combustible con el aire para ser combustionados.

El inyector de combustible proporciona una atomización excelente en todos los rangos de operación, desde que se inicia la combustión hasta un máximo de potencia.

Como ya se dijo anteriormente este inyector cuenta con dos orificios de inyección, el orificio primario debe entregar combustible a la cámara de combustión cada vez que el motor esta en operación, pero el orificio secundario recibe combustible solamente cuando la presión sube hacia el inyector de combustible en los 150 PSI.

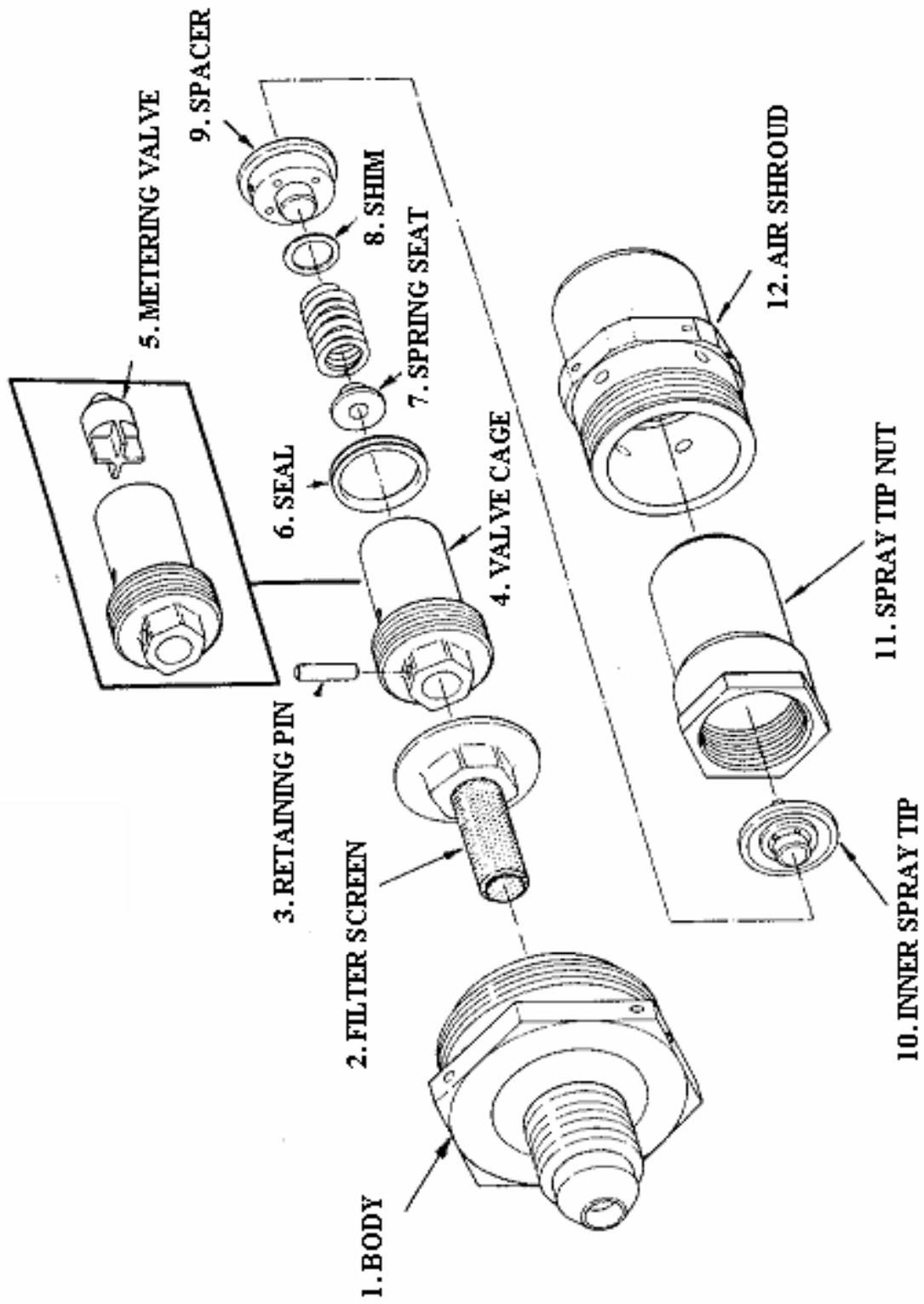
Todo el combustible entregado hacia los orificios primario y secundario debe primero pasar por un filtro de mallas con multilaminas, este filtro previene las posibles contaminaciones que pueden existir en los pasajes de combustible dentro del inyector; luego este combustible filtrado es enviado hacia la válvula de dosificación.

Esta válvula perteneciente al inyector de combustible tiene tres posiciones cuando esta en la posición (1) no existe paso de flujo de combustible; en la posición (2) existe flujo de combustible por el orificio primario, y en la posición (3) existe flujo de combustible por los orificios primario y secundario.

La posición de la válvula de dosificación es determinada por la presión de combustible en posición abierta y un resorte la mantiene en posición cerrada.

#### **2.1.2.4.- PARTES DEL INYECTOR.**

1. Body (Cuerpo)
2. Filter screen (filtro malla metálica)
3. Retaining pin (pasador retenedor)
4. Valve cage (jaula de la válvula)
5. Metering valve (válvula dosificadora)
6. Seal (sellos)
7. Spring seat (asiento del resorte)
8. Shim (empaquete)
9. Spacer (espaciador)
10. Inner spray tip (punta roseadora interna)
11. Spray tip nut (tuerca de la punta roseadora)
12. Air shroud (cubierta de aire).



### **2.1.2.6.- INSPECCIÓN DE LOS INYECTORES.**

A los inyectores se los inspecciona cada 100 horas de vuelo de acuerdo con el Manual de Mantenimiento capítulo 73-10-03 del helicóptero Bell-206. A los inyectores se les realiza una inspección visual para detectar:

- Carbón
- Rajaduras
- Picaduras
- Corrosión
- Fallas en el as de flujo de combustible.



**Figura 2.4. Inspección del inyector.**

#### **2.1.2.6.1.- MANTENIMIENTO.**

El Mantenimiento de inyectores es para prevenir las fallas y por consiguiente los accidentes, cabe recalcar que estos procedimientos están escritos en el Manual de Mantenimiento.

## **2.1.2.6.2.-GENERAL.**

### **A. Remoción.**

PRECAUCIÓN: Asegúrese de no dañar el extremo pulverizador del inyector durante la remoción (tape el orificio de inyección).

- 1) Remueva el alambre de fijación con la llave especial 23007638 y extraiga el inyector.
- 2) Remueva Cuidadosamente el ensamblaje del inyector.

### **B. Instalación.**

Instale el inyector de combustible de la siguiente manera:

- 1) Cuando remplace o reinstale el inyector de combustible, aplique una ligera capa de compuesto antiatascamiento (Antiseize NS-165) en el roscado. Ajuste el inyector de 200-300 PSI usando la llave 23007638 y luego frene el inyector con la bujía de ignición en la cúpula correspondiente.
- 2) Ajuste la tuerca del acoplamiento de conexión de 80-120 PSI y asegure la tuerca del acoplamiento de conexión con alambre de fijación.
- 3) Chequee el inyector de combustible reemplazado con el motor en carrera, refiérase a chequeo en carrera del motor para 1...72-00-00 Engine-Adjustement/Test.

### **2.1.2.6.3.- INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.**

NOTA: Debido a la variación de combustible y condición de operación la limpieza del inyector de combustible puede ser necesario con más frecuencia según los encendidos revisar en tabla 602,72-00-00 Engine-Inspection / Check, con el propósito de mantener una ejemplar flama de combustión.

Inspeccione y limpie el inyector de combustible de la siguiente manera:

- 1) Chequee por daño o depósito de carbón el extremo del pulverizador. La Fig. 2.5 presenta la condición de un típico inyector de combustible removido desde un motor operativo. Un inyector en estas condiciones debe ser inspeccionado antes de volver a ser reinstalado.

PRECAUCIÓN: Asegúrese de no dañar el espejo final y los filos del extremo pulverizador durante la operación de limpieza.

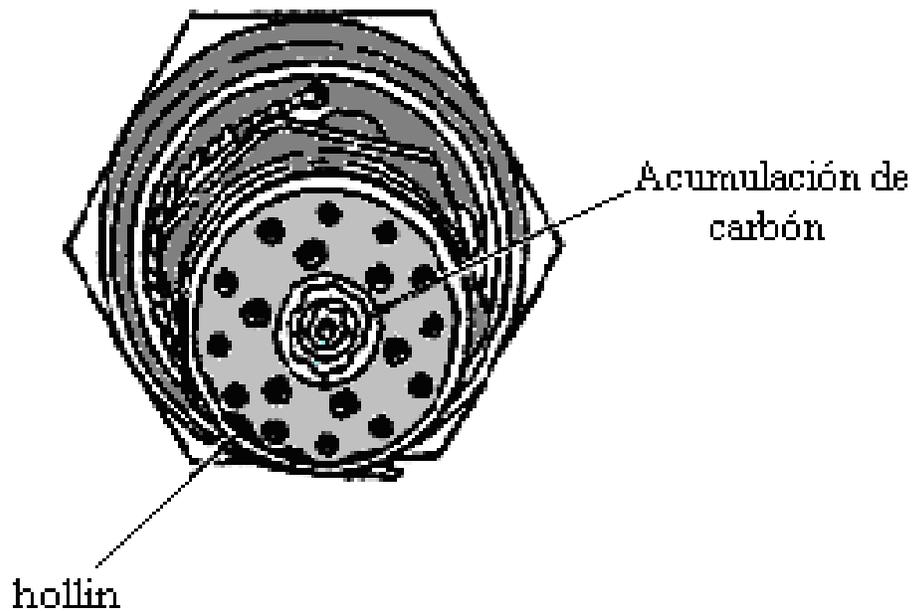
- 2) Suspenda el inyector de combustible verticalmente con el extremo pulverizador sumergido aproximadamente tres centímetros en un solvente de limpieza seguro N°- 512 (Burlin) o su equivalente, remoje el extremo por una hora o por un largo periodo si es necesario hasta que se remueva todo el carbón, después de esto enjuague el inyector interna y externamente usando solvente Stoddard o kerosén, luego seque con un paño suave.

