

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA Y ESTRUCTURA DE  
UN SIMULADOR DIDÁCTICO DEL AVIÓN MIRAGE F-1**

**POR:**

**CBOS. SOLÓRZANO LARA JUAN TEOFILLO**

**Proyecto de grado presentado como requisito para la obtención del título de:**

**TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2003**



## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. JUAN TEOFILO SOLÓRZANO LARA como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

---

Ing. Guillermo Trujillo J.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, 04 de Mayo del 2003

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios y a mis padres porque siempre han sabido darme todo su amor y apoyo incondicional en todo momento para que yo pueda cumplir con esta meta tan importante en mi vida profesional.

A nuestros profesores que con su entrega total supieron transmitir todos sus conocimientos para que nosotros seamos unas personas útiles a la sociedad.

CBOS. SOLORZANO JUAN

## **AGRADECIMIENTO**

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y al Ala de Investigación y Desarrollo No. 12, que de manera desinteresada han sabido darnos las facilidades y la fortaleza para alcanzar esta meta tan añorada en nuestras vidas.

Al Ing. Guillermo Trujillo J, quien como asesor de mi proyecto de grado me ha dado de forma desinteresada todo su contingente humano y científico para el desarrollo de este proyecto de grado.

**CBOS. SOLORZANO JUAN**

**CONTENIDO**

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Justificación y definición del problema.....	2
Objetivo General.....	3
Objetivo Específico.....	3
Alcance.....	3

**CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

1.1 Estructura del Avión.....	4
1.1.1 Mamparos y Formadores.....	4
1.1.2 Los Larguerillos y Largueros.....	5
1.1.3 Revestimiento.....	6
1.2 Características Generales del Avión Mirage F-1 .....	7
1.3 Dimensiones.....	8
1.4 Componentes Estructurales.....	9
1.4.1 Fuselaje.....	9
1.4.1.1 El Conjunto Estructural.....	11

1.4.1.2 Mamparos Principales.....	12
1.4.1.3 Fuselaje Delantero.....	14
1.4.1.4 Fuselaje Central.....	14
1.4.1.5 Fuselaje Posterior.....	15
1.5 Las alas.....	15
1.5.1 Ranura del borde de ataque.....	17
1.5.2 El borde basculante del borde de ataque.....	17
1.5.3 Flaps.....	18
1.5.4 El Alerón.....	19
1.5.5 Los Spoilers.....	19
1.6 Empenaje o conjunto de cola.....	20
1.6.1 Empenaje Horizontal.....	22
1.6.2 Deriva.....	24
1.7 Cabina.....	25
1.7.1 Asiento del piloto.....	28
1.8 Fuerzas Aerodinámicas.....	29
1.8.1 La Gravedad.....	29
1.8.2 Fuerza de Empuje.....	30
1.8.3 Resistencia al Avance.....	30
1.8.4 Sustentación.....	30

## **CAPÍTULO II: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

2.1. Identificación de alternativas.....	31
2.2 Estudio Técnico.....	31
2.3 Planteamiento de Alternativas.....	32
2.4 Descripción de Alternativas.....	32
2.4.1 Primera Alternativa.....	32
2.4.2 Segunda Alternativa.....	33
2.4.3 Tercera Alternativa.....	35
2.5 Estudio de factibilidad.....	36
2.6 Análisis de cada Alternativa.....	36
2.6.1 Primera Alternativa .....	36
2.6.2 Segunda Alternativa.....	37
2.6.3 Tercera Alternativa.....	38
2.7 Parámetros de Evaluación.....	39
2.7.1 Factor Mecánico.....	40
2.7.2 Factor Financiero.....	41
2.7.3 Factores Complementarios.....	41
2.8 Selección de la mejor Alternativa.....	43
2.9 Requerimientos Técnicos.....	43



## CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN

3.1 Orden de Construcción.....	45
3.2 Descripción de los materiales en la construcción de la estructura y cabina.....	46
3.2.1 Tubos de hierro ASTM A36 de $\frac{3}{4}$ *1.1 pulg.....	46
3.2.2 Electrodo 6011.....	47
3.2.3 Tool ASTM A36.....	48
3.2.4 Madera MDF.....	49
3.2.5 Pintura.....	49
3.3 Descripción de la orden de construcción.....	52
3.3.1 Maquetación de planos generales.....	52
3.3.2 Fabricación de la estructura en general.....	53
3.3.3 Construcción de la cabina y partes de la misma.....	53
3.3.4 Fabricación del revestimiento.....	53
3.3.5 Construcción del pedestal.....	53
3.3.6 Pintura y acabados.....	54
3.3.7 Diagrama de Procesos.....	54
3.3.7.1 Diagrama general de procesos.....	56
3.3.7.2 Diagrama de procesos de la construcción de mamparos.....	57
3.3.7.3 Diagrama de procesos de la construcción de largueros y ensambladura al fuselaje.....	58

3.3.7.4 Diagrama de procesos de construcción de la deriva.....	59
3.3.7.5 Diagrama de procesos de construcción de las alas.....	60
3.3.7.6 Diagrama de procesos de construcción de empenaje horizontal.....	61
3.3.7.7 Diagrama de procesos de la construcción del asiento.....	62
3.3.7.8 Diagrama de procesos del recubrimiento de la estructura....	63
3.3.7.9 Diagrama de procesos de la construcción del pedestal.....	64
3.3.7.10 Diagrama de procesos de pintado de la estructura y cabina.....	65
3.3.7.11 Diagrama de ensamblaje de la estructura y cabina.....	66
3.4 Pruebas de funcionamiento de ensamble.....	67

#### **CAPÍTULO IV : ELABORACIÓN DE MANUAL Y HOJAS DE REGISTRO**

4.1 Manual de operaciones.. ..	68
4.2 Hojas de registro .....	74

#### **CAPÍTULO V : ESTUDIO ECONOMICO-FINANCIERO**

5.1 Presupuesto .....	76
5.2 Análisis Económico-Financiero.....	76
5.2.1 Recursos.....	76
5.2.1.1 Materiales.....	77

5.2.1.2 Maquinaria y equipos utilizados.....	78
5.2.1.3 Mano de obra.....	78
5.2.1.4 Otros gastos.....	79
5.3 Gastos varios.....	79
5.3.1 Costo total del proyecto ejecutado.....	80

## **CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones.....	81
6.2 Recomendaciones.....	82

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

<b>LISTADO DE FIGURAS</b>	<b>PAGINA</b>
FIGURA 1.1 Miembros Estructurales.....	6
FIGURA 1.2 Mirage F-1.....	8
FIGURA 1.3 Dimensiones del Mirage F-1.....	9
FIGURA 1.4 Mamparos principales y secundarios.....	11
FIGURA 1.5 Elementos estructurales de las alas partes móviles.....	20
FIGURA 1.6 Empenaje.....	21
FIGURA 1.7 Empenaje Horizontal.....	23
FIGURA 1.8 Deriva.....	25
FIGURA 1.9 Cabina.....	28
FIGURA 1.10 Asiento del piloto.....	29
FIGURA 2.1 Estructura y cabina de madera revestimiento de fibra de vidrio.....	33
FIGURA 2.2 Estructura y cabina hecha de hierro y revestimiento de tool.....	34
FIGURA 2.3 Estructura y cabina con revestimiento de aluminio.....	35
FIGURA 3.1 Tubos de hierro.....	47
FIGURA 3.2 Electrodo 6011.....	47
FIGURA 3.3 Lámina de hierro (tool).....	48
FIGURA 3.4 Madera balsa.....	49

FIGURA 3.5 Estado de esfuerzos.....	54
FIGURA 3.6 Estructura y cabina terminada.....	67

**LISTADO DE TABLAS****PAGINA**

TABLA 2.1 Evaluación de parámetros de cada alternativa.....	42
TABLA 2.2 Matriz de decisión.....	42
TABLA 3.1 Características técnicas de las maquinas herramientas utilizadas en el proyecto.....	51
TABLA 3.2 Horas maquina empleadas en la construccion del simulador.....	51
TABLA 3.3 Simbología utilizada en la construccion del simulador.....	55
TABLA 4.1 Procedimiento de mantenimiento y registro de la estructura.....	69
TABLA 5.1 Detalle de gastos en materiales.....	77
TABLA 5.2 Detalle de gastos en maquinaria y equipos.....	78
TABLA 5.3 Detalle de gastos en elaboracion de la memoria.....	79
TABLA 5.4 Total de gastos en U.S.D.....	80

## **LISTADO DE ANEXOS**

**ANEXO A** (PLANOS GENERALES)

**ANEXO B** (PLANOS DE DESPIECE)

**ANEXO C** (FOTOGRAFIAS DE CONSTRUCCION)

**ANEXO D** (MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN-GENERALIDADES)

## NOMECLATURA

<b>W</b>	Trabajo
<b>Ø</b>	Diámetro
<b>Lb</b>	Libras
<b>Pulg</b>	Pulgadas
<b>Cm</b>	Centímetros
<b>mm</b>	Milímetros
<b>RL</b>	Reacción de las llantas
<b>T</b>	Tonelada
<b>Mtr</b>	Metros



# INTRODUCCIÓN

## JUSTIFICACIÓN

Dentro del proceso enseñanza-aprendizaje los resultados son más efectivos cuando el profesor tiene a su disposición, materializadas las ideas, que en muchos casos tan solo existen en documentos o son físicamente imposible ponerle dentro de las cuatro paredes de una aula de clases, es el caso de un avión, un barco, un cohete, entre otros. De ahí la necesidad imperiosa de construir a escala un avión o partes del mismo que sea didáctico y confiable.

Las instituciones de educación superior se enfrentan al desafío de ver más allá de los mecanismos cotidianos y el ITSA en particular está cambiando su rumbo de manera significativa en el proceso de desarrollo, dando un paso más, cuando se entrena a sus alumnos en la construcción de un trabajo que sirva para todos los estudiantes de las actuales y futuras promociones. La preocupación por formar en la práctica del trabajo personal, se refleja en el hecho que bajo la dirección de sus maestros, aquellos sean capaces de replicar sus enseñanzas en forma material, solo así se puede lograr la excelencia.

### **Objetivos:**

#### **Objetivo general**

Contribuir al desarrollo tecnológico del ITSA mediante la construcción de la estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1 a través de un sistema mecánico.

### **Objetivos específicos.**

- Comprender la operación de las superficies controladoras de movimiento de un avión.
- Reconocer los tipos de movimientos que realizan las superficies de control de vuelo.
- Aplicar la aerodinámica general para la construcción de este proyecto.
- Construcción del simulador.
- Plantear alternativas de construcción.
- Construir la mejor alternativa.
- Realizar planos del simulador.
- Elaboración de manuales de operación y mantenimiento.

### **Alcance.**

Con este proyecto se tendrá la plataforma para implementar los mecanismos de las diferentes superficies principales de vuelo para completar el simulador didáctico de controles de vuelo del avión Mirage F-1. Así mismo servirá como medio didáctico para la institución de las promociones venideras.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 Estructura del avión.

Los vehículos destinados a la navegación aérea están contruidos por muchas piezas que se agrupan entre si para formar los miembros estructurales que, en conjunto forman el armazón del avión (ver figura 1.1). Se distinguen los siguientes:

- Mamparos
- Formador
- Revestimiento
- Largueros
- Larguerillos

#### 1.1.1 Mamparos y formadores

Sirven para dar la forma de sección transversal al fuselaje, añade rigidez y resistencia a la estructura. En la figura 1.1, se observa que la forma y tamaño de estos miembros varía considerablemente según su función y la posición en el fuselaje.

Los formadores son los más livianos y se usan principalmente para rellenos o uniones de revestimiento entre los miembros más grandes, siempre que se

usan conjuntos estructurales para separar un área de otra, ellos se convierten en discos circulares, reforzados y provistos de portezuelas y otros medios de acceso, llamados mamparos.

Los miembros de canal, las secciones en forma de sombrero se introducen para proporcionar resistencia adicional. Las almas de las estaciones son conjuntos armados ubicados en diferentes puntos para la fijación de herrajes o de piezas externas tales como herrajes para la superficie de la cola, bancadas del motor, uniones de ala longitudinales y trenes de aterrizaje.

### **1.1.2 Los larguerillos y largueros**

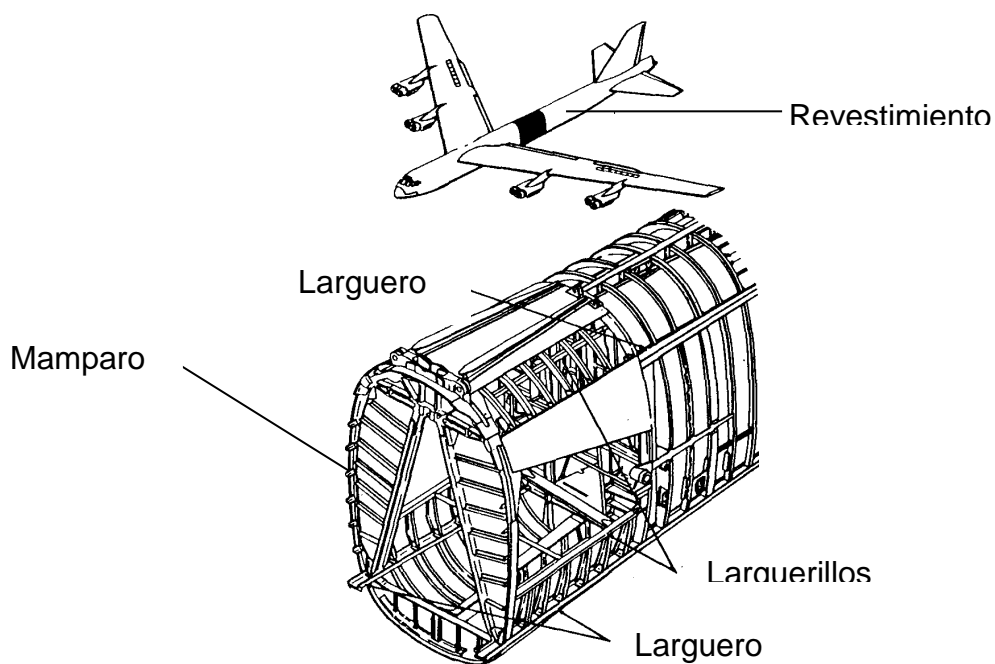
Son los miembros principales de la estructura del fuselaje. En la Figura 1.1 observe que el larguero es un miembro bastante pesado, varios de éstos por lo general se extienden a todo lo largo del fuselaje.