PRECAUCIÓN: No use presión de aire para secar el inyector de combustible esto le puede causar daños irreparables al inyector.

- 3) Algún daño del extremo pulverizador del inyector de combustible es causa suficiente para reemplazarlo del inyector.
- 4) Desechar los inyectores que estén excedidos de 0.13mm de desgaste (holgura) en la cubierta de salida de aire.
- 5) Limpie la cara de la cubierta de salida de aire con un paño seco, los agujeros del aire deben estar limpios; debe estar seguro que el carbón perdido no entre en los orificios del pulverizador.

NOTA: Remueva el carbón externo desde el pulverizador del inyector de combustible y puede prevenir un depósito carbonoso. Realizando una inspección en el exterior del inyector puede hacer innecesario el desarmado del inyector de combustible.

- 6) Use un cepillo con cerdas de nylon suaves, remueva algún remanente de carbón existente en el exterior del inyector. Prevenga que el carbón extraído entre al interior del inyector.



**Figura 2.5. Inyector removido de un motor operativo.**

#### **2.1.2.6.4.- DESARMADO DEL INYECTOR.**

PRECAUCIÓN: Asegúrese de prevenir el daño de la capa final y bordes del extremo pulverizador; el inyector debe estar desarmado en una área limpia y se debe tomar el debido cuidado para evitar suciedad o cualquier otra contaminación.

El desarmado del inyector de combustible se lo realiza de siguiente manera:

- 1) Notar la posición del alambre de fijación en el inyector de combustible, entonces remueva el mismo.

- 2) Cuente el número de hilos visibles de rosca en la cubierta de la salida de aire.  
Recuerde estos números para verificar que el inyector de combustible sea correctamente reensamblado.
- 3) Inserte el cuerpo del inyector de combustible en el aparato de soporte 6897875 y destornille la cubierta de aire de salida.
- 4) Remueva cuidadosamente el ensamblaje del extremo pulverizador desde la cubierta de la salida de aire y el filtro desde el cuerpo.



**Figura 2.6. Inyector del motor Allison 250-C20J desarmado.**

#### **2.1.2.6.5.- INSPECCIÓN DEL INYECTOR DE COMBUSTIBLE DESARMADO.**

Inspeccione el inyector de combustible de la siguiente manera:

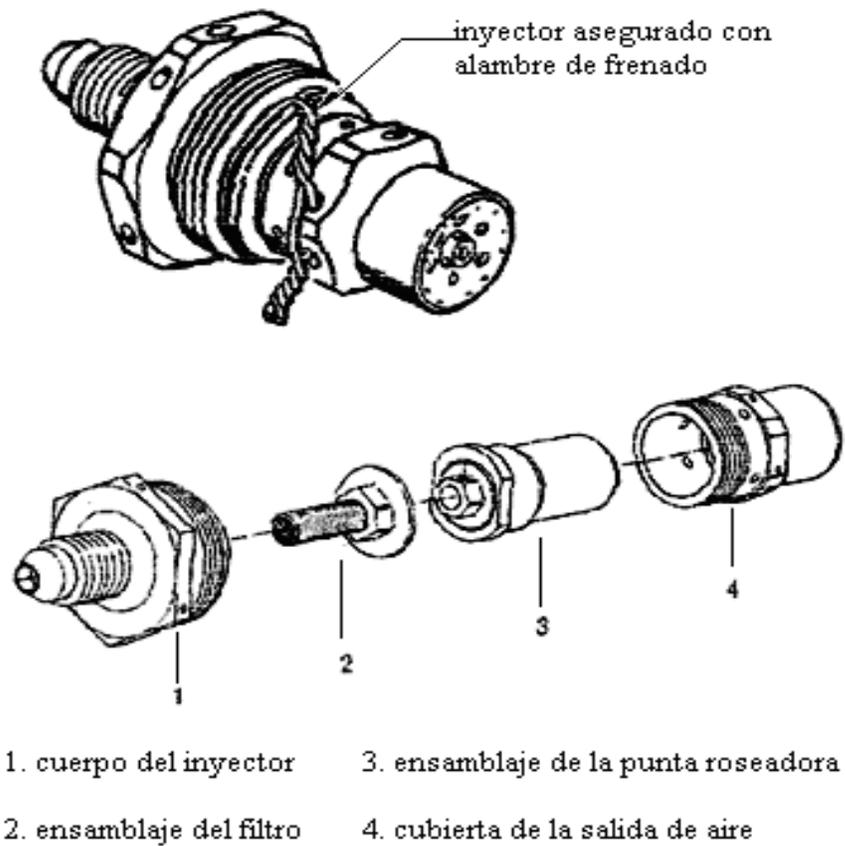
- 1) Inspeccione por señal de contaminación y utilidad. Regresa el inyector de combustible por entero hacia la Rolls-Royce centro de mantenimiento autorizado si se encuentra algunas de las siguientes condiciones de fallas:
  - a) Existe contaminación en el ensamble del filtro.
  - b) Si existe desgarre o rajadura en el ensamble del filtro.
  - c) Si existe aplastamiento de la malla en el ensamble del filtro.
  - d) Si existe evidente contaminación o daño en otra sección del ensamble del inyector.
  - e) Si el inyector estuviera descuidadamente desarmado más tiempo de lo permitido.
  - f) Si no tiene el patrón de rocío como indica la O.T.

#### **2.1.2.6.6.- ARMADO DEL INYECTOR DE COMBUSTIBLE.**

Arme el inyector de combustible de la siguiente manera:

- 1) Mantenga el cuerpo del inyector en posición vertical e inserte el ensamble del filtro.
- 2) Coloque el ensamble del extremo del pulverizador en el cuerpo asegúrese que éste se encuentra propiamente acoplado con el filtro.
- 3) Retenga el inyector en posición vertical, atornille la cubierta de aire de salida sobre el cuerpo.

- 4) Verifique que el inyector este correctamente ensamblado recordando el número de hilos de rosca visibles en la cubierta de la salida de aire.
  
- 5) Inserte el inyector de combustible en el aparato de soporte 6897875 y ajuste la cubierta de la salida de aire a 25-30 lb/ft y asegure con alambre de sujeción de 0.05mm.



**Figura 2.7. Inyector de combustible armado y desarmado.**

**2.1.2.6.7.- FALLAS EN EL AS DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.**

Este tipo de inspección se la realiza con un banco de prueba de inyectores. Es aquí donde se observa el as del flujo de combustible que expulsa el inyector.

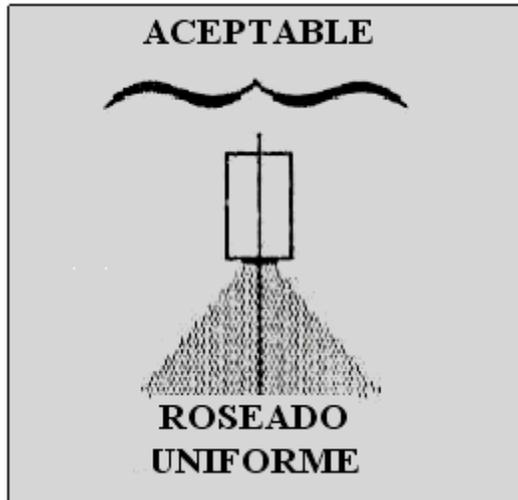
Para esto el técnico se ayuda con una tabla de los límites de la O.T de servicio en el flujo de combustible del inyector.

Vale recalcar que este as no debe tener goteo como se aprecia la pulverización en la figura 2.8.

**Tabla 2.1. Límites en el servicio del flujo de combustible del inyector.**

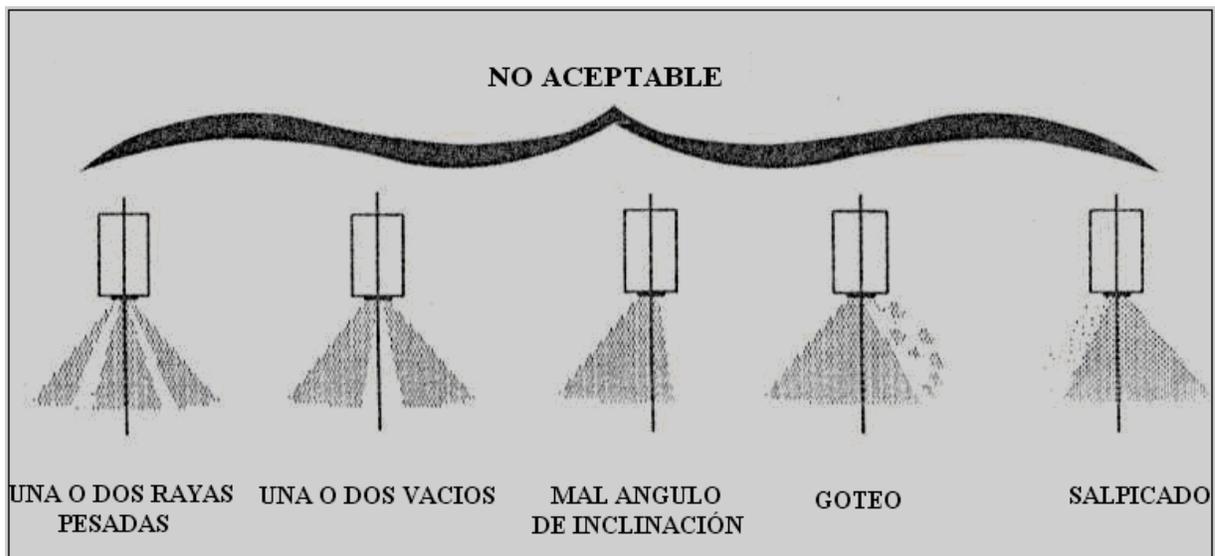
<b>Presión de inyección del inyector</b>	<b>Angulo de roseado del inyector (grados)</b>	
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>PSI</b>		
<b>60</b>	<b>70</b>	<b>110</b>
<b>125</b>	<b>60</b>	<b>100</b>
<b>200</b>	<b>65</b>	<b>105</b>
<b>400</b>	<b>74</b>	<b>114</b>

Si llegara a presentar un as de combustible como se ilustra en la Figura 2.9, dicho inyector se los inspecciona nuevamente, y se vuelve a someter a una nueva prueba.