Los larguerillos son más pequeños y más livianos y sirven como rellenos. Tienen alguna rigidez, pero se usan principalmente para dar forma y para la fijación del revestimiento. Los largueros son más fuertes y más pesados que los larguerillos. Los largueros sujetan los mamparos y los formadores y ellos a su vez sujetan a los larguerillos. Todos estos juntos forman, un armazón de fuselaje rígida.

### **1.1.3 Revestimiento**

Es la cubierta exterior lisa de un avión, el cual cubre las unidades estructurales principales como son: las alas, las barquillas, el fuselaje y las

superficies de control. El material usado para la cubierta del revestimiento es por lo general aleación de aluminio en láminas, tratada de manera que no se corra. El magnesio y la lámina de acero inoxidable también se usan, el grosor de los materiales del revestimiento que cubre una unidad estructural diferirá según la carga y las tensiones impuestas dentro y en toda la estructura.



**Figura 1.1 Miembros estructurales**

El fuselaje es el cuerpo principal del avión tiene forma circular y alberga carga, tripulación, pasajeros, y gran parte de los mecanismos necesarios para controlar el avión.

Las alas proporcionan la fuerza sustentadora principal de un avión, las hay de forma recta, en flecha, elíptica y otras. El empenaje o conjunto de cola,

es la parte posterior del avión, es el elemento estabilizador que proporciona estabilidad al aparato, existen colas clásicas, en T o alta, cruciforme y otras no convencionales que cumplen fines específicos. Las superficies de control son las que se emplean para controlar la aeronave en referencia a los ejes de giro. El tren de aterrizaje, puede ser fijo o móvil, es una parte estructural del avión que soporta el peso de la nave cuando está en tierra. Finalmente existen motores, hélices y más piezas o partes que hacen una aeronave.

## **1.2 Características generales del Mirage F-1**

- El Mirage F1, es un avión monoplaza y motorreactor de volumen alto de alas en flecha (Ver Figura 1.2)
- El balanceo está asegurado por los alerones, asistidos por los spoilers.
- Los empenajes horizontales (profundidad) articulados sobre el fuselaje, son de tipo monobloque.
- La hipersustentación a bajas velocidades está realizada gracias a los flaps de intradorso y de las puntas delanteras del borde de ataque móviles (slats).
- El frenado aerodinámico es asegurado por los aerofrenos situados en el fuselaje.
- El tren de aterrizaje es de tipo triciclo de ruedas gemelas, el tren delantero es orientable electro-hidráulicamente.

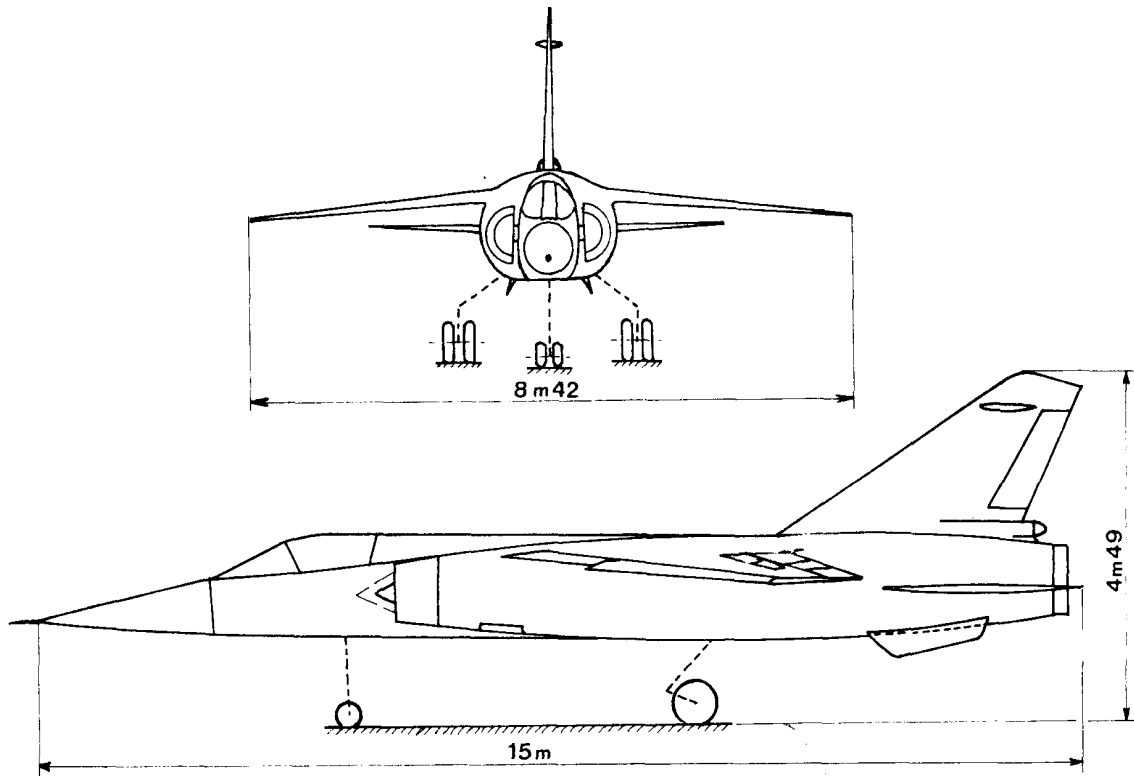


**Figura 1.2 Mirage F-1**

### **1.3 Dimensiones**

A continuación se describe las medidas y pesos del avión Mirage F-1.

- Longitud total.....15 m. (sin sonda de presión estática)
- Envergadura.....8.42 m.
- Altura.....4.49 m.
- Peso a vacío.....7.426 t.
- Peso máximo.....14.131 t.
- Superficie total.....118m<sup>2</sup>.



**Figura 1.3 Dimensiones Del Mirage F-1**

#### **1.4 Componentes estructurales.**

El conjunto estructural del avión Mirage F-1 comprende el fuselaje, las dos medias alas, los dos semi-empenajes horizontales y la deriva o empenaje vertical. Para información del lector se incluirá la cabina de pilotaje.

##### **1.4.1 Fuselaje**

El fuselaje, es una sola unidad construida principalmente en aleación ligera de aluminio con algunos refuerzos localizados en titanio, está hecho en estructura coque (carbón de uso industrial) semi integral, con mamparos (discos

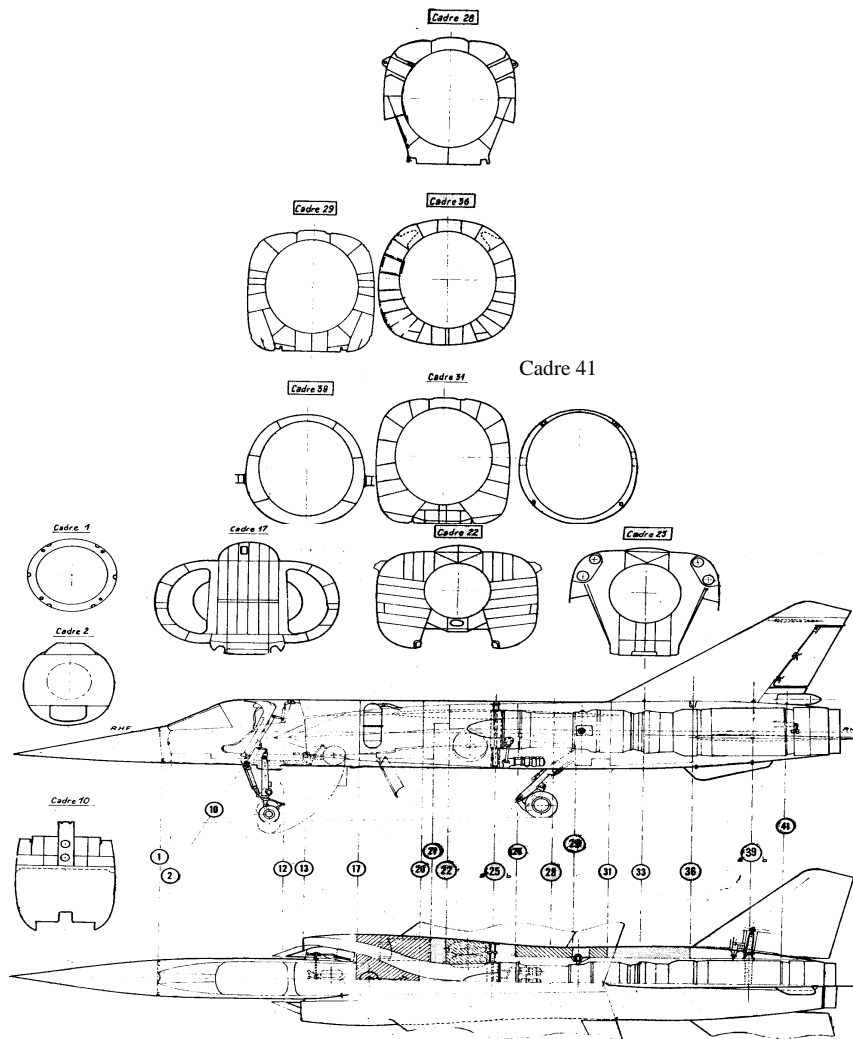


circulares reforzados), largueros (miembros principales de la estructura) y revestimiento. (Ver Fig. 1.4).

Estos diversos elementos están ensamblados con tornillos de titanio, remaches de titanio y remaches estándar así como puntos de soldadura a nivel de los compartimientos presurizados. Los revestimientos exteriores están constituidos de un conjunto de paneles fabricados en chapa de aluminio formada de diferentes espesores.

Además son construidos de tal manera que pueda albergar las puertas de inspección y las compuertas. La parte delantera del avión es un cuerpo en punta cónica cuyo puesto de pilotaje y la burbuja forman la sección mayor. La forma de perfil del fuselaje marca un estrechamiento llamado “cintura” y evoluciona enseguida para llegar a la sección circular de eyección de los gases.

El conjunto estructural comprende de 41 mamparos entre principales y secundarios que soportan los largueros y larguerillos, está equipado de herrajes diversos que aseguran la transmisión de los esfuerzos, soportan los elementos desmontables y móviles, el izado y levantamiento del avión y fija los soportes para cargas externas.



**Figura 1.4 Mamparos principales y secundarios**

#### 1.4.1.1 El conjunto estructural

Esta comprendido de, 41 mamparos la mayor parte fabricados de aleación ligera metálica de aluminio que son:

- Las costillas principales aseguran la absorción de los esfuerzos importantes (alas, empenajes horizontales, deriva tren de aterrizaje reactor).

- Los mamparos secundarios que delimitan los cambios de secciones del fuselaje y aseguran la absorción de los esfuerzos de inercia inducidos por los conjuntos inmóviles (entradas de aire, punta delantera y cono de cola).
- Los mamparos corrientes que soportan a los largueros y revestimientos para mantener el fuselaje en torsión.
- Revestimiento en aleación ligera fabricados conteniendo refuerzos y tensores integrados.
- Cuatro largueros principales sobre toda la longitud del fuselaje que contribuyen al mantenimiento en flexión del fuselaje, ( 2 en la parte inferior y 2 en la parte superior).

#### **1.4.1.2 Mamparos principales**

Son considerados como principales, los mamparos: 22, 25, 28, 29, 36, 39 (Ver figura 1.4), que son los siguientes:

- **Mamparo 29:** En este mamparo se encuentran el soporte delantero de las alas, herrajes delanteros de izado del avión, soportes superiores de los trenes principales, límite posterior de los compartimientos de trenes principales. Ejes del reactor sobre la cara posterior de la costilla 29.
- **Mamparo doble o 25:** Esta conformado por los soportes principales de las alas, enganche alto de los trenes principales, en el mamparo 25a o 25b, están los puntos de fijación de los puntales telescópicos.

- **Mamparo 28:** Se encuentran ubicados el soporte posterior de las alas y soporte inferior de los trenes principales.
- **Mamparo 36:** Están ubicados el soporte principal de deriva, soporte delantero de las quillas, herraje posterior de elevación del avión.
- **Mamparo doble o 39:** En este mamparo están ubicados el pivote de los semi empenajes horizontales y en el mamparo 39a o 39b están el soporte posterior de las quillas.

El fuselaje está repartido en fuselaje delantero central delantero (mamparo 17 al 25) y posterior (mamparo 25 al 36) y fuselaje posterior propiamente dicho del mamparo 37 al 41. Cada uno de ellos tiene su función específica como la de albergar combustible, el sistema de poleas de transmisión, uniones hidráulicas, etc.

- La parte delantera del avión es un cuerpo ahuecado cónico cuyo puesto de pilotaje y la burbuja forman la sección mayor.
- Las tomas de admisión de aire laterales con entradas equipadas de núcleos cónicos regulables (souris) comienzan a nivel del mamparo 13, atrás del puesto de pilotaje.
- La forma en perfil del fuselaje marca una estrechamiento llamado "cintura" y evoluciona enseguida para llegar a la sección circular de eyección de los gases.

#### **1.4.1.3 Fuselaje delantero**

El fuselaje delantero esta ubicado desde el mamparo1 al mamparo 17.

Contiene :

- Puesto de pilotaje ( del mamparo 1 al mamparo 10 oblicuo) equipado del parabrisa.
- Los mecanismos de articulación y de bloqueo de la burbuja.
- El alojamiento del tren delantero.
- Elementos desmontables, tales como las compuertas del tren delantero y la burbuja.

#### **1.4.1.4 Fuselaje central**

El fuselaje central se encuentra desde el mamparo 17 hasta el mamparo 36 y contiene las siguientes partes:

- Las tomas de admisión de aire ( con excepción de los cuerpos laterales de entrada de aire). Terminando en un conducto único a nivel del mamparo principal 25.
- Los alojamientos de los trenes principales entre el mamparo 22 y 29.
- Todos los anclajes de alas, de trenes principales y de soportes de cargas bajo fuselaje.

- El anclaje principal (mamparo 36) y el anclaje delantero (mamparo33) de deriva.

#### **1.4.1.5 Fuselaje posterior**

El fuselaje posterior esta situado entre los mamparos 36 al 41.

Contiene :

- El final del túnel reactor ( mamparo 36 al 41).
- El alojamiento del paracaídas de freno, en la parte posterior ( mamparo 41).
- Los alojamientos de los servo comandos de empenaje horizontal entre el (mamparo 36 y 39).
- El anclaje posterior de deriva, los pivots de empenaje horizontal y el anclaje posterior de las quillas en el ( mamparo doble 39).
- Las fijaciones del carenaje posterior de tobera (cono de cola) sobre el mamparo 41.

### **1.5 Las alas**

Las alas están constituidas por dos medias-alas totalmente independientes fijadas a un lado y otro del fuselaje en posición alta, formada por tres herrajes.

En esta parte del avión se encuentran las superficies de control primarias, son perfiles de ala que desvían el aire en una dirección, haciendo que el avión se mueva en la dirección opuesta, se manipula mediante la palanca de mandos. Su rotación en torno al eje longitudinal se denomina (balanceo) y se controla con los alerones.

Cada media ala se compone de una parte fija no desmontable y varias partes móviles. La parte fija se encuentra integrada al fuselaje y sirve en su mayor parte para depósito de combustible.

La parte móvil (Ver figura 1.5), está formada por:

- Borde basculante .....  $- 25^\circ$
- Borde a ranura .....  $-15^\circ$  y  $26^\circ$
- Flap interno .....  $- 48^\circ$  y  $- 28^\circ$
- Flap externo .....  $- 28^\circ$  y  $- 13^\circ$
- Alerón .....  $\pm 17^\circ$
- Spoiler .....  $+ 55^\circ$

El cajón principal de cada media ala está constituido por:

- Un cajón central multilarguero, comprendido entre el larguero delantero y el larguero posterior.
- Un cajón de techo de flaps, ocupando las dos tercias internas de la envergadura del borde de salida, entre el larguero posterior y el larguero neto deflector de flaps.

- Un cajón deflector de alerón ocupando el tercio externo de la envergadura de borde de salida, entre el larguero trasero y el larguero neto deflector de alerón.
- Una caja de extremidad de ala
- Un borde de ataque fijo ocupando los tres cuartos extremos de la envergadura, del borde de ataque , fijado sobre el larguero delantero (Ver Figura 1.5).

### **1.5.1 Ranura del borde de ataque**

Está situado en el borde de ataque de las alas (Ver figura 1.5), entre el borde basculante y la punta es un conjunto que tiene los siguientes elementos:

- Un larguero en aleación ligera en forma omega ocupando toda la longitud del borde.
- Un revestimiento manufacturado curvado, en dos partes (parte interna de aleación ligera, parte externa en titanio).
- Una nervadura que cierra el cajón y su extremidad interna.
- El borde es puesto en funcionamiento a partir de un motor hidráulico es realizada por una timonería.

### **1.5.2 El borde basculante de borde de ataque**

Esta situado en el borde de ataque de las alas entre la nervadura de encastre (Ver figura 1.5) y la nervadura de extremidad interna del borde fijo este conjunto está constituido por:



- Dos herrajes de ataque en titanio, sirviendo igualmente de nervaduras y comportando las horquillas hembras de ataque.
- Un larguero constituido por una chapa y una escuadra en aleación ligera.
- Una media bisagra en tres elementos, manufacturados en aleación ligera.
- Un revestimiento en aleación ligera, curvado químicamente
- La unión del borde basculante sobre las alas se efectúa en las bisagras y en los ataques de mando del borde los tres elementos de la media bisagra están remachados sobre el revestimiento.
- El borde basculante es puesto en marcha por un cilindro hidráulico activo sobre una timonería compuesto de bieletas y articulaciones.

### **1.5.3 Flaps**

Los flaps de curvatura están compuestos por cada media ala, de un Flap interno y un Flap externo (Ver figura 1.5), ellos ocupan los dos tercios internos de la envergadura del borde de salida del cajón de las alas (entre la nervadura de encastre y el alerón). Son de fabricación estructural idéntica y están constituidos por:

- Un cajón delantero compuesto de tres larguerillos de una nervadura central y de un revestimiento todos estos elementos son manufacturados en aleación ligera
- Las posiciones son atacadas por una timonería única compuestas de palancas y bielast macrométricas regulables esta timonería es accionada por un gato hidráulico.

#### **1.5.4 El alerón**

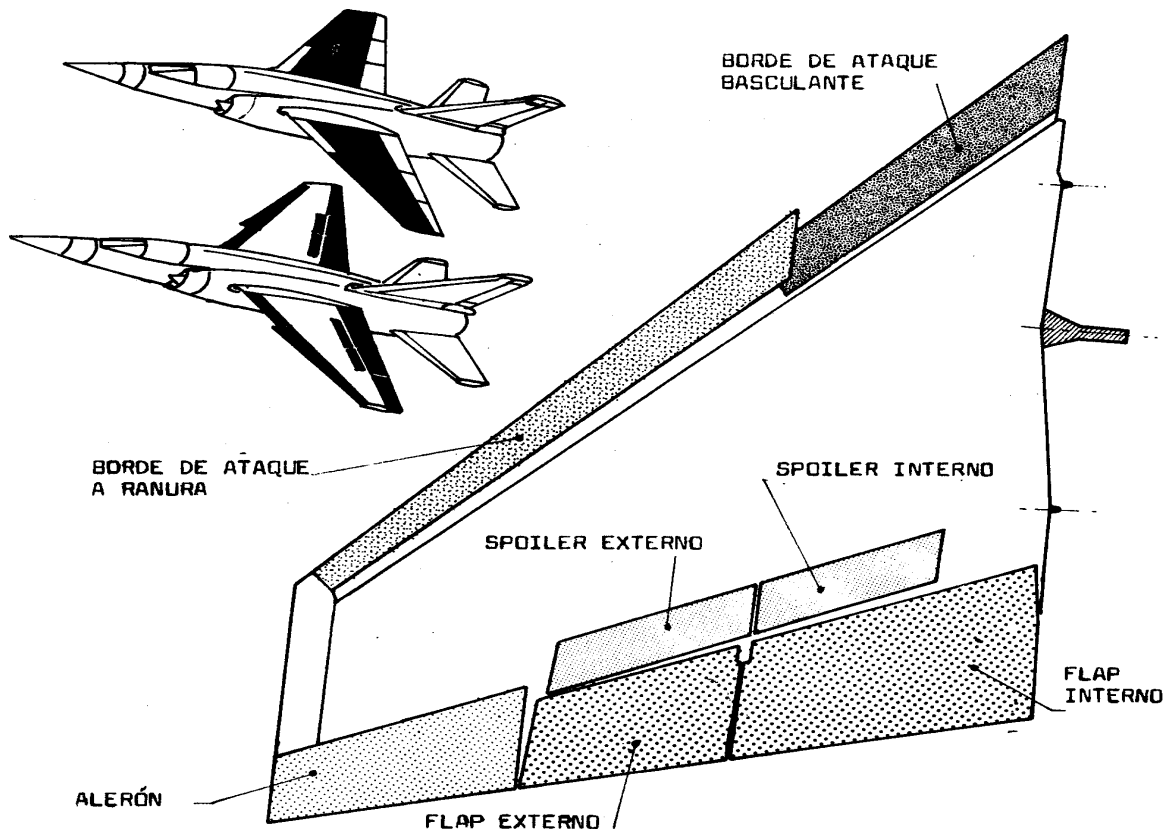
Ocupa el tercio externo del borde de salida del cajón de las alas entre el riel externo y extremidad de ala, es de fabricación estructural en aleación de aluminio ligera únicamente.

Está compuesto por un cajón delantero en estructura integral comprendiendo:

- Un larguero delantero, un larguerillo cinco nervaduras.
- Revestimientos intradorso y extradorso.
- El alerón está articulado hacia atrás del cajón de alas, por dos soportes de eje a la altura de las nervaduras n3a y n4.
- La articulación externa comporta a una horquilla macho equipada de una rótula acoplada a la nervadura n4 del cajón de la alas y una horquilla hembra solidaria del larguero delantero del alerón la unión de las dos horquillas es hecha por un eje equipado de un engrasador lateral.

#### **1.5.5 Los spoilers**

Forman un conjunto de spoilers interno y externo situado lado a lado extradorso sobre el cajón del techo de flaps, sirven para aumentar la eficacia del alerón siguen el movimiento del alerón, cuando este se desplaza hacia lo alto. Los dos spoilers de cada media ala funcionan simultáneamente por medio de una timonería.



**Figura 1.5 Elementos estructurales de las alas partes móviles**

## 1.6 Empenaje o conjunto de cola

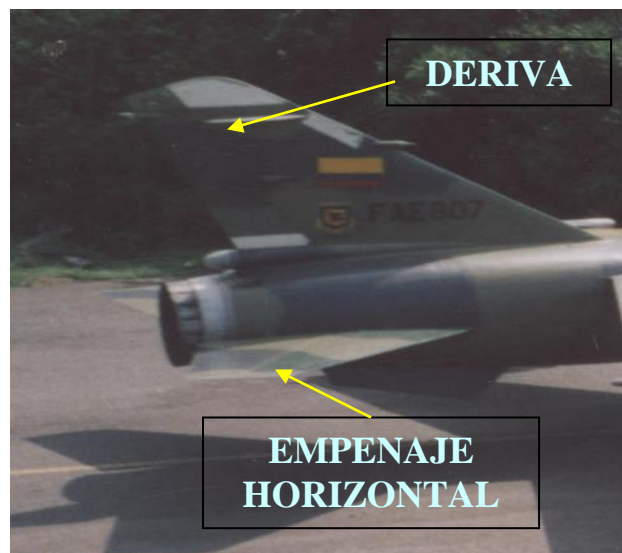
El conjunto de cola del avión (Ver figura 1.6), se llama también empenaje, es la parte posterior de la estructura del avión la cola es el elemento estabilizador del avión. Consiste en dos grandes volúmenes: el estabilizador vertical y el horizontal.

El estabilizador vertical lleva un juego de articulaciones o bisagras a las que se une a una superficie móvil denominada timón de dirección. De igual modo, al estabilizador horizontal se unen unas superficies móviles llamadas timón de profundidad.

El empenaje Incluye el tren posterior del fuselaje, el timón de dirección, los timones de profundidad y los estabilizadores.

Estas unidades de estabilización consisten en superficies verticales y horizontales ubicadas en la parte posterior del fuselaje y son partes del empenaje o conjunto de la cola. La superficie vertical se llama estabilizador vertical, o aleta, y la superficie horizontal se llama el estabilizador horizontal. El estabilizador vertical o aleta, sirve para mantener la estabilidad direccional del avión durante el vuelo alrededor de su eje vertical.

En los aviones de un solo motor, impulsados por hélice, la aleta está a veces descentrada en relación con el fuselaje, para proporcionar equilibrio direccional igualando la torsión causada por el motor. La aleta también sirve como anclaje para fijar el timón de dirección.



**Figura 1.6 Empenaje**

### 1.6.1. Empenaje horizontal

El empenaje horizontal está constituido de dos superficies móviles izquierda y derecha (Ver figura 1.7), totalmente independientes, articulados sobre los flancos del fuselaje posterior aproximadamente a media altura de éste último.

El pivot de articulación de cada superficie móvil es de acero de alta resistencia empotrado (encastrado), en un mamparo doble. Hace un ángulo hacia atrás de 7° con el plano de simetría del avión.

En el Mirage F-1 está constituido por dos medio-empenajes horizontales monobloques móviles, no equilibrados y totalmente independientes que contribuyen al control de vuelo de profundidad y al amortiguamiento de profundidad y balanceo, está estructurado por:

- Un cajón principal integral donde se fija los dos soportes de eje de pivot y el brazo de ataque.
- Un borde de ataque fijo en estructura clásica.
- Un borde de salida fijo en estructura “nido de abejas” y una carena de extremidad desmontable.
- El eje de articulación (pívot) de cada superficie móvil es de acero de alta resistencia empotrado en el mamparo 39A y 39B.