**Figura 2.8. As de flujo de combustible aceptable.**

Si dicho inyector llegara a reincidir en enviar un as de flujo de combustible no aceptable, este se lo da de baja.



**Figura 2.9. As de flujo de combustible no aceptable.**

## **2.2.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES.**

### **2.2.1.- PRINCIPIO DE PASCAL.**

El principio de Pascal, dice: la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente en las paredes del recipiente, esto explica por que una botella llena de agua se rompe si introducimos un tapón en la cámara ya completamente llena el liquido es prácticamente incompresible y transmite la fuerza aplicada al tapón y a todo el recipiente.

En resultado es una fuerza considerablemente mayor sobre una área superior a la del tapón. Así, es posible romper el fondo de la botella empujando el tapón con una fuerza moderada.

### **2.2.2.- TRANSMISIÓN DE PRESIÓN NEUMÁTICA.**

La neumática constituye uno de los métodos de transmitir potencia de un lugar a otro, mediante el empleo de un gas (aire) como agente o medio operacional.

La transmisión de potencia de un lugar a otro se efectúa mediante tuberías y elementos de control del flujo del gas.

La cuestión que se debe plantear en este momento inicial es básica: ¿Cómo se transmite la presión neumática?

Las leyes de la física enseñan que la presión que se aplica al gas, en un recipiente cerrado, se transmite por igual en todas las direcciones. La presión actúa en ángulo recto a las paredes del depósito, y la misma presión se ejerce sobre cada unidad de área o de superficie del recipiente que contiene el gas.

### **2.3.- TIPOS DE BANCOS DE PRUEBA.**

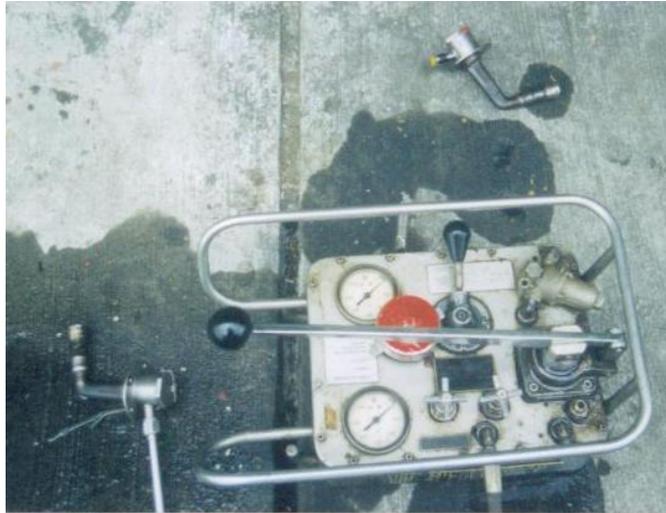
En el mercado existen varios tipos de bancos de prueba para inyectores. Ya que esto depende de acuerdo a las especificaciones del motor y del fabricante.

Algunos tipos de banco de prueba de inyectores encontrados en una investigación realizada en varios talleres de mantenimiento de aviones, son:

- Bancos de Prueba de Inyectores con bomba manual.
- Banco de Prueba de Inyectores a presión neumática.

#### **2.3.1.- BANCOS DE PRUEBA DE INYECTORES CON BOMBA MANUAL.**

Este banco consta principalmente de una bomba manual y todos sus componentes conforman una sola unidad.



**Figura 2.10. Banco de Prueba de Inyectores con bomba manual.**

### **2.3.2.- BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES A PRESIÓN NEUMÁTICA.**

El banco a presión neumática posee un acumulador de combustible que al suministrarle presión hace que el combustible salga con presión a través del inyector, éste banco es de fácil mantenimiento.



**Figura 2.11. Banco de Pruebas de Inyectores a presión neumática.**

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **3.1.- IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.**

Dentro de las alternativas existentes en el mercado se ha escogido las siguientes tomando en cuenta el diseño, aplicación, tamaño y costo, los cuales son:

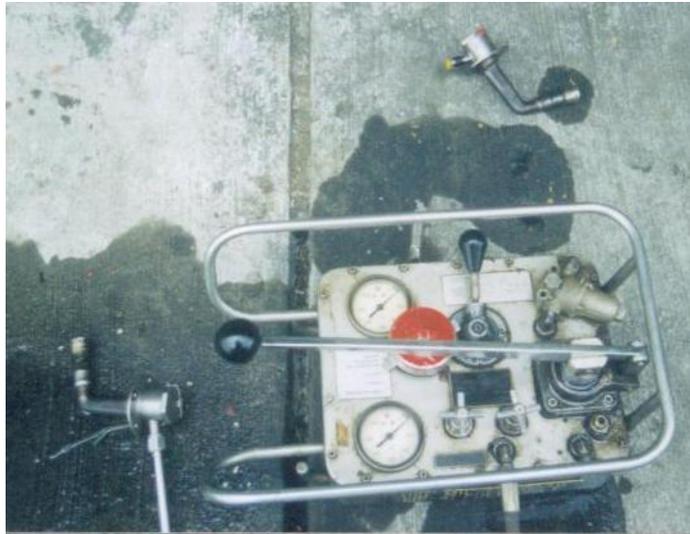
- Banco de Prueba de Inyectores con Bomba Manual.
- Banco de Prueba de Inyectores a presión neumática.

##### **3.1.1.- PRIMERA ALTERNATIVA.**

La primera alternativa habla sobre el Banco de Prueba de Inyectores con Bomba Manual.

Este tipo de banco posee las siguientes partes:

- Tanque.
- Bomba Manual.
- Filtro.
- Indicador de PSI.
- Perilla de selección.



**Figura 3.1. Primera Alternativa.**

### **3.1.2.- SEGUNDA ALTERNATIVA.**

La segunda alternativa se refiere al Banco de Pruebas de Inyectores a presión neumática con Acumulador de combustible.

Este Banco de Pruebas tiene las siguientes partes:

- Acumulador.
- Regulador de presión.
- Válvulas de globo.
- Filtro.
- Manómetro de presión de entrada.
- Manómetro de presión de salida.
- Válvula de alivio.
- Cañerías hidráulicas.



**Figura 3.2. Segunda Alternativa.**

### **3.2.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.**

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para establecer la mejor y analizar los diferentes requerimientos técnicos de la misma, y con el fin de construir el tipo de banco de prueba escogido.

#### **3.2.1.- PRIMERA ALTERNATIVA.**

**MÁQUINA:** Banco de Prueba de Inyectores con Bomba Manual.

**Ventajas:**

- El montaje y desmontaje de sus partes se lo puede realizar con mucha facilidad.
- El mantenimiento se lo puede realizar sin mayor percance.
- No necesita de un compresor para su funcionamiento.

**Desventajas:**

- La manipulación inadecuada puede causar accidentes.
- La construcción de su estructura es muy compleja.
- Su costo es elevado.
- Todas sus partes están unidas permanentemente formando una unidad.

**3.2.2.- SEGUNDA ALTERNATIVA.**

**MÁQUINA:** Banco de Prueba de Inyectores a presión neumática con Acumulador de combustible.

**Ventajas:**

- Utiliza la fuerza de un compresor y esto hace más fácil su operación.
- La operación es sencilla.
- Fácil fabricación.
- Su costo no es elevado.
- Se le puede adicionar acoples y hacerlo funcionar para otro tipo de inyectores ya que su presión es regulable.

**Desventajas:**

- Si no se cuenta con presión neumática no podemos realizar nuestro trabajo.

**3.3.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.**

Para evaluar cada una de las alternativas se tomará en cuenta las ventajas y desventajas que se presentaron anteriormente y la opción que obtenga la mayor calificación será el seleccionado para ser construido. Las opciones de construcción tendrán un valor de 0 a 1, propuesta en este proyecto.

Los parámetros de evaluación seleccionados son los siguientes, divididos en tres factores (mecánico, financiero, variable).

**1. Factor Mecánico.**

- Material.
- Construcción.
- Operación.
- Mantenimiento.

**2. Factor Financiero.**

- Costo de fabricación.

### 3. Factor Complementario.

- Tamaño.
- Forma.

A continuación se define cada uno de los factores:

#### 3.3.1.- Factor Mecánico.

- ❖ **Material:** Se refiere al material recomendable y su fácil adquisición para lograr que la construcción sea óptima. Su valor de ponderación es 0,8.
- ❖ **Construcción:** Las alternativas necesitan piezas, elementos con tolerancia de construcción con buenas características obteniendo buenos resultados de construcción y de funcionamiento. Su valor de ponderación es 0,6.
- ❖ **Operación:** Se refiere al funcionamiento del banco de prueba con la mayor facilidad y sencillez de operación. Su valor de ponderación es 0,9.
- ❖ **Mantenimiento:** Es importante para que el banco de pruebas tenga un óptimo funcionamiento y dependiendo de los componentes, hallar las soluciones respectivas para realizar las correcciones de mantenimiento. Su valor de ponderación es 0,9.

### **3.3.2.- Factor Financiero.**

- ❖ **Costo de fabricación:** Es de gran importancia para la decisión adecuada en la selección del banco de pruebas de inyectores y buscar la alternativa más económica. Su valor de ponderación es 0,8.