Características: Cada medio empenaje contribuye al control de vuelo de profundidad; al amortiguamiento de profundidad y balanceo además tiene estas otras características:

- Superficie exterior 3.12 m<sup>2</sup>
- Flecha del borde ataque 50 °
- Diedro positivo 1° 30'
- Recorridos de empenaje horizontal + 6° a - 20°

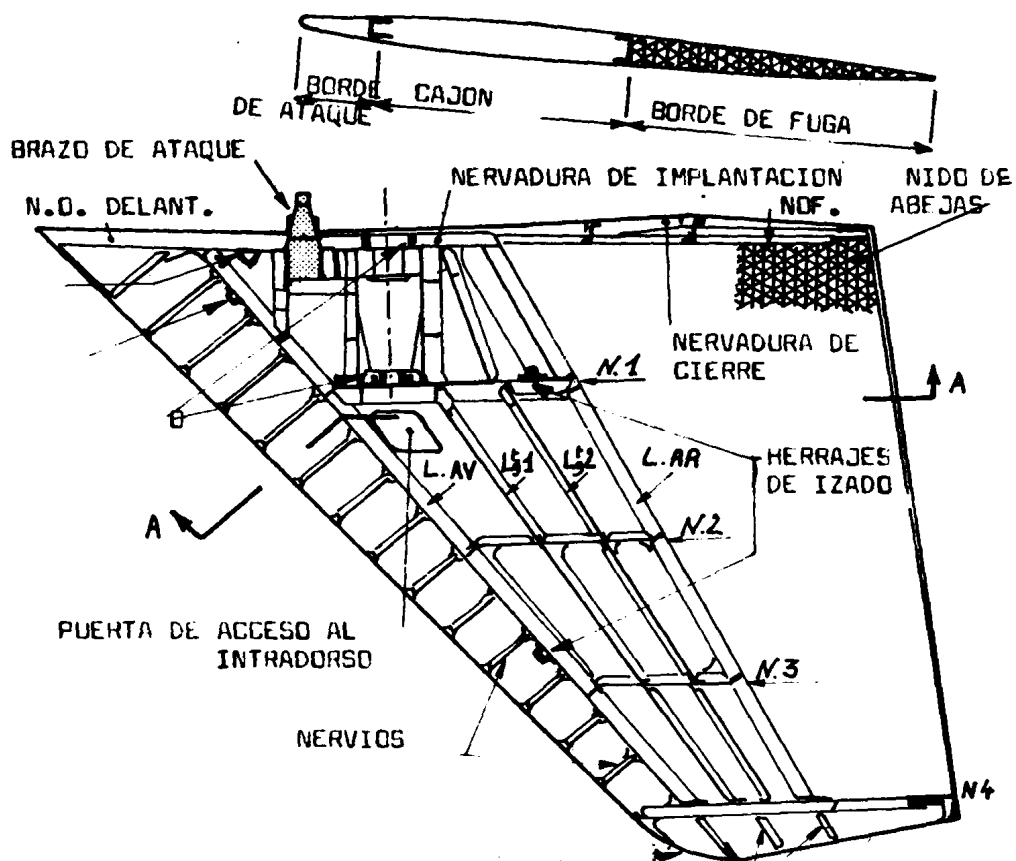


Figura 1.7 Empenaje horizontal

### 1.6.2 Deriva

Ubicada también en la cola del avión, en esta parte se encuentra el timón de dirección el cual va montado sobre el estabilizador vertical de la cola, le da un movimiento de viraje al aparato sobre su eje vertical y su manipulación es por medio de los pedales, (Ver figura 1.8).

El sistema de derivas no solo se hallan sometidos a las cargas aerodinámicas normales, si no también a las cargas de maniobra que el piloto puede aplicar incluso bruscamente.

Como en todos los casos las estructuras no deben provocar vibraciones peligrosas o críticas para el avión, los planos de cola se proyectan con elevada rigidez estructural introduciendo, si es necesario, amortiguadores apropiados para proporcionar una buena compensación estática y dinámica.

Es un conjunto de partes fijas y desmontables. Las partes fijas comprenden el cajón principal y el borde de ataque. Las partes desmontables comprenden carenajes, carenas y herrajes. Además existen partes móviles como el timón de dirección, sus características son las siguientes.

- Superficie 4.59 m<sup>2</sup>
- Flecha en el borde de ataque 57 °

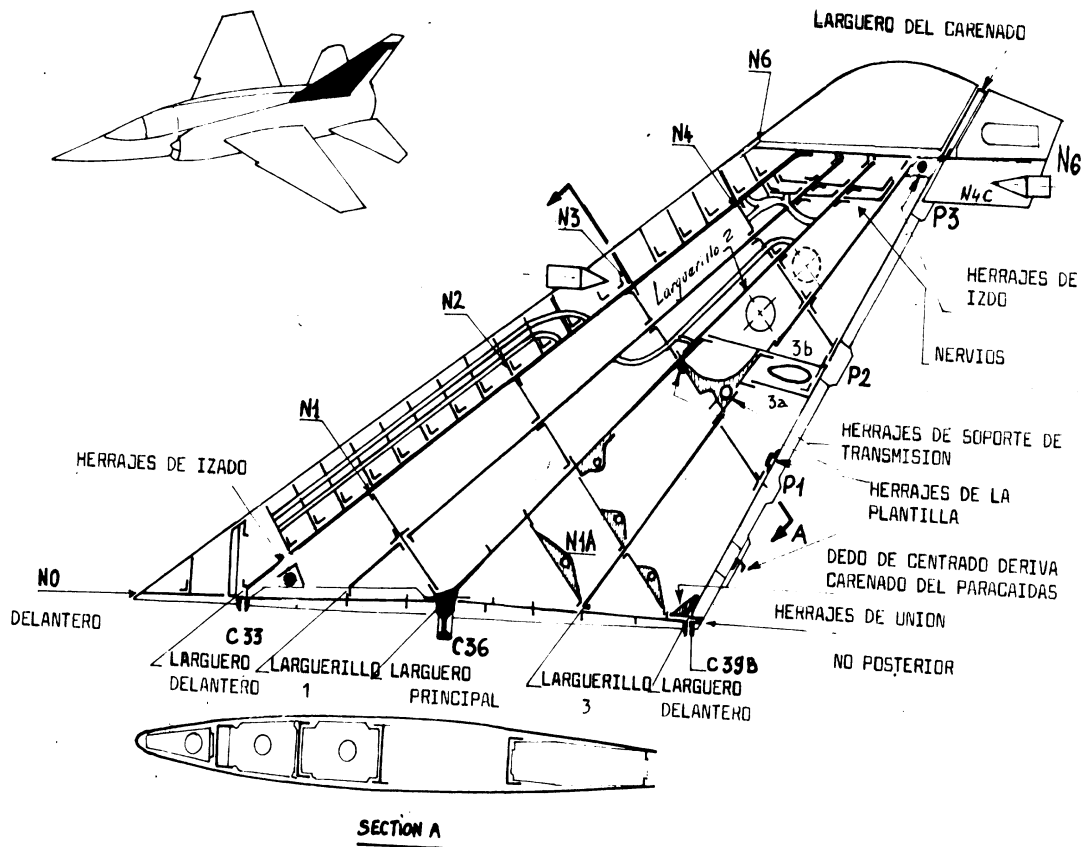


Figura 1.8 Deriva

## 1.7 Cabina

En La parte delantera del avión se encuentra ubicada la cabina, es un cuerpo ahuecado cónico donde se halla el puesto de pilotaje y la burbuja formando así la sección mayor del fuselaje, (ver figura1.9).

En los mamparos 2 y 10 oblicuos se encuentra el puesto del pilotaje cuya estructura es asegurada a la parte inferior por pisos fijados por tornillos sobre los pliegues que mantienen firme al conjunto del puesto de pilotaje, esta zona esta sometida a la presión de la cabina y contiene un aislamiento térmico llamado



“polyurethano” pegada sobre las caras internas de los revestimientos del puesto del pilotaje su resistencia es completada por la burbuja y el parabrisa por largueros izquierdo y derecho en aleación ligera, partiendo del mamparo 2 y prolongándose hasta el mamparo 17. Los largueros superiores de cabina, soportan adelante, el parabrisa constituido de una estructura solidaria a la estructura del fuselaje y de un conjunto de vidrios.

La estructura del parabrisa esta compuesta de un arco transversal remachado sobre los largueros superiores de cabina, a nivel del mamparo 7, y por otra parte sobre el mamparo 2. El conjunto de vidrios se compone de un vidrio frontal ( 24 mm de espesor ) constituido por tres espesores de vidrio y por dos intercalados en butyrol, y de dos vidrios laterales en “oroglass” bien perfilado de un (espesor de 19 mm), cada uno.

El vidrio frontal es rodeado por una junta moldeada que asegura la estanqueidad de la presurización. Cada vidrio lateral está bordeado sobre el perímetro o contorno por una junta elástica pegada sobre el vidrio y posee una junta de caucho auto-inflable pegada sobre las partes metálicas del contorno del vidrio asegurando la estanqueidad de la presurización y el agua, esta burbuja articulada forma la super estructura del puesto de pilotaje que hace acompañamiento al parabrisa.

También esta constituida de una cúpula engastada dentro de una estructura metálica, la cúpula es de “oroglass” de (7,9 m.m de espesor), y está bordeada por un límite interno y externo en tergal pegados sobre la cúpula.

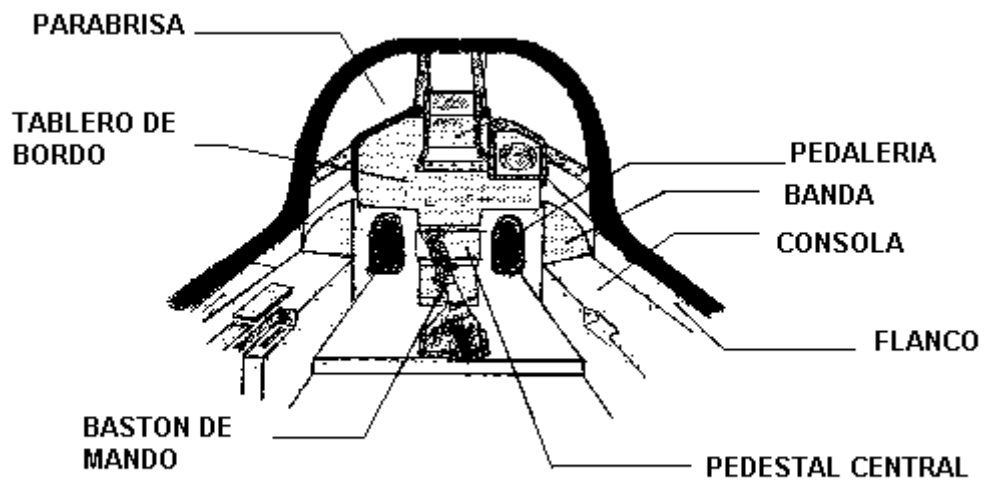
La estanqueidad entre la cúpula y la estructura está realizada por aplicación de masilla, la estructura metálica esta constituida por perfiles soldados y remachados, y comprende un arco delantero, un arco posterior y dos vigas laterales. El arco delantero esta equipado de dos empuñaduras de maniobra fija, atornillada sobre el costado derecho del arco, sirviendo para levantar la burbuja después del desbloqueo y posición de equilibrio y una empuñadura articulada (entre abridora de burbuja), situada en el eje del avión y sirviendo para mantener la cúpula entre abierto al suelo.

En el interior de la cabina (ver figura 1.9), se encuentran diversos equipos cuyos principales son:

- El asiento lanzable SEMMB tipo RM4.
- El tablero de instrumentos frontal.
- Las consolas izquierda y derecha horizontales.
- Las paredes verticales izquierda y derecha y los flancos izquierdo y derecho.
- Los pedales y su soporte (hacia atrás del mamparo 2).
- La palanca de mandos y su soporte (mamparo 6).
- El visor.

De una y otra parte del compartimiento inferior longitudinal, se encuentran dos cajas laterales derecha e izquierda en las cuales caminan las timoneras de mandos de vuelo, a la izquierda la timoneria de balanceo con el SRA y el servo comando.

A la derecha la timoneria de profundidad con el dispositivo ARTHUR el DASH-POT, el SRA ,el motor trim y el preservo-comando, puertas de acceso atornilladas y repartidas sobre los flancos internos y externos de los cajones laterales permiten el acceso a esas instalaciones.



**Figura 1.9 Cabina**

### **1.7.1 Asiento del piloto**

El puesto del piloto está equipado de un asiento enteramente automático. El mando de eyección se efectúa por empuñadura alta o baja(Ver figura 1.10).

La acción sobre uno y otro de los mandos de eyección provoca instantáneamente la eyección del asiento y la fragilización de la burbuja.



**Figura 1.10 Asiento del piloto**

## **1.8 Fuerzas aerodinámicas**

Cuatro, fuerzas tienen efecto en el avión mientras está en tierra, durante el despegue y aterrizaje y durante el vuelo. Estas cuatro fuerzas son la gravedad, el empuje, la resistencia al avance y la sustentación. A continuación se verá como actúan cada una de ellas.

### **1.8.1 La gravedad**

Es la fuerza que tiende a atraer un objeto hacia la tierra o a mantenerlo en ella. Para poder dejar la tierra y permanecer en vuelo, el avión debe contrarrestar la fuerza de atracción de la gravedad. Un avión estacionado tiene solamente la fuerza de gravedad que actúa en él, no obstante, que este avión se encuentre en el extremo de una pista listo para despegar.

### **1.8.2 Fuerza de empuje**

Es la fuerza hacia adelante producida por el motor mediante la propulsión a chorro en los aviones, es la fuerza que lo pone en movimiento al avión, por la reacción a los gases de escape. En la fuerza de empuje se hace necesario estudiar la resistencia al avance y la inercia.

### **1.8.3 Resistencia al avance**

La inercia es la propiedad de los cuerpos que hace que un objeto permanezca en reposo o en movimiento uniforme en una línea recta hasta que una fuerza actúe sobre él y lo obligue a cambiar de dirección, en otras palabras, si el avión es puesto en movimiento por la aplicación de la fuerza de empuje, permanecerá en movimiento, en línea recta, hasta que se le aplique una fuerza para detenerlo. Esta fuerza de detención es la resistencia que ofrece el aire mismo al pasar un avión por él. Esta resistencia del aire presenta una fuerza que se llama resistencia al avance.

### **1.8.4 Sustentación**

Si estas fuerzas por si solas actúan en el avión, éste se moverá a lo largo de la pista de aterrizaje hasta que se acaben la pista o el combustible, necesitamos una fuerza que contrarreste la atracción de la gravedad y que permita que el avión deje la tierra. Esta cuarta fuerza es la que trabaja contra la fuerza de gravedad y se llama sustentación, las alas son la parte de un avión por medio de las cuales obtenemos la sustentación



## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1. Identificación de alternativas.**

Para contribuir al desarrollo tecnológico con la construcción previa de la estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1 se ha escogido algunas opciones de entre las que se elegirá las más adecuada desde el punto de vista técnico y económico y pedagógicos entre otros partiendo del análisis de factores tales como:

- Estructural.
- Costo.
- Disponibilidad.
- Facilidad de construcción.

#### **2.2. Estudio técnico**

Para la realización de la estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1 se realizará un análisis técnico de cada una de las alternativas de construcción aumentando de esta manera la captación del presente tema, así como también se analizara los diferentes tipos de materiales a utilizarse considerando el factor económico de los mismos.

### **2.3 Planteamiento de alternativas**

Se muestran las siguientes:

- Construcción de una estructura y cabina hecha de madera, revestimiento de fibra de vidrio y modo de operación mecánica, para determinar los movimientos de los controles de vuelo de una aeronave .
- Estructura y cabina hecha de hierro, revestimiento de tool y modo de operación mecánico para determinar los movimientos de los controles de vuelo de una aeronave .
- Estructura y cabina hecha en hierro, revestimiento de aluminio y modo de operación por sistemas hidráulico, neumático y eléctrico (servos) es decir a través de comandos computarizados.

### **2.4 Descripción de alternativas**

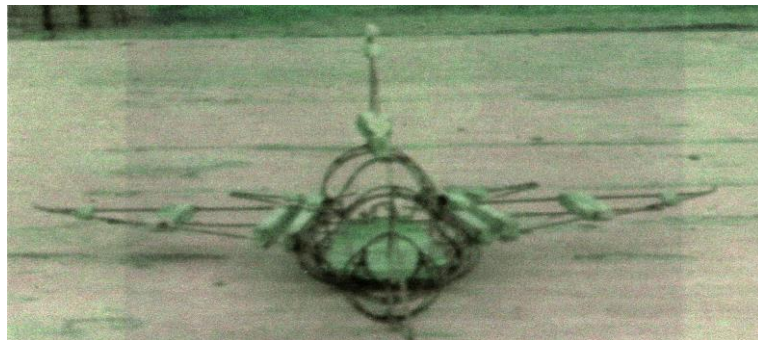
Una vez planteado las alternativas para la construcción de la estructura y cabina se realiza la descripción de las alternativas en busca de la mas adecuada para la construcción tomando en cuenta la facilidad de espacio para la instalación de los mecanismos de los controles de vuelo.

#### **2.4.1 Primera alternativa**

La primera alternativa se refiere a una estructura y cabina hecha de madera, revestimiento de fibra de vidrio y modo de operación mecánica, para determinar los movimientos de los controles de vuelo de una aeronave , se basa en la realización tomando en cuenta lo siguiente.



- Una estructura que presente rigidez y facilidad de trabajo como la madera
- Un control de las superficies de vuelo que opere con poleas y tensores; de forma mecánica.
- Las facilidades que nos presenta la primera alternativa dan uso a la madera como medio para emplearla de manera estructural así como también el recubrimiento de la estructura en base a moldes para la aplicación de la fibra de vidrio presentando facilidad en la construcción de superficies aerodinámicas y dándonos la oportunidad del empleo de poleas con un control mecánico.



**Figura 2.1 Estructura y cabina de madera revestimiento de fibra de vidrio**

#### **2.4.2 Segunda alternativa**

Construcción de una estructura y cabina hecha de hierro, revestimiento de tool y modo de operación mecánico para determinar los movimientos de los controles de vuelo de una aeronave.

La segunda alternativa nos demuestra la mayor rigidez que podría presentar una estructura y cabina de hierro tomando en cuenta que el mismo puede someterse a trabajos de dobladura en frío en especial si se trata de la tubería que

se va utilizar y los perfiles de tool para su recubrimiento y también tomando en cuenta la facilidad de espacio para la instalación de los mecanismos de los controles de vuelo es una magnífica alternativa por la facilidad de trabajo sobre la misma así como la mayoría de maquinaria en especial la soldadora , que se emplea para la unión de sus partes y también las herramientas manuales que se va a utilizar , además la facilidad de transportación.

Las partes de la cabina como los pedales y bastón de mando al ser construidas en hierro presentan gran maniobrabilidad y ofrecen poca resistencia al movimiento de los mecanismos de los controles de vuelo.



**Figura 2.2 Estructura y Cabina hecha de hierro y revestimiento de tool**

### 2.4.3 Tercera alternativa

La tercera alternativa mostrada para la construcción de la estructura y cabina es hecha en hierro, revestimiento de aluminio y modo de operación por sistemas hidráulico, neumático y eléctrico (servos) es decir a través de comandos computarizados.

En la industria aeronáutica la mayor parte de aeronaves emplean aleaciones de aluminio para su recubrimiento debido a sus grandes características en cuanto a resistencia a factores atmosféricos así como también bajo peso y rigidez, el recubrimiento completo con laminas de aluminio y con superficies de control gobernados por sistemas hidráulicos y neumáticos predominando de gran manera los sistemas hidráulicos en aviación, así como también la utilización del sistema neumático para tareas de operación secundarias.



**Figura 2.3 Estructura y Cabina con revestimiento de aluminio**

## **2.5 Estudio de factibilidad.**

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas y los requerimientos técnicos de la misma, se podrá analizar y determinar cual será la mejor alternativa para la construcción de la estructura y cabina del simulador didáctico de los controles de vuelo del avión Mirage F-1.

## **2.6 Análisis de cada alternativa**

### **2.6.1 Primera alternativa**

Estructura y cabina hecha de madera y revestimiento de fibra de vidrio; modo de operación mecánica.

#### **A. Ventajas.**

- Diseño Aerodinámico adecuado.
- Menor peso.
- Su operación y mantenimiento es económico
- Los materiales se puede encontrar con facilidad en el mercado.
- Disminuye el esfuerzo realizado por el operador.

#### **B. Desventajas**

- Dificultad de dar formas en el simulador.
- Menor rigidez en su estructura.
- Manipulación inadecuada. Puede causar accidentes.
- Deterioro y destrucción por el paso del tiempo.

- Por no estar correctamente sujeta puede caerse al momento de la transportación.
- Su estructura es demasiado baja.

### **2.6.2 Segunda alternativa**

Estructura y cabina hecha de hierro, revestimiento de tool y modo de operación mecánico.

#### **A. Ventajas**

- Su forma de control no da dificultades para la enseñanza de la instrucción académica.
- La construcción de la cabina y estructura es accesible.
- Alta rigidez en su estructura.
- El simulador presenta una forma fácil de demostración de las superficies de vuelo.
- Su operación y mantenimiento es sencilla.
- Su durabilidad es mayor que el caso anterior.
- La operación de las superficies de vuelo que se basa en un modo mecánico facilita la manipulación u operación del simulador.

#### **B. Desventajas**

- Peso elevado.

### **2.6.3 Tercera alternativa.**

Estructura y cabina construida en hierro dulce de bajo peso específico. Revestimiento de aluminio y modo de operación de los controles de vuelo hidráulico neumático y eléctricamente (servos) a través de un sistema computarizado.

#### **A.- Ventajas.**

- Estructura rígida, resistente al deterioro por las condiciones de humedad temperatura y reacciones químicas de oxidación, reducción, enmohecimiento, corrosión, etc.
- Revestimiento antioxidante, resistente a la corrosión y ataques de hongos y bacterias.
- Fácil de construir y dar formas curvas y rectas.
- Se asemeja más a los aviones comerciales y por tanto facilita la enseñanza aprendizaje de la asignatura correspondiente.

#### **B.- Desventajas.**

- El aluminio no se puede conseguir fácilmente en el mercado.
- El sistema electrónico requiere mayores costos de inversión.
- No se tiene los conocimientos elevados de control automático y sistemas eléctricos.

## 2.7 Parámetros de evaluación

Para evaluar cada una de las alternativas se considera las ventajas y desventajas que presenta cada una de ellas, calificándolas objetivamente dentro de la escala de 0 a 1 , es decir, en una banda de diez puntos, según sus características. Así por ejemplo el material a emplearse en la estructura será calificado con un valor mayor a la estructura metálica que a la de madera de igual manera el revestimiento tiene mayor calificación si es metálico que se es de tela o fibra vidrio, por su resistencia a la tracción, al corte, etc.

La alternativa que obtenga mayor calificación será seleccionada para ser construido. Los parámetros de evaluación seleccionados son los siguientes:

### ➤ **Factor Mecánico.**

- Tipo de material empleado.
- Proceso de elaboración.
- Tiempo empleado en la construcción.
- Aspecto de mantenimiento.
- Aspecto funcional.
- Rendimiento.

### ➤ **Factor financiero**

- Costo de fabricación, operación y mantenimiento

➤ **Otros factores complementarios.**

- Tamaño.
- Forma.

A continuación se define cada uno de los factores:

**2.7.1 Factor mecánico.**

- **Tipo de material empleado.** Es el material recomendable y su fácil adquisición que reúna las características que le pueden dar rigidez y resistencia a la cabina y estructura del simulador. A este parámetro se le da un valor de 0.7
- **Proceso de elaboración.** Es la manufactura de cada una de las partes, las cuales deben cumplir con las medidas determinadas. Por esta razón se le da un valor de 0.8
- **Tiempo empleado en la construcción.** El tiempo necesario para la fabricación de la cabina y estructura del simulador deben cumplir con el cronograma de actividades determinado. El valor de este parámetro es de 0.7
- **Rendimiento:** Este parámetro se refiere a que se debe tener un alto grado de seguridad para que la cabina y estructura trabaje y cumpla con la finalidad con la que fue creado. Se le asigna un valor de 0.8.
- **Aspecto de operación y mantenimiento.** Es importante para que la cabina y estructura del simulador tenga un óptimo funcionamiento y dependiendo de los



mecanismos, hallar las soluciones respectivas para realizar las correcciones de mantenimiento. De acuerdo a este criterio se le da un valor de 0.7

- **Aspecto funcional.** Se refiere al funcionamiento de la cabina y estructura del simulador con la mayor facilidad y sencillez de poder operarla. Por su importancia se le da un valor de 0.8

### **2.7.2 Factor financiero.**

- **Costos de fabricación.** Es de gran importancia para la decisión de la selección de la cabina y estructura del simulador y buscar alternativas mas económicas. Por este criterio se le da un valor de 0.7

### **2.7.3. Factor complementario.**

- **Tamaño.** Se trata del espacio que ocupan la cabina y estructura tomando en cuenta el área disponibles. Se le da un valor de 0.6
- **Forma.** Se trata al diseño de los componentes de la cabina y estructura del simulador. Su valor es de 0.6

Tabla 2.1 Evaluación de Parámetros de cada Alternativa

Parámetros de Evaluación	F. Pond Xi	ALTERNATIVAS		
		Primera	Segunda	Tercera
<b>Factor mecánico</b>				
Tipo de material empleado	0,7	0,5	0,7	0,6
Proceso de elaboración	0,8	0,6	0,8	0,7
Tiempo de construcción	0,7	0,5	0,6	0,4
Rendimiento	0,8	0,7	0,8	0,8
Aspecto mantenimiento	0,7	0,6	0,9	0,8
Aspecto funcional	0,8	0,6	0,8	0,7
<b>Factor financiero</b>				
Costo de fabricación	0,7	0,9	0,7	0,5
<b>Factor complementario</b>				
Tamaño	0,6	0,5	0,5	0,5
Forma	0,6	0,3	0,4	0,4

Tabla 2.2 Matriz de Decisión

Parámetros de Evaluación	ALTERNATIVAS		
	1*Xi	2*Xi	3*Xi
<b>Factor mecánico</b>			
Tipo de material empleado	0,35	0,49	0,42
Proceso de elaboración	0,48	0,64	0,56
Tiempo de construcción	0,35	0,42	0,28
Rendimiento	0,56	0,64	0,64
Aspecto mantenimiento	0,42	0,63	0,56
Aspecto funcional	0,48	0,64	0,56
<b>Factor financiero</b>			
Costo de fabricación	0,63	0,49	0,35
<b>Factor complementario</b>			
Tamaño	0,3	0,3	0,3
Forma	0,18	0,24	0,24
<b>TOTAL</b>	<b>3,75</b>	<b>4,49</b>	<b>3,91</b>

Estos valores están determinados de acuerdo a la evaluación y definición de cada aspecto para las alternativas propuestas.