### **3.3.3.- Factor Complementario.**

- ❖ **Tamaño:** Se trata del espacio que ocupan los bancos de pruebas tomando en cuenta el área disponible. Su valor de ponderación es 0,6.
- ❖ **Forma:** Se refiere a la estética de los componentes de la del banco de pruebas. Su valor de ponderación es 0,5.

## **3.4.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.**

Cuando el análisis técnico indica que hay algunos diseños potenciales viables, se debe seleccionar el óptimo o mejor disponible para el diseño detallado, el prototipo y las pruebas. En el proceso de selección se incluye un análisis comparativo de los diseños disponibles. A veces una MATRIZ DE DECISIÓN ayuda a identificar la mejor solución y obliga a considerar una variedad de factores en forma sistemática.

A cada categoría se le asigna luego un factor de ponderación que mide su importancia relativa. Hay que tomar en cuenta que a veces para el usuario una categoría es más importante que otra; es por esto que usted como ingeniero de diseño debe tener un juicio al elegir y ponderar estas categorías.

El cuerpo de la matriz de decisión se llena entonces con números que jerarquizan cada diseño según una escala conveniente por ejemplo de 0 a 1, en cada una de las categorías.

Se deben examinar los diseños y decidir una calificación para cada uno de ellos. La calificación se multiplica luego por los factores de ponderación y los productos se suman para cada diseño.

La utilidad real de una matriz de decisión es que descompone el problema en elementos más tratables, y lo obliga a uno a considerar el valor relativo de cada diseño en muchas categorías.

Se puede, entonces, tomar una decisión más adecuada en lo referente al “mejor” diseño.

**Tabla 3.1. Matriz de Evaluación.**

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS	
	X	1	2
<b>1. Factor Mecánico</b>			
• Materiales	0,8	0,7	0,8
• Construcción	0,6	0,7	0,6
• Operación	0,9	0,7	0,9
• Mantenimiento	0,9	0,8	0,9
<b>2. Factor Financiero</b>			
• Costo de fabricación	0,8	0,8	0,7
<b>3. Factor Complementario</b>			
• Tamaño	0,6	0,5	0,6
• Forma	0,5	0,4	0,5

**Tabla 3.2. Matriz de Decisión.**

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS	
	X	1 (X)	2 (X)
<b>1. Factor Mecánico</b>			
• Materiales	0,8	0,56	0,64
• Construcción	0,6	0,42	0,36
• Operación	0,9	0,63	0,81
• Mantenimiento	0,9	0,72	0,81
<b>2. Factor Financiero</b>			
• Costo de fabricación	0,8	0,64	0,56
<b>3. Factor Complementario</b>			
• Tamaño	0,6	0,30	0,36
• Forma	0,5	0,20	0,25
<b>TOTAL</b>		<b>3,47</b>	<b>3,79</b>

### **3.4.1.- SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.**

Concluido el estudio técnico, el análisis de cada alternativa y la evaluación de los parámetros, se determina que la segunda alternativa presenta mejores condiciones de diseño, operación y costo.

### **3.5.- DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.**

- ❖ El sistema del banco de prueba debe tener por lo menos una presión de 150 PSI para poder apreciar el funcionamiento correcto de sus dos orificios de rociado tomando en cuenta los factores de seguridad correspondientes.
- ❖ Se utiliza combustible de aviación JP-1.
- ❖ Este sistema es de accionamiento manual por su bajo costo de construcción.
- ❖ Conectado a un sistema neumático.

Cabe indicar que el banco que será construido no podrá realizar la prueba con presiones superiores a 175 PSI, ya que a nivel nacional en sistemas neumáticos máximo se trabaja con 10 bares (147 PSI); sin embargo el tanque y las cañerías serán construidos para soportar presiones superiores, el problema incurre en los diferentes accesorios los cuales no existen en el mercado nacional y su importación resulta muy costosa.

Resultando esto un problema para la total satisfacción de trabajo del banco se procedió a exponerle el caso al Alto Mando de la Aviación Naval, quedando en mutuo acuerdo para la modificación del banco de prueba una vez entregado este.

## CAPÍTULO IV

### CONSTRUCCIÓN

El objetivo principal de este capítulo es resumir las principales consideraciones de los procesos de manufactura y ensamble para realizar la construcción de los diferentes sistemas y partes del banco de prueba de inyectores de combustible.

La construcción del banco de prueba de inyectores fue realizada por partes para optimizar los recursos y el tiempo de una mejor manera, lo cual se detalla a continuación:

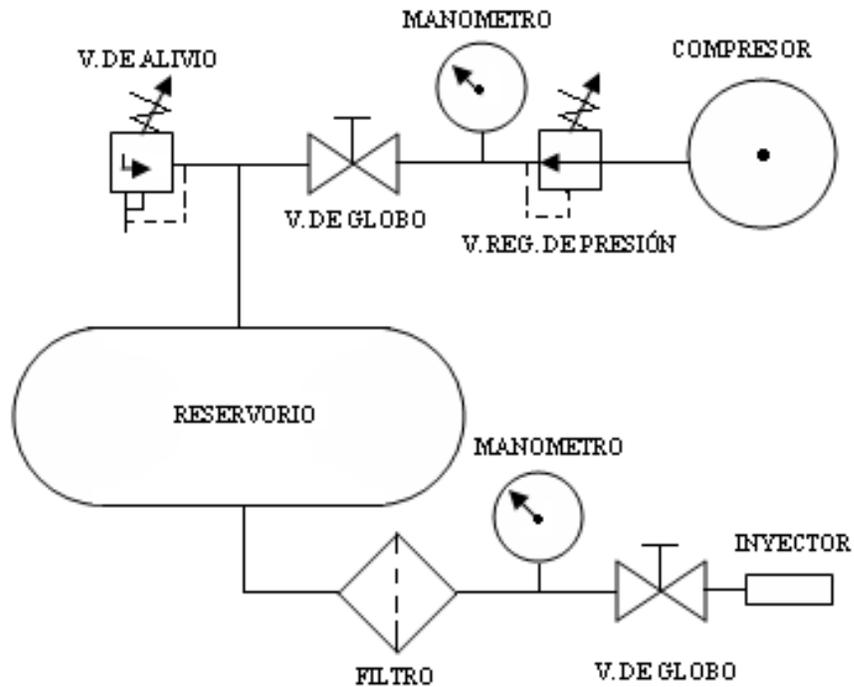


Figura 4.1. Diagrama del Banco de Prueba Construido

### Orden de Construcción.

- Tanque.
- Base.
- Sistema de Combustible.
- Sistema Neumático.
- Acabado.

**Tabla 4.1. Datos técnicos de las máquinas herramientas utilizadas en este proyecto.**

<b>MÁQUINA HERRAMIENTA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Dobladora Eléctrica	Schellgang Leinstang 2.5-5.0mm.
Roladora Electro-mecánica	Alemana, 3 rodillos, 3HP.
Perforadora Hidráulica	Marca Plasma Prof. 37CM.
Pulidora Eléctrica	Marca Dewalt 1/2 H.P.
Suelda Mig	Milermatic 250
Cortadora Hidráulica	Grip Well – Italy 3.5HP.

**Tabla 4.2. Tiempo de operación en los diferentes procesos de construcción.**

ELEMENTO	OPERACIÓN (h)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Total
Tanque	0.5	1	2.5	2.5	1	1		1.5			1.5	11.5
Base	1	1		1.5	1	1					1	6.5
Sistema Combustible							2		2.5		1	5.5
Sistema Neumático							2			2.5	1	5.5
<b>Total por operación</b>	1.5	2	2.5	4	2	2	4	1.5	2.5	2.5	4.5	29.0

Simbología:

- A. Trazado.
- B. Corte.
- C. Rolado.
- D. Soldadura.
- E. Esmeril.
- F. Pintura.
- G. Ensamblado.
- H. Instalación del Tanque.
- I. Instalación del Sistema de Combustible.
- J. Instalación del Sistema Neumático.
- K. Comprobación del banco.

#### 4.1.- TANQUE.

El tanque tiene forma cilíndrica y esta construido con material de las siguientes

Especificaciones:

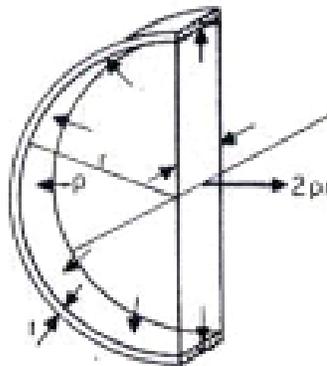
Material: Acero ASTM A131.

Espesor: 6mm

Capacidad: 4.28 galones

Radio: (4pulg) 101.6mm.

El estado de esfuerzos que soporta este elemento es el siguiente, teniendo en cuenta que va a soportar una presión máxima de 300 PSI:



**Figura 4.2. Estado de esfuerzos en el tanque.**



**Figura 4.3. Construcción del tanque.**

Utilizando las siguientes ecuaciones de resistencia del material, se explica el esfuerzo circunferencial y el esfuerzo longitudinal en el tanque.

$$S_c = pr / t. \quad (3.1).$$

$$S_l = pr / 2t. \quad (3.2).$$

Donde:

- $S_c$ : Esfuerzo Circunferencial
- $S_l$ : Esfuerzo Longitudinal
- $p$ : presión Interna
- $r$ : Radio
- $t$ : Espesor del material

Reemplazando valores se tiene:

$$S_c = \frac{300 \text{ PSI} * 101.6 \text{ mm}}{6 \text{ mm}}$$

$$S_l = \frac{300 \text{ PSI} * 101.6 \text{ mm}}{12 \text{ mm}}$$

$$S_c = 5080 \text{ PSI}$$

$$S_l = 2540 \text{ PSI}$$

El material con el que esta construido el tanque tiene las siguientes características técnicas:

$S_{yt}$  = Esfuerzo de fluencia del material = 320MPa = 46336 PSI.