## 2.8 Selección de la mejor alternativa

Concluido el análisis de los parámetros que tiene cada alternativa se llega a la conclusión que la segunda alternativa es la que presenta mejores condiciones para la construcción de la cabina y estructura del simulador de controles de vuelo.

## 2.9 Requerimientos técnicos.

Las propiedades mecánicas del Aluminio en aleación 17 ST, más importantes para uso normal en las condiciones ambientales son:

- Resistencia a la fluencia.  $2.39 \times 10^3 \text{ Kg./cm}^2$ .
- Resistencia máxima a la tracción.  $3.93 \times 10^3 \text{ Kg./cm}^2$ .
- Alargamiento máximo por tracción. 26 %
- Reducción de área por extrusión. 39 %
- Módulo de elasticidad 70 Gpa.
  
- Propiedades mecánicas del hierro laminado en caliente
  
- Resistencia a la tracción  $3.37 \times 10^3 \text{ Kg./cm}^2$ .
- Resistencia a la fluencia  $2.1 \times 10^3 \text{ Kg./cm}^2$ .
- Alargamiento máximo 30 %
- Reducción de área por extrusión 75 %
- Módulo de elasticidad 207 Gpa.
  
- Mediante un sistema mecánico se logra alcanzar una fácil maniobrabilidad de los Controles de vuelo.

- La estructura esta diseñada para soportar 2 toneladas tomando en cuenta factores de seguridad.
- Este sistema es de accionamiento manual por su bajo costo de construcción.

## CAPÍTULO III

# CONSTRUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo, resumir las principales consideraciones de procesos de elaboración y ensamble para llevar a cabo la construcción de los diferentes sistemas y piezas de la estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1.

La construcción de la estructura y cabina se la realizó por etapas con el fin de optimizar los recursos y el tiempo de una mejor manera. A continuación se detalla el plan que se siguió para la construcción:

### 3.1 Orden de Construcción

- Maquetación de planos generales
- Fabricación de la estructura en general
- Construcción de la cabina y partes de la misma
- Fabricación del revestimiento
- Construcción del pedestal
- Pintura y acabados
- Diagramas de procesos
- Diagrama de ensamblaje

Para la fabricación de la estructura y cabina se requiere tener un conocimiento fundamental de los tipos de materiales a utilizarse en la construcción, los mismos que se encuentran en el mercado.

## **3.2 Descripción de los materiales en la construcción de la estructura y cabina**

### **3.2.1 Tubos de hierro ASTM A 36 de 3/4\*1.1 Pulg.**

#### **Composición Química**

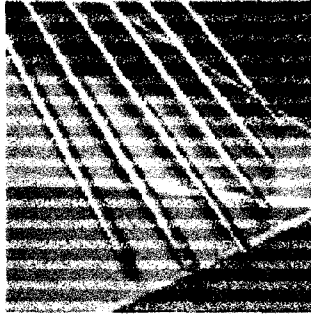
- Contiene carbono en una cantidad máxima de 0,26 %
- Contiene fósforo en una cantidad máxima de 0.04 % •

#### **Propiedades Mecánicas**

- Longitud total del tubo 6 mts
- Sus pesos son de 3.05 Kg.
- Su diámetro es de 20 mm.
- Este tipo de hierro tiene un límite de fluencia min.  $S_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

#### **Utilización**

- En la estructura y cabina este tipo de material se utiliza para la formación de mamparos, largueros, larguerillos tanto del fuselaje, alas y empenaje.



**Figura 3.1 Tubos de hierro**

### **3.2.2 Electrodo 6011**

- Se obtiene a partir de alambre de acero calidad AISI 1006
- Calentado al silicio y recubierto con una mezcla de materiales especiales
- Según la aplicación final del producto
- Están homologados según norma AWS, A5.1
- Diámetros de 3/32"



**Figura 3.2 Electrodo 6011**

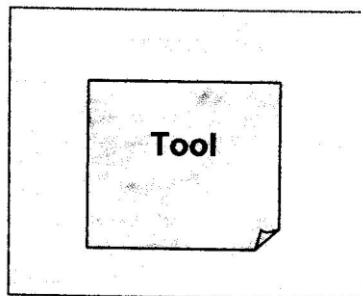
### 3.2.3 Tool ASTM A36

#### Composición Química

- Tiene carbono en un máximo de 0,12 %
- Tiene Fósforo en un máximo 0,04 %
- Tiene azufre en un máximo 0,05 %

#### Propiedades Mecánicas

- Resistencia a la tracción 28Kg /mm<sup>2</sup>
- Alargamiento de 32 a 39 %



**Fig. 3.3 Lámina de hierro (Tool)**

#### Utilización

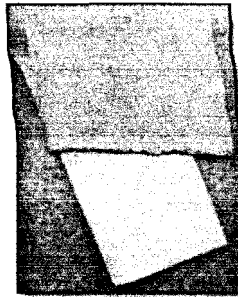
- Este tipo de material se utiliza para el recubrimiento de la cabina, alas, empenaje horizontal y empenaje vertical, también para la fabricación de los



pedales, el tablero de instrumentos frontal , las consolas izquierda y derecha horizontales, las paredes verticales izquierda y derecha y los flancos izquierdo y derecho.

### **3.2.4 Madera MDF**

- Es un material bastante modificable, es muy liviano y suave.
- Fácil de cortar en distintas formas.
- Fácil para conseguir en el mercado.
- No es muy duro para trabajar y darle la forma necesaria.



**Figura 3.4 Madera Balsa**

### **Utilización**

- Este tipo de material se utiliza para la construcción del asiento

### **3.2.5 Pintura**

### **Características y Propiedades**

## **Sintética**

- Pinturas sintéticas aquellas cuyo ligante está constituido por resinas no naturales.
- Resistencia notable y prolongada a las alteraciones producidas por los agentes atmosféricos.
- Resistencia mecánica e insolubilidad de la película seca.

## **Acrílica**

- Protege los sistemas de impermeabilización contra la radiación solar formando una capa elástica y durable que decora la azotea por mucho tiempo. Protege de las filtraciones de humedad conservándolos en buenas condiciones por mucho tiempo.

## **Utilización**

- En el simulador este tipo de material se utilizó para que el simulador se conserve en buenas condiciones en su parte física.

Para la obtención de los distintos elementos de la estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1, se utilizaron varias máquinas herramientas existentes en los Talleres del ITSA y Ala 12.

Tabla 3.1: Características Técnicas de las Máquinas Herramientas utilizadas en el Proyecto.

<b>MAQUINAS HERRAMIENTAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Torno Schutte	Distancia entre puntos 0.60 m.
Sierra Eléctrica	220/440 V, 1145 rpm
Taladro de Banco Delta	115 W, 1725 rpm
Horno Térmico	Eléctrica 110 V
Soldadora Lincoln	Eléctrica 220 V
Dobladora Lincoln	Eléctrica 220 V
Esmeril	Eléctrica 110 V
Compresor	Eléctrica 110 V
Lijadora Lincoln	Eléctrica 110 V
Prensa Manual	Capacidad : 40 Ton.

La fabricación de los diferentes sistemas ha consumido el siguiente número de horas máquinas herramientas presentado en la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Horas Máquina Empleadas en la Construcción del Simulador

<b>ELEMENTO</b>	<b>OPERACIÓN [hr. /Máq.]</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>Total</b>
Estructura	2	2	6	8	2				4	1	1	26
Cabina	2	1	2	4	2	1		3	2	1	1	19
Revestimiento	2	3	1		3	6	6		1		1	23
Pedestal	1	1	2	2	2	1			1	1	1	12
<b>Total de operación</b>												<b>80</b>

Simbología :

A : Medir

B : Cortar

C : Doblar

D : Soldar

E : Esmerilar

F: Taladrar

G: Remachar

H: Pegar

I : Comprobar

J : Lubricar

K : Pintar

Existen algunas operaciones realizadas, donde no se pueden determinar un número de horas de operación tales como montaje de la materia prima en las máquinas, puntos de soldadura, mediciones, etc.

### **3.3 Descripción de la Orden de Construcción**

#### **3.3.1 Maquetación de Planos Generales**

Se realizó un estudio de los planos generales del avión, luego se diseño en alambre galvanizado la estructura para así darle la forma requerida del fuselaje, alas y empenajes.

### **3.3.2 Fabricación de la Estructura en general**

Se ocupó un sin número de materiales que se explico anteriormente, los cuales con ayuda de personal profesional hemos logrado fabricar la estructura deseada.

### **3.3.3 Construcción de la Cabina y partes de la misma**

Se empezó haciendo un molde en alambre para fabricar la cabina, se tuvo dificultades en la construcción de la palanca de mando ya que el del avión Mirage F-1 es un mecanismo muy difícil y también no encontramos piezas iguales para reducirlas a la escala deseada y mejor escogí la construcción de una palanca similar al del avión T-33 que depende de un pistón y un cojinete.

### **3.3.4 Fabricación del Revestimiento**

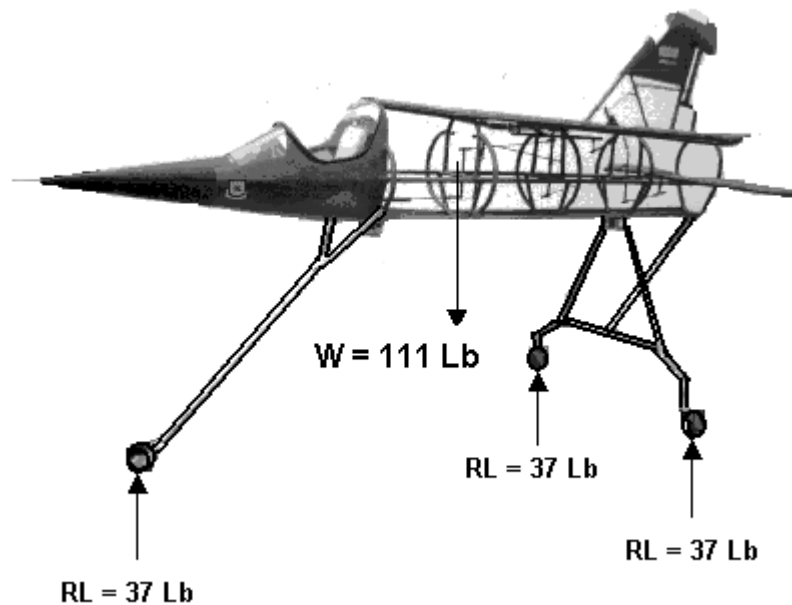
Se realizó cortando moldes de cartulina para luego transferirlo a la lámina de tool y así poder cortarlo con la finalidad de no desperdiciar material.

### **3.3.5 Construcción del Pedestal**

El pedestal se decidió construir en base a la forma del tren de aterrizaje del avión que es de forma de triciclo con sus 3 llantas que tienen una capacidad de carga de 600 Kg, para así obtener el apoyo que debe tener la estructura y cabina.

### ➤ Estado de Esfuerzos

Suponiendo que el peso del avión es de (111lb) y si el peso se distribuye en forma de uniforme en c/u de los apoyos, cada llanta aguantaría (37 lb). Se escogió 1 llanta de  $\varnothing$  5 pulg. que según especificaciones técnicas indicadas en el anexo D, estas llantas pueden soportar hasta 600 Kg.



**Figura 3.5 Estado de esfuerzos**

### 3.3.6 Pintura y acabados

Para el proceso de pintura y acabados se utilizó la pintura para aviones del Escuadrón Mirage F-1







### 3.3.7 Diagrama de procesos.

El proceso de construir una estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1, tiene una secuencia de actividades y hechos que se van sucediendo en forma secuencial o simultánea de acuerdo al