$S_{ut}$  = Esfuerzo Máximo del material = 470MPa = 68056 PSI.

Aplicando la teoría del esfuerzo circunferencial y longitudinal se tiene:

$$S_{c_{max}} = S_{yt} * r / t \tag{3.4}.$$

$$S_{l_{max}} = S_{ut} * r / 2t \tag{3.5}.$$

Donde:

- $S_{c_{max}}$ : Esfuerzo Circunferencial Máximo
- $S_{l_{max}}$ : Esfuerzo Longitudinal Máximo
- $S_{yt}$ : Esfuerzo de fluencia del material
- $S_{ut}$ : Esfuerzo Máximo del material
- $r$ : Radio
- $t$ : Espesor del material

Reemplazando valores se tiene:

$$Sc_{max} = \frac{46336 \text{ PSI} * 101.6 \text{ mm}}{6 \text{ mm}}$$

$$Sl_{max} = \frac{68056 \text{ PSI} * 101.6 \text{ mm}}{12 \text{ mm}}$$

$$Sc_{max} = 784622.93 \text{ PSI}$$

$$Sl_{max} = 576207.47 \text{ PSI}$$

Como  $Sc < Sc_{mx}$  y  $Sl < Sl_{max}$ , cumple las condiciones para un diseño correcto considerando que el tanque va a soportar la presión establecida anteriormente.

#### **4.2.- BASE.**

La base del banco de prueba se la fabricó de tal manera que la forma de transportarlo sea lo más fácil posible, ya que su peso es considerable se evitó colocar demasiado material realizando así una base sencilla pero resistente y estable; es de esta manera que se la construyó con un material de las siguientes características:

Material: Acero ASTM A131

Espesor: 4 mm.

Largo: 260mm.

Alto: 130mm.

Ancho: 140mm.



**Figura 4.4. Base del banco de prueba de inyectores.**

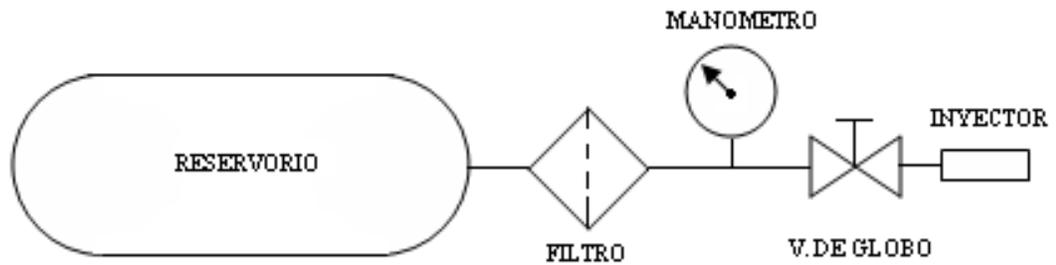
#### **4.3.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE.**

El banco de prueba de inyectores posee un sistema de combustible que cuenta con los siguientes componentes:

1. Filtro.
2. Manómetro.
3. Válvula de globo.
4. Manguera hidráulica.
5. Neplos, codos y “T”.

El principio de funcionamiento de este sistema es hidráulico- manual, el combustible pasa a presión través de un filtro, esto con el objetivo de que combustible llegue libre de impurezas al inyector; de aquí pasa el combustible por un manómetro, esto para saber la presión con la cual va a realizarse la prueba al inyector. Es aquí donde entra en

funcionamiento la llave de paso para permitir que el combustible pase a través de una manguera hidráulica hacia el inyector.



**Figura 4.5. Diagrama del Sistema de Combustible.**



**Figura 4.6. Sistema de Combustible instalado en el tanque.**

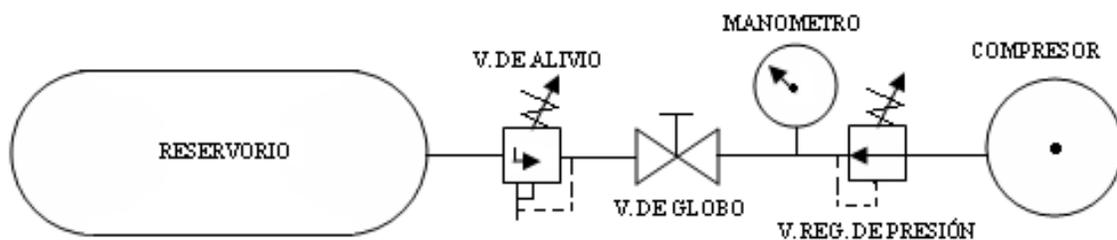
#### **4.4.- SISTEMA NEUMÁTICO.**

Este banco de prueba de inyectores necesita la ayuda de un compresor para poder suministrarle la presión adecuada al combustible para lograr realizar la inspección con éxito.

Para esto se necesita de un sistema neumático, el mismo que consta con los siguientes componentes:

1. Conexión rápida macho.
2. Regulador de presión con Manómetro incorporado.
3. Llave de paso.
4. Válvula de alivio (seguridad).
5. Niplos, codos y “T”.

El principio de funcionamiento de éste sistema es neumático- manual y actúa al estar conectado el banco al compresor; la presión de entrada hacia el tanque es regulada por una válvula reguladora de presión manual, la misma que cuenta con un manómetro incorporado, el cual nos indica la presión que va a ser suministrada al tanque; ésta presión ya medida es enviada al tanque a través de la llave de paso. Vale recalcar que este sistema cuenta con una válvula de alivio para actuar en caso de que exista una presión mayor a la de trabajo.



**Figura 4.7. Diagrama del Sistema Neumático.**



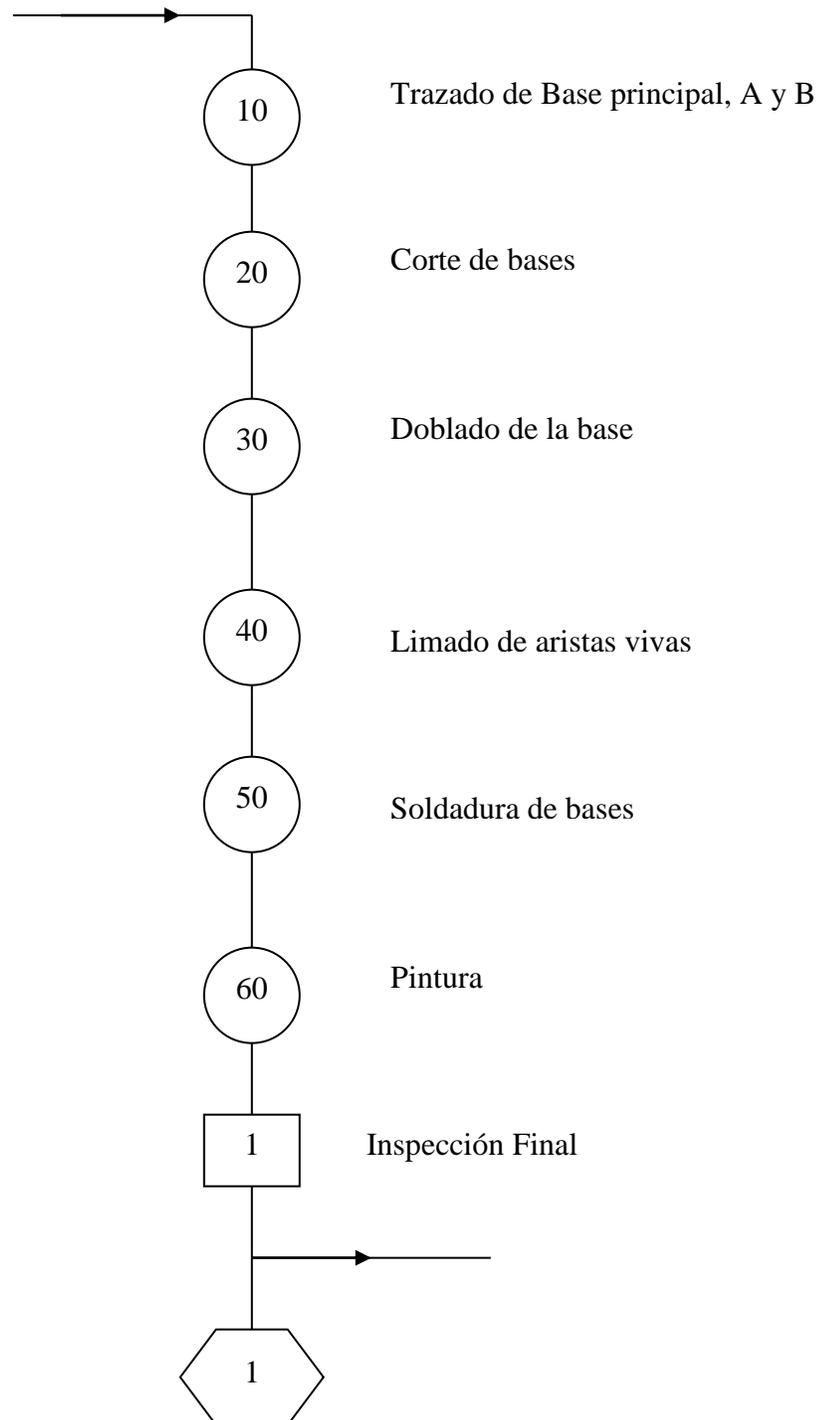
**Figura 4.8. Sistema Neumático instalado en el tanque.**

#### **4.5.- DIAGRAMAS DE PROCESOS.**

A continuación se presenta los diagramas de procesos de la construcción de la base y tanque del banco de prueba para inyectores.

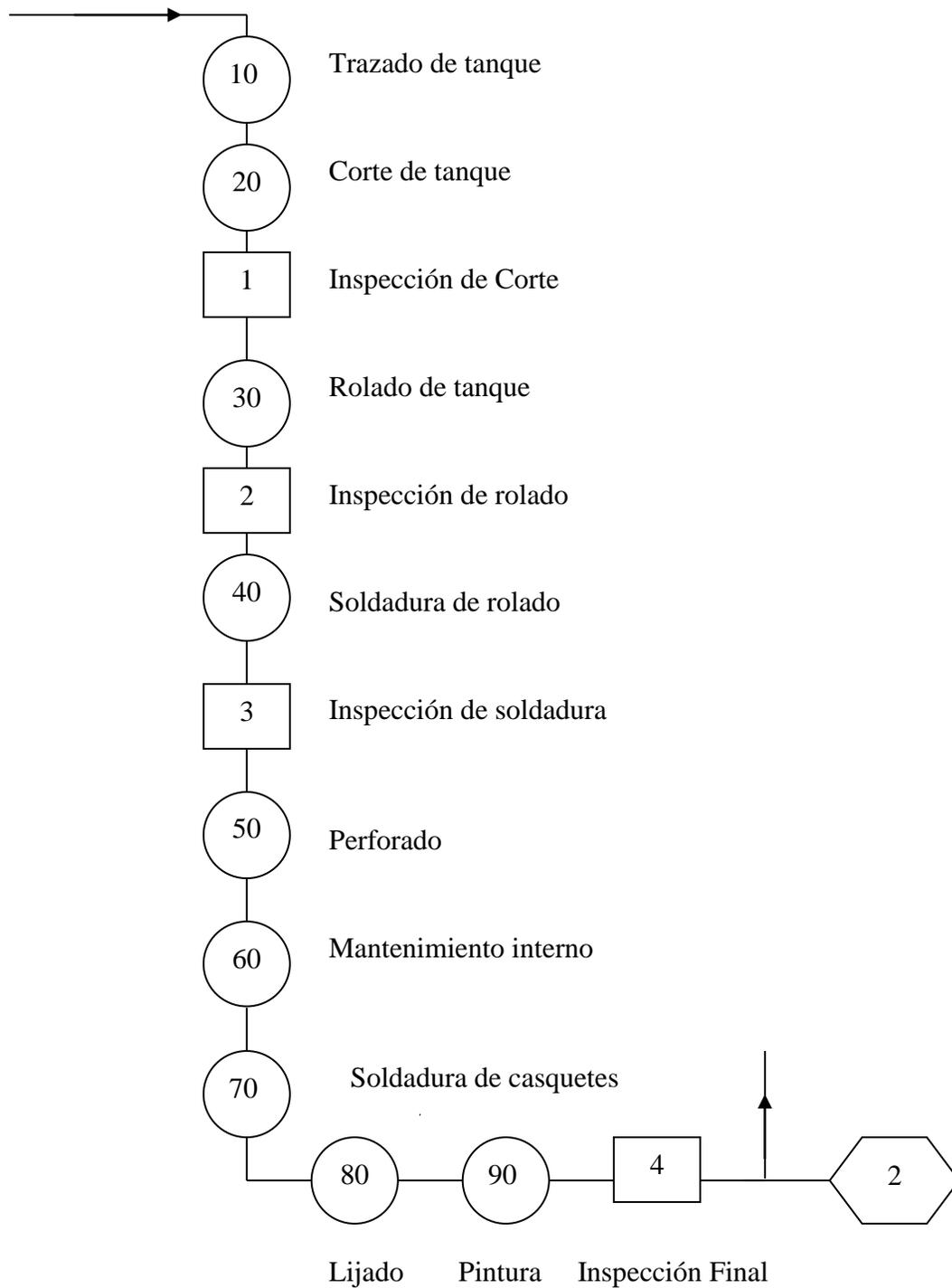
#### 4.5.1.- DIAGRAMA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA BASE SEGÚN PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

MATERIAL: Plancha de 4mm de espesor ASTM A131.



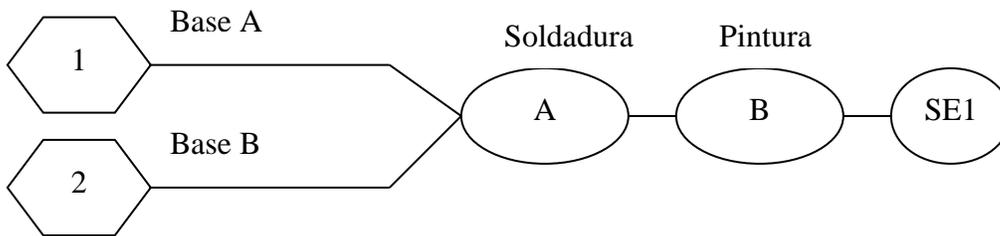
#### 4.5.2.- DIAGRAMA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TANQUE SEGÚN PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

MATERIAL: Plancha de 6mm de espesor ASTM A131.