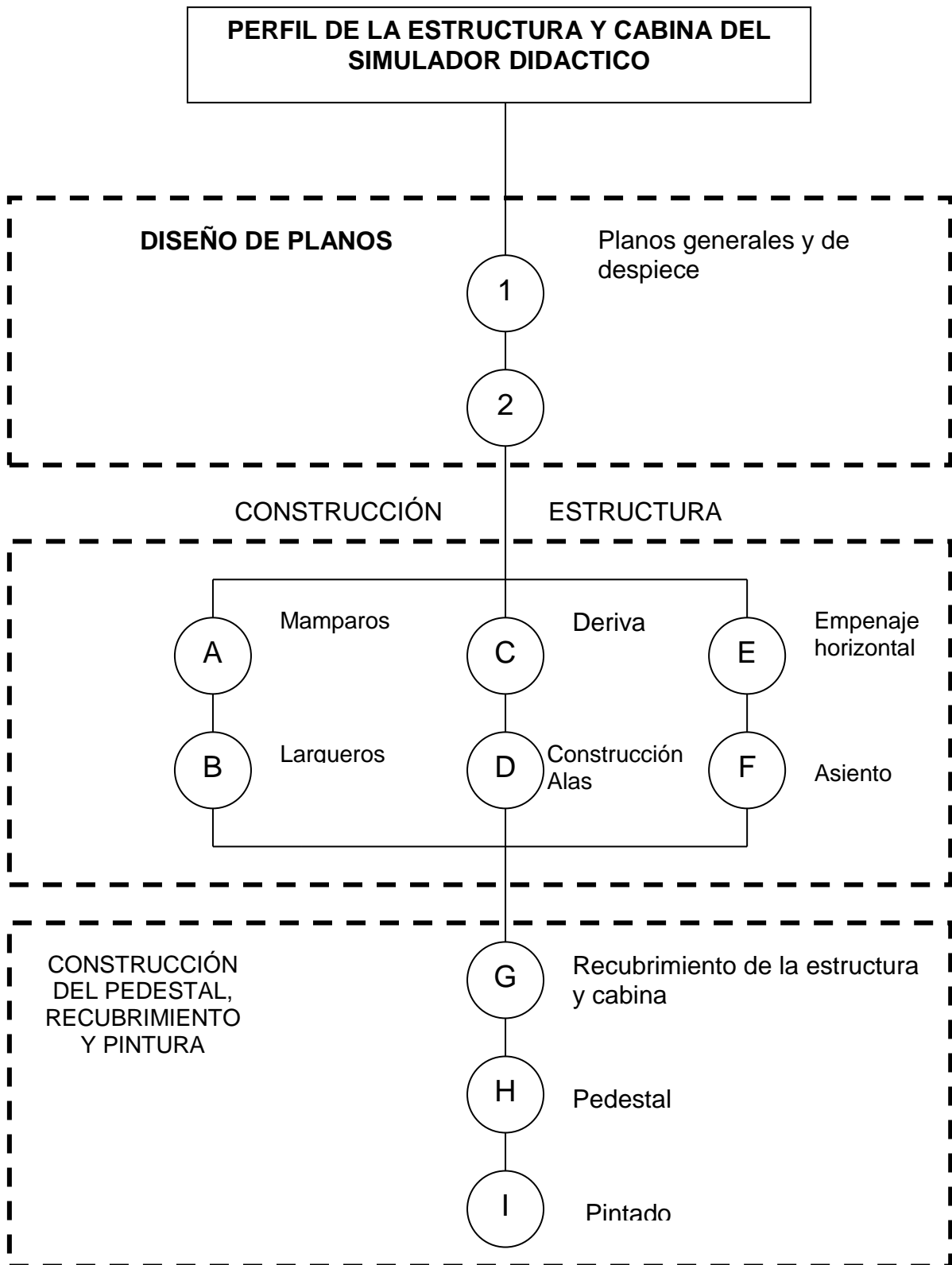
plan establecido con antelación. En el presente caso el proceso empieza cuando se tiene el diseño del aparato y se procede a construirlo. De acuerdo a los manuales de procesos, A. S. M. E. (Sociedad de Ingenieros Mecánicos de USA), cada una de las operaciones se lo define con un símbolo que representa la acción.

Actividades como medir, cortar, soldar, o esmerilar deberán ser representadas por un círculo. Material que se almacenan por un período de tiempo mas o menos largo se representará por un triángulo isósceles invertido y cuando existe demora en la actividad se representará por una letra **D** como es el caso de esperar el ascensor o que llegue el encargado de un taller para recibir una orden. Finalmente un cuadrado representa una inspección como es el caso de examinar la calidad de corte o esmerilado, de examinar información impresa o digital, etc.

Tabla 3.3 Simbología utilizada en la Construcción del Simulador

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Operación	Círculo 
Inspección	Cuadro 
Transporte	Flecha 
Almacenamiento	Triángulo 
Retraso	Letra de 
Actividad combinada	Cuadro y círculo 

### 3.3.7.1 Diagrama general de procesos

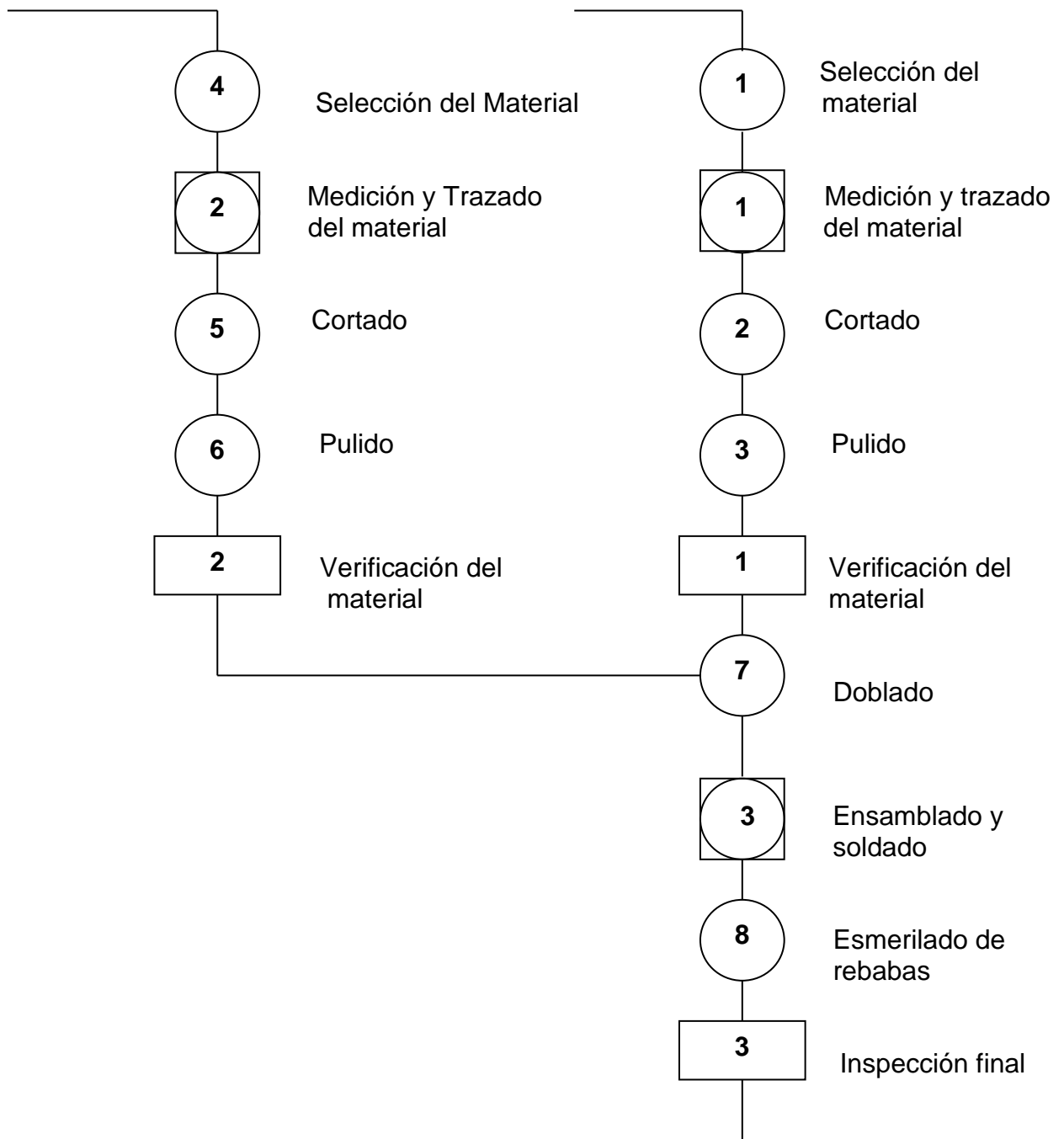




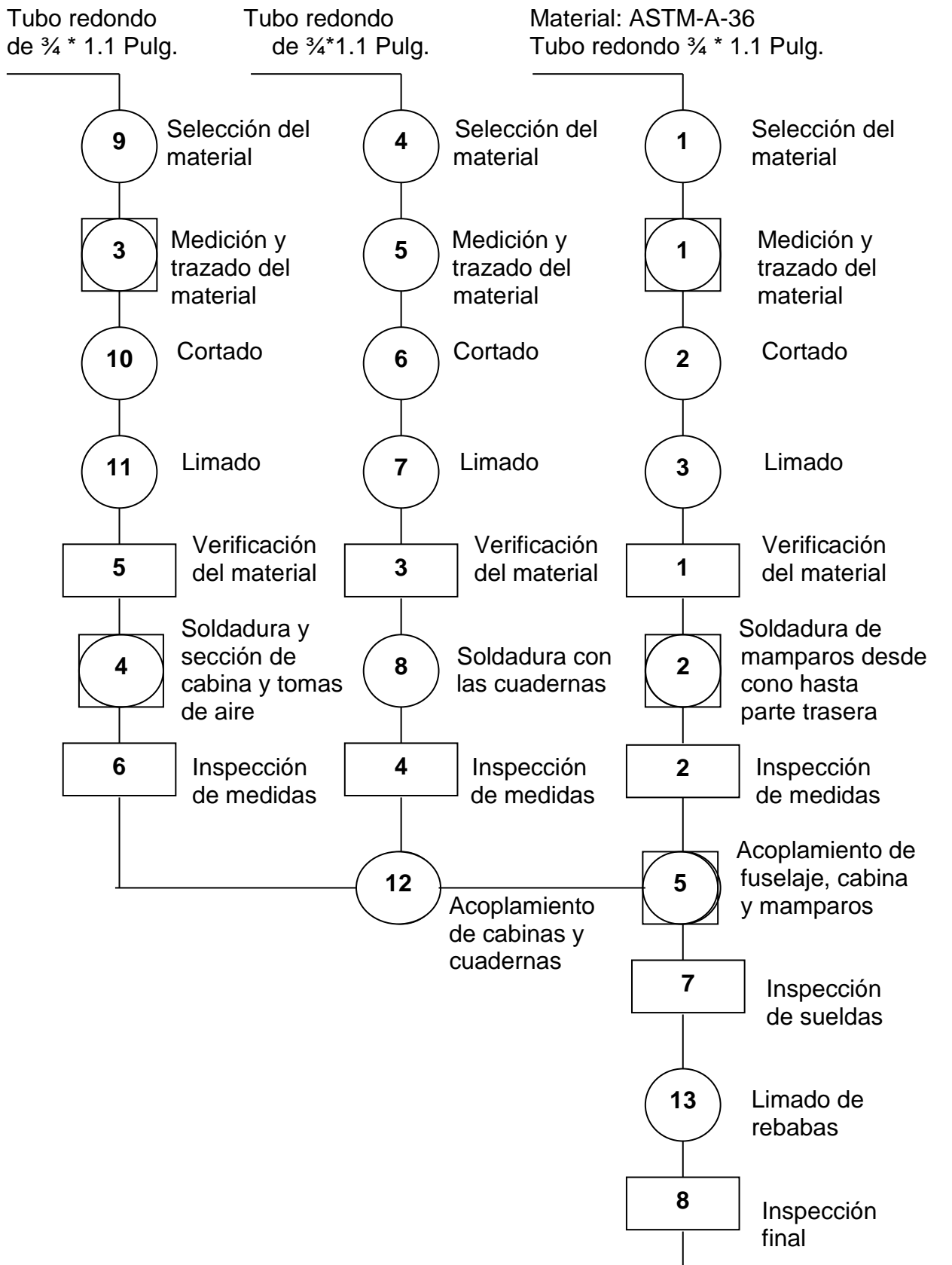
### 3.3.7.2 Diagrama de procesos de la construcción de Mamparos (ver Anexo B, Lámina 6)

Material: Hierro  
Tubo  $\phi \frac{3}{4}$  \* 1.1 Pulg.

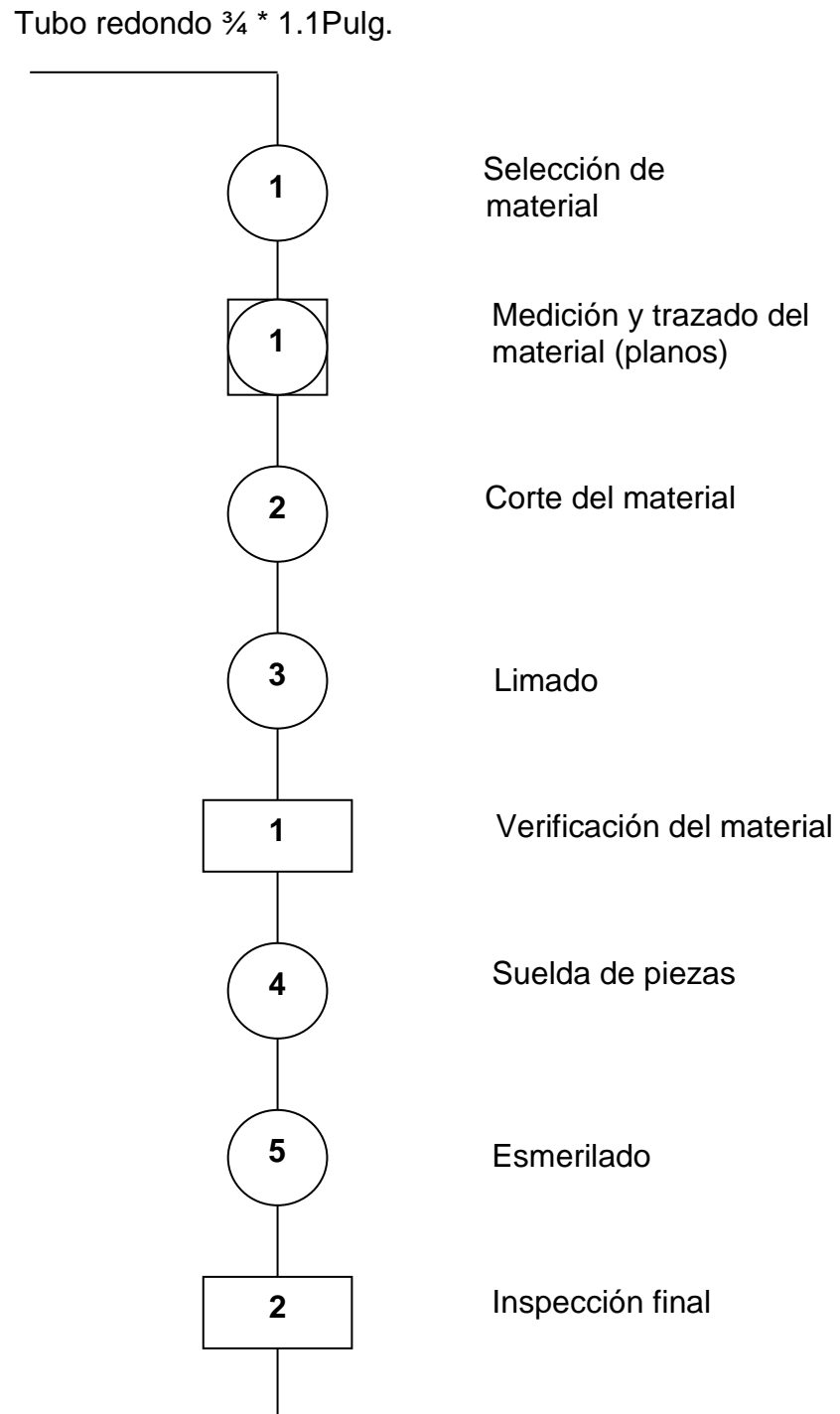
Material: Hierro  
Tubo 3/4 por 1.1 Pulg.