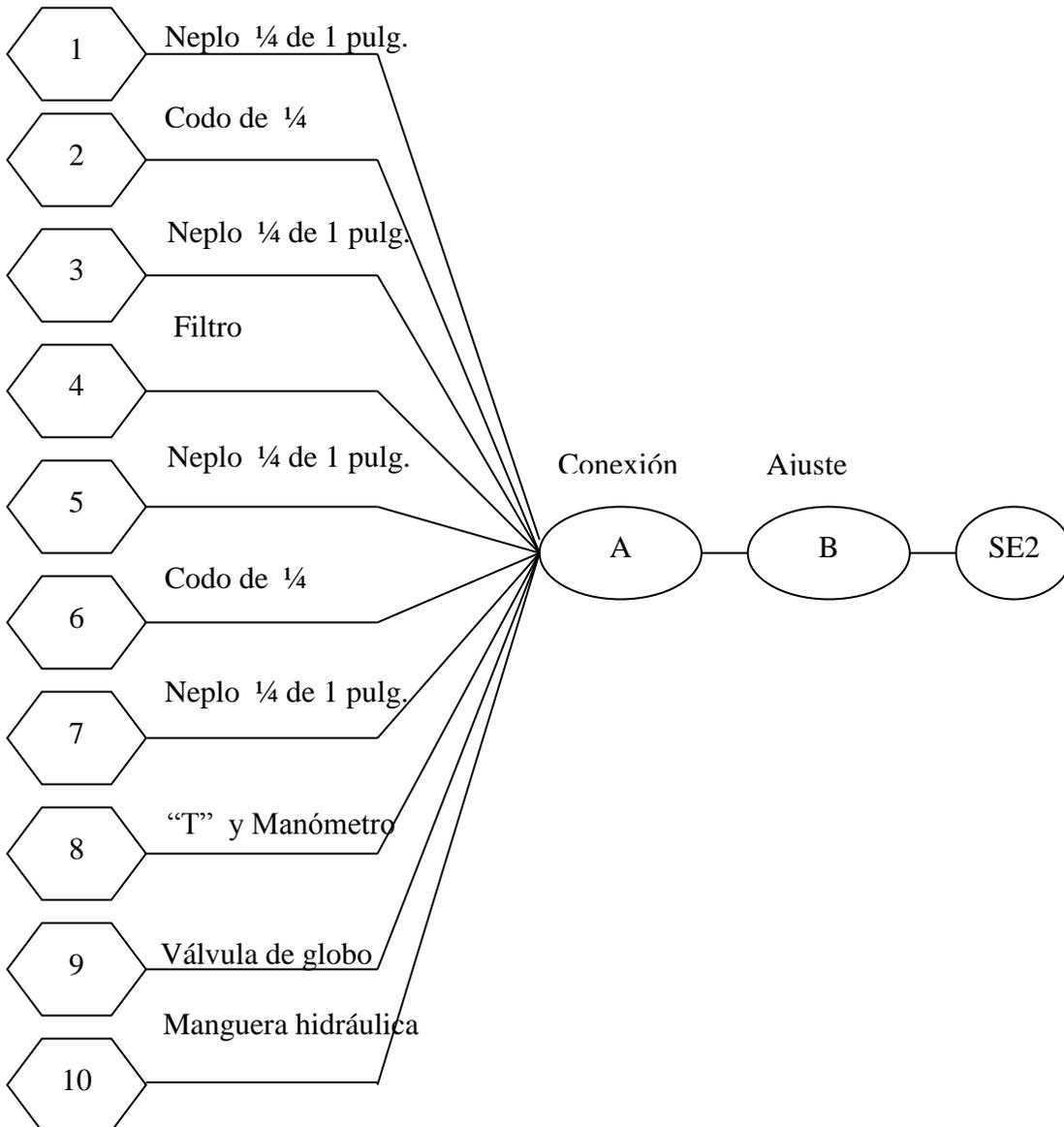


#### 4.6.- DIAGRAMAS DE MONTAJE SEGÚN PLANO GENERAL.

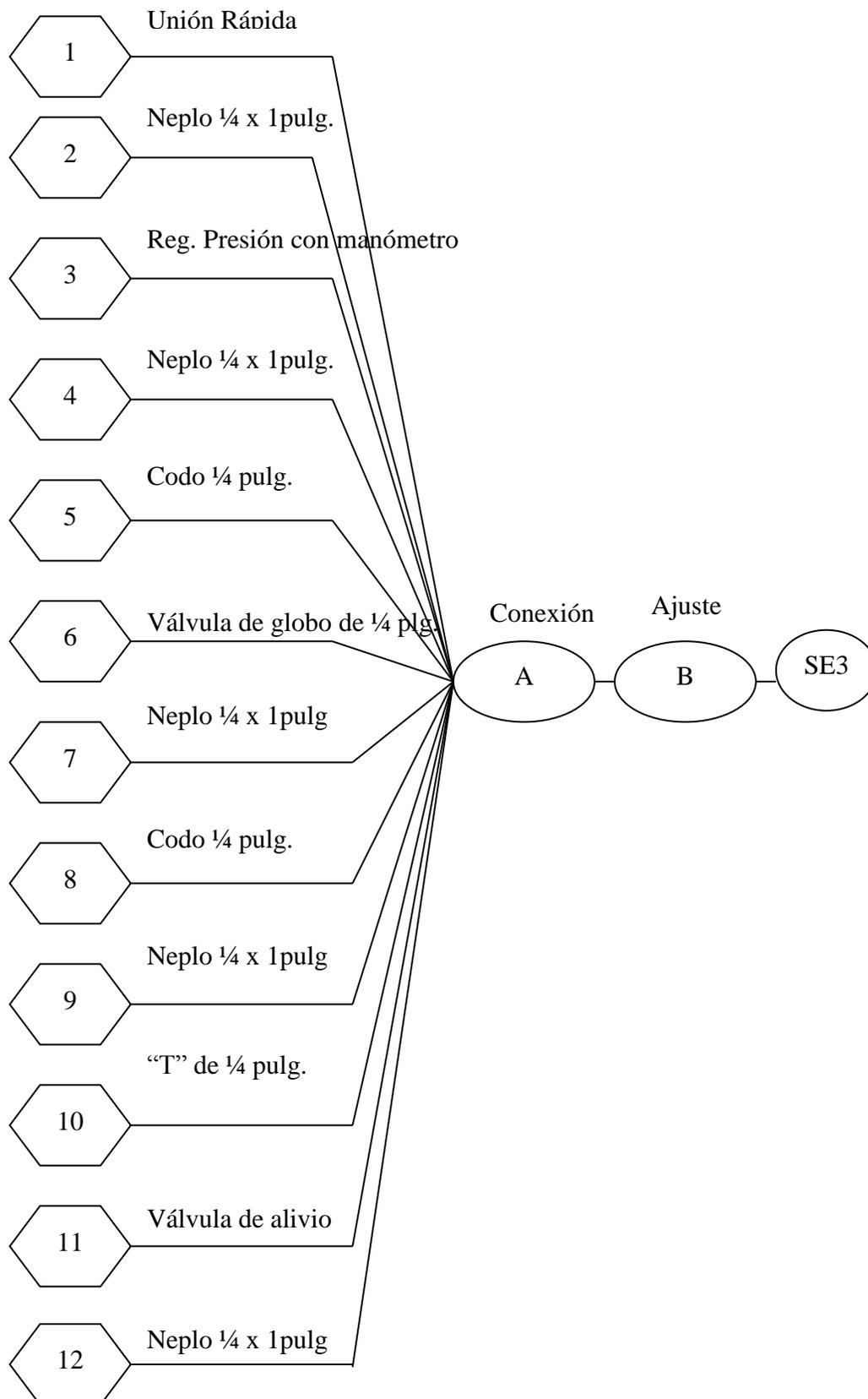
##### 4.6.1.- ENSAMBLE DE LA BASE



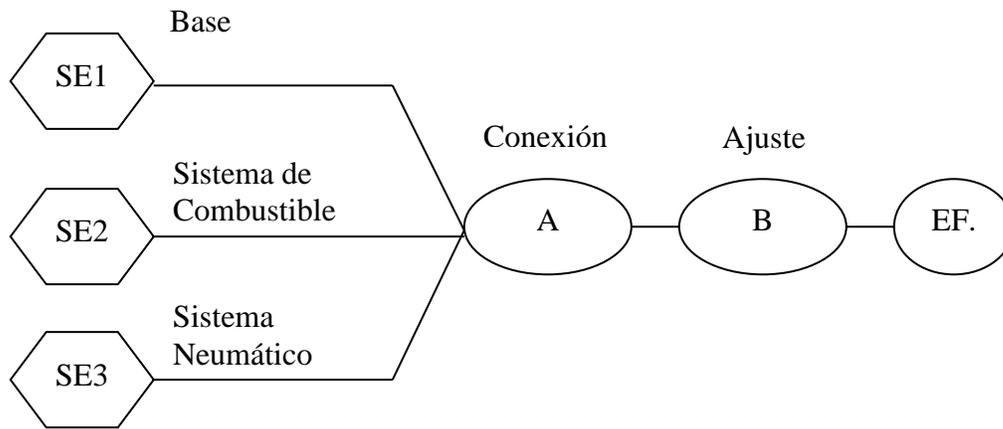
##### 4.6.2.- ENSAMBLE DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE.



### 4.6.3.- ENSAMBLE DEL SISTEMA NEUMÁTICO.



#### 4.6.4.- ENSAMBLE FINAL DE TODOS LOS SISTEMAS.



**Figura 4.9. Banco de prueba de inyectores construido.**

## **CAPÍTULO V**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **5.1.- PRUEBA HIDROSTÁTICA**

Luego de haber realizado la soldadura del tanque se procedió a hermetizarlo por completo y se lo sometió a diferentes presiones de aire para así realizar la prueba hidrostática; la misma que consistía en verificar fugas por medio de agua jabonosa; luego se procedió a realizar una segunda prueba, la cual consistió en la verificación de las presiones en ambos manómetros, estas debían estar iguales y mantenerse por un período de dos horas aproximadamente.

Cabe indicar que estas pruebas se le realizaron al tanque propiamente dicho y luego con la instalación de cada uno de los sistemas del combustible y aire a presión.

#### **5.2.- PRUEBAS DE OPERACIÓN**

Una vez Terminado por completo la construcción del Banco de Prueba se procedió a realizar una prueba de funcionamiento, la misma que consistió en realizar todos los pasos correspondientes a esta operación. Verificando así el ángulo de roseado del inyector a las diferentes presiones.

**Tabla 5.1. Prueba de Operación del Banco con el Inyector instalado.**

<b>INYECTOR DE COMBUSTIBLE P/N 23077068 SERIE IYF03506</b>		
<b>PRESIONES (PSI)</b>	<b>ÁNGULO ROSEADO (GRADOS)</b>	<b>COMPORTAMIENTO</b>
60	75 – 105	S/N
100	55 – 85	S/N
150	64 – 95	S/N

**Conclusiones:**

Luego de realizar la prueba del banco de prueba con el inyector incorporado y sometiendo el mismo a diferentes presiones, se pudo apreciar que su comportamiento fue exitoso.

Con respecto al funcionamiento global, de los diferentes sistemas del banco de pruebas se dice que el banco se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente.

**Tabla 5.2. Verificación de funcionamiento de los sistemas del banco de pruebas.**

<b>SISTEMA</b>	<b>CUMPLE TOLERANCIA</b>	<b>ENSAMBLE ÓPTIMO</b>
Tanque	✓	✓
Base	✓	✓
Sistema de Combustible	✓	✓
Sistema Neumático	✓	✓

### 5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Este análisis está basado en el costo de una prueba de verificación de un inyector esto con el propósito de saber cuantos recursos se ahorra la Aviación Naval por cada inyector que necesite de éste trabajo técnico.

**Tabla 5.3. Análisis Económico de la prueba de un Inyector.**

RECURSOS	COSTOS
Préstamo de la maquinaria	12 USD
Combustible	3 USD
Costo de Energía Eléctrica (Compresor)	5 USD
Mano de Obra	25 USD
<b>Total a pagar</b>	<b>45 USD</b>

## CAPÍTULO VI

### ELABORACIÓN DE MANUALES

#### 6.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos de operación, mantenimiento y calibración, hojas de registros con su respectiva implementación del banco de prueba de inyectores.

La codificación de la máquina y los procedimientos de ensayo, según las características del motor se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 6.1. Codificación de los procedimientos de ensayo del banco.**

<b>Procedimiento</b>	<b>Código</b>
Operación del banco de prueba.	HN-MA-250-P1
Calibración del banco de prueba.	HN-MA-250-P2
Mantenimiento del banco de prueba.	HN-MA-250-P3
Verificación del banco de prueba.	HN-MA-250-P4
Hoja de registros del banco de prueba.	HN-MA-250-R

## 6.2.- MANUAL DE OPERACIÓN.

	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 2
	<b>OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-P1
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>MECÁNICA</b>	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

### 1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para operación del banco de pruebas de inyectores.

### 2.0 ALCANCE

Contempla el banco destinado a ser aplicado al inyector del motor ALLISON 250-C20J.

### 3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Realizar un cálculo del combustible a utilizar según la cantidad de inyectores que se va a inspeccionar, teniendo en cuenta que con un galón de combustible se le puede realizar la inspección a un aproximado de 4 a 7 inyectores.
2. Vertir el combustible en el tanque.
3. Verificar que la tapa del tanque este bien ajustada.
4. Verificar que las válvulas de globo y el regulador estén cerradas.
5. Conectar la toma de salida del compresor a la toma de entrada del banco.
6. Conectar el inyector a inspeccionar en la toma de salida del banco
7. Conectar el banco a tierra de tal manera que descargue la energía estática.
8. Encender el compresor.
9. Abrir lentamente el regulador de presión hasta que el manómetro de entrada indique la presión necesaria para la inspección mínimo 70 PSI, máximo 150 PSI.

<b>ITSA</b>  <b>MECÁNICA</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>		<b>Pág. :</b> 2 de 2
	<b>OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-P1
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

10. Abrir la válvula de globo del sistema neumático.
11. Verificar que los dos manómetros tengan igual presión.
12. Abrir la válvula de globo del sistema de combustible.
13. Realizar la inspección visual del inyector y llenar la hoja de registro.
14. Cerrar la válvula de globo del sistema de combustible.
15. Cerrar la válvula de globo del sistema neumático y el regulador.
16. Apagar el compresor.
17. Desconectar el compresor del banco.
18. Desconectar el inyector del banco.
19. Abrir la válvula de globo del sistema de combustible para vaciar el tanque.
20. Limpiar el banco suministrando aire a presión.

**4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

### 6.3.- MANUAL DE CALIBRACIÓN.

	<b>MANUAL DE CALIBRACIÓN</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 1
	<b>CALIBRACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-P2
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>MECÁNICA</b>	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

#### 1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para calibración del banco.

#### 2.0 ALCANCE

Contempla al banco de prueba de inyectores destinado a ser calibrado para la operación del mismo.

#### 3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Verificar que los manómetros estén encerados antes de realizar una inspección.
2. Verificar que la presión sea la óptima para realizar la inspección (60-300PSI).
3. Verificar que la presión de Entrada sea igual a la presión de salida.

#### 4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD \_\_\_\_\_

## 6.4.- MANUAL DE MANTENIMIENTO.

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 2
	<b>MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-P3
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>MECÁNICA</b>	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

### 1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento de mantenimiento del banco de prueba de inyectores.

### 2.0 ALCANCE

Contempla el banco de prueba de inyectores destinado a su mantenimiento.

### 3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Se deberá mantener libre de fugas para evitar acumulación de polvo en el banco de prueba.
2. Ajuste de acoples y partes cada vez que exista fugas.
3. Cambio de acoples o partes si no se elimina las fugas con el ajuste.
4. Limpiar el banco de prueba de inyectores con aire a presión después de cada inspección.
5. El filtro se deberá cambiar cada 250 galones de combustible filtrado o en menor tiempo en caso de averías.
6. Pintar el banco de prueba y el interior del tanque con pintura EPÓXICA cada 3 años.
7. Las cañerías deben ser revisadas para evitar taponamientos antes de ser utilizado el banco.

<b>ITSA</b>  	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		<b>Pág. :</b> 2 de 2
	<b>MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-P3
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>MECÁNICA</b>	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

8. Los manómetros deben ser enviados a calibrar cada 2 años a Maestranza (Dpto. de la Armada del Ecuador).
9. Durante la no operación del banco esta debe mantenerse en un lugar seco y cubierto.
10. Limpieza general cada 15 días.

**4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

## 6.5.- MANUAL DE VERIFICACIÓN.

	<b>MANUAL DE VERIFICACIÓN</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 1
	<b>VERIFICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-P4
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>MECÁNICA</b>	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

### 1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para verificación del banco.

### 2.0 ALCANCE

Contempla al banco de prueba de inyectores destinada a ser calibrada para la operación del mismo.

### 3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Verificar que los manómetros estén encerrados (“0” PSI) antes de realizar la inspección.
2. Verificar que el estado de la válvula de globo y regulador sea cerrado antes de la inspección.
3. Verificar que las cañerías no tengan obstrucciones.
4. Verificar que el tapón del tanque esté cerrado.
5. Verificar fugas.

**4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

**5.0 FIRMA DEL JEFE DE SECCIÓN** \_\_\_\_\_

### 6.6.- HOJAS DE REGISTROS

	<b>HOJA DE REGISTROS</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 1
	<b>HOJA DE REGISTROS DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-R
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>MECÁNICA</b>	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

### REGISTRO

#### INSPECCIÓN VISUAL DE INYECTORES

Solicitado por: \_\_\_\_\_ Número de Serie : \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_ Combustible utilizado : \_\_\_\_\_ gls.

Fecha de inicio: \_\_\_\_\_ Presión : \_\_\_\_\_ PSI

Fecha de finalización: \_\_\_\_\_ Total horas servicio : \_\_\_\_\_

N°	Presiones	Pasa	No pasa	Novedades

**Conclusiones:**

**FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

**FIRMA DEL JEFE DE SECCIÓN** \_\_\_\_\_

<b>ITSA</b>  <b>MECÁNICA</b>	<b>HOJA DE REGISTROS</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 1
	<b>INFORME TÉCNICO</b>		<b>Código :</b> HN-MA-250-R
	<b>Elaborado por:</b> Cbos-Mc-Av Bermúdez Washintong		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha :</b> 2006-06-20	<b>Fecha :</b> 2006-06-20

### INSPECCIÓN VISUAL DE INYECTORES

Solicitado por: \_\_\_\_\_ Fecha de realización del Informe: \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_ Cantidad de presión suministrada: \_\_\_\_\_

Orden N°: \_\_\_\_\_

N°	Fecha de inspección	Número de serie	Estado

**Observaciones:**.....  
.....  
.....  
.....

**FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

## CAPÍTULO VII

### ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

En este capítulo se hallará el costo de construir un banco de prueba de inyectores con acumulador para después hacer un análisis económico comparándolo con el costo de una máquina con características similares.

#### 7.1.- ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.

Existen principalmente cuatro rubros en la construcción del banco de prueba que son:

- Materiales.
- Máquinas - herramientas.
- Mano de obra.
- Otros.

**1. Materiales.-** Este rubro abarca todos los materiales utilizados para construir las partes del banco de prueba de inyectores.

**Tabla 7.1. Lista de costos de materiales del banco de prueba de inyectores.**

<b>MATERIALES PARA EL BANCO DE PRUEBA</b>	
<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Válvula de globo de ¼	13,00
Filtro	6,00
Válvula de seguridad ¼	8,75
“T” de bronce ¼	9,50
Manómetros ¼ x 300PSI	16,00
Regulador de presión ¼	36,00
Neplos ¼	17,40
Codos de acero ¼.	11,25
Juego de desconexiones rápidas	4,80
Teflón	2,00
Otros	80,00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>204,70</b>

**2. Máquinas-Herramientas.-** Para la construcción del banco de prueba de inyectores, se utilizaron las máquinas herramientas existentes en el Taller de Construcciones Metalmecánica “ALMETAL” ubicado en el Km. 5.1/2 vía a Daule en la Ciudad de Guayaquil.

A continuación se presenta un cuadro con el costo de utilización de máquinas herramientas.

**Tabla 7.2. Costo de utilización de las máquinas- herramientas.**

<b>MAQUINAS -HERRAMIENTAS</b>	<b>VALOR USD/HORA</b>
Roladora	18,00
Soldadora MIG	35,00
Pintura	25,00
Cizalla	15,00
Esmeril	8,00
Taladro	5,00
<b>TOTAL DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS</b>	<b>106,00</b>

**3. Mano de obra.-** Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente por el montaje, manufactura, limpieza, pintura, etc.

**Tabla 7.3. Costos de mano de obra.**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Montaje	15,00
Pintura	20,00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>35,00</b>

4. **Otros.-** Este rubro comprende los materiales utilizados para las pruebas del banco, costos de transportación, etc.

**Tabla 7.4. Costos de otros gastos.**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
<b>TOTAL DE OTROS GASTOS</b>	<b>50,00</b>

Por lo tanto, el costo total de nuestro banco de prueba de inyectores es:

**Tabla 7.5. Costo total del banco de prueba de inyectores.**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Materiales	204,70
Máquinas herramientas	106,00
Mano de Obra	35,00
Otros	50,00
<b>TOTAL</b>	<b>395,70</b>

## **7.2.- COMPARACIÓN ENTRE EL BANCO DE PRUEBA CONSTRUIDO Y UN BANCO DE PRUEBA COMPRADO EN EL MERCADO.**

A continuación se presenta el costo de un banco de prueba de inyectores similar, que fue adquirido en el 2004 para los aviones Súper King Air de la Aviación Naval.

**Tabla 7.6. Costo de un banco de prueba similar.**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Costo Total del Banco	1874,13

El objetivo de esta comparación es concluir si es o no conveniente económicamente, el construir la máquina con nuestros medios.

Costo del banco de prueba de inyectores construido: USD. 395,70

Costo del banco de prueba de inyectores comprado: USD. 1874,13

Tenemos una diferencia de costos de USD. 1478,43 a favor del banco de prueba de inyectores construido, constituyendo un ahorro de divisas para la Aviación Naval.

Expresando porcentualmente se tiene:

$$\left[ \frac{1874.13 - 395.70}{1874.13} \right] (100) = 78,88\%$$

Una diferencia de 78,88% es suficiente para concluir que es conveniente construir el Banco de Prueba para inyectores de combustible en vez de realizar la adquisición de este ya construido.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1.- CONCLUSIONES.

- El análisis del funcionamiento del inyector de combustible ayudo a comprender los rangos de operación, mantenimiento e inspecciones del mismo.
- Luego de analizar los tipos de bancos de prueba para inyectores de combustible existentes en el mercado, ayudo a obtener información, para realizar el estudio y plantear alternativas de construcción.
- El banco de prueba de inyectores en base a las pruebas realizadas se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Los manuales de operación y mantenimiento descrito anteriormente permiten el chequeo, mantenimiento previo, durante y después de la utilización del banco de prueba.
- Con un inyector se realizaron 10 pruebas a las diferentes presiones de operación en distintos días para poder apreciar el comportamiento del banco de prueba. Cabe

indicar que la última prueba se la realizó en el ITSA para poder apreciar fallas por la transportación, pero esta prueba fue un éxito igual que las pruebas anteriores.

## **8.2.- RECOMENDACIONES.**

- La operación del banco se realizará en un ambiente de trabajo que brinde seguridades en un área adecuada.
- Realizar los procedimientos correctamente para evitar accidentes.
- Realizar chequeo de los Manuales antes de realizar las inspecciones.
- La operación del banco deberá ser realizada por personal debidamente calificado.
- Llenar los diferentes formularios después de realizar la inspección para constancia del trabajo realizado.

## BIBLIOGRAFÍA

- MARKS. (1995) Manual del Ingeniero Mecánico. Editorial Mc Graw Hill Colombia, Novena Edición Tomo I.
- Alonso Acosta. (1992) Introducción a la Física. Ediciones Cultural Colombia, Cuarta Edición Tomo I.
- MARKS. (1995) Manual del Ingeniero Mecánico. Editorial Mc Graw Hill Colombia, Novena Edición Tomo II.
- Editorial Cultural (2002). Manual de Neumática e Hidráulica. Madrid España, Primera Edición Tomo II.
- Manual de mantenimiento del Motor Allison 250-C20J.
- Manual de Overhaul del Motor Allison 250-C20J.
- Páginas WEB visitadas:
  - <http://www.almetal.com>
  - <http://www.bell-helicopter.com>
  - [http://www.inyectoromotriz.com/tipo\\_de\\_inyectores.shtml](http://www.inyectoromotriz.com/tipo_de_inyectores.shtml)
  - <http://www.geocities.com/mecanicoweb/26a.htm>