**3.3.7.3 Diagrama de procesos de la construcción de largueros y acoplamiento al fuselaje. (ver Anexo B, Lámina 6)**

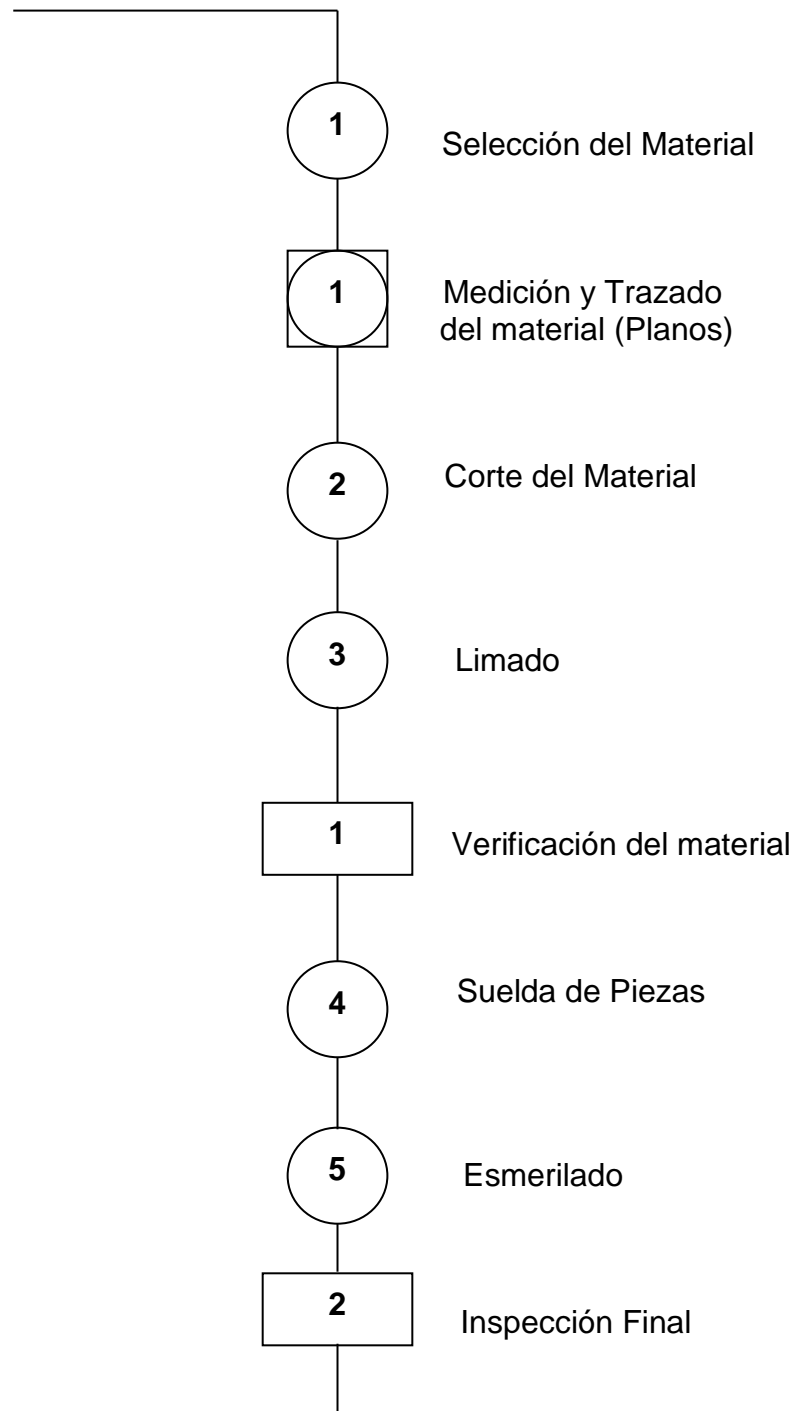


**3.3.7.4 Diagrama de proceso de construcción de la deriva (ver anexo B, Lámina 4)**



**3.3.7.5 Diagrama de proceso de construcción de las alas (ver anexo B, Lámina 3)**

Material: ASTM-A-36  
Tubo redondo  $\frac{3}{4}$  \* 1.1Pulg.

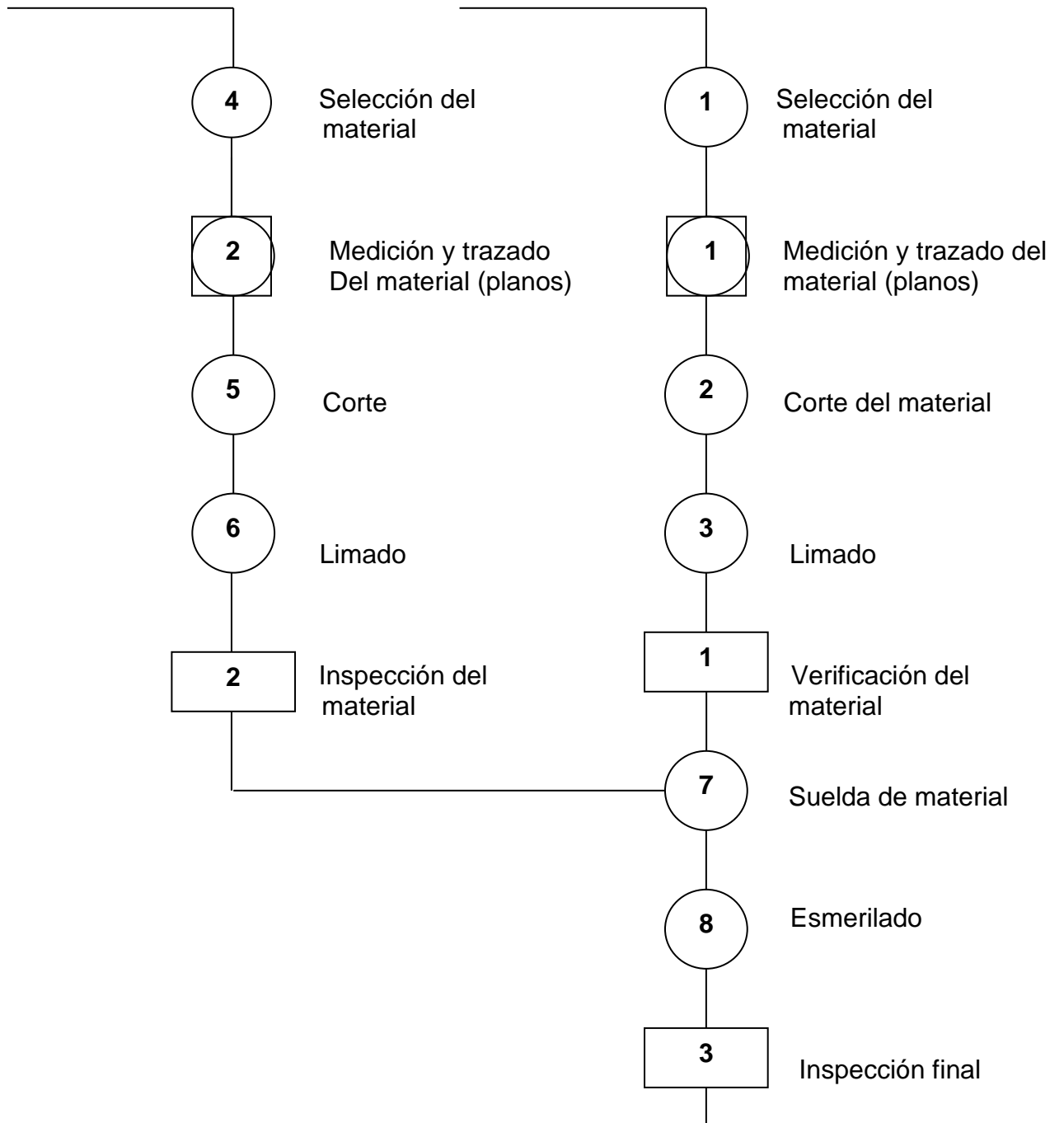


### 3.3.7.6 Diagrama de procesos de la construcción de Empenaje Horizontal

(ver anexo B, Lámina 2)

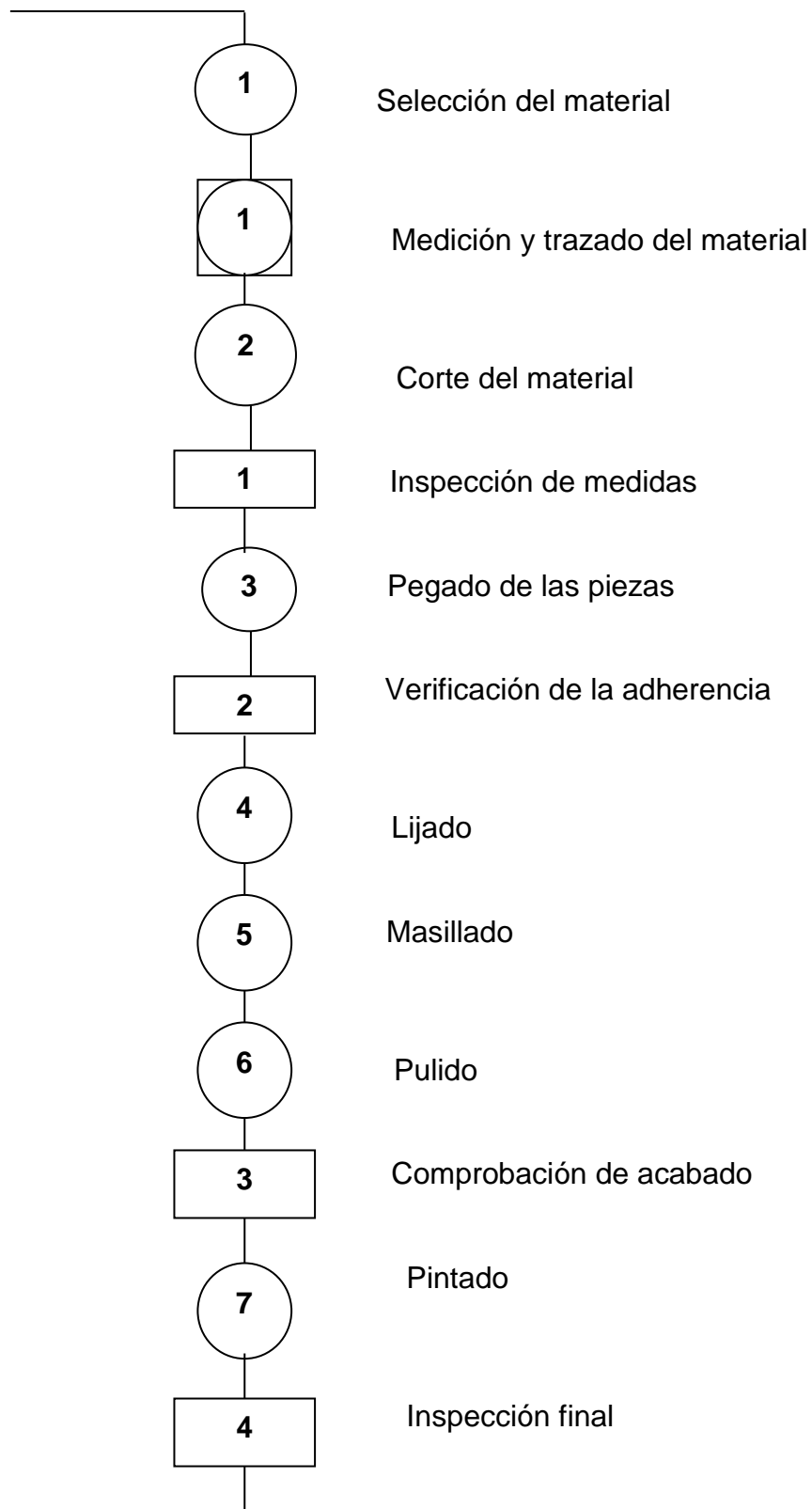
Material: Hierro AISI-A-36  
Varilla  $\varnothing 1/4 * 1$  Pulg.

Material: Hierro AISI-A-36  
Tubo  $\varnothing 3/4 * 1.1$  Pulg.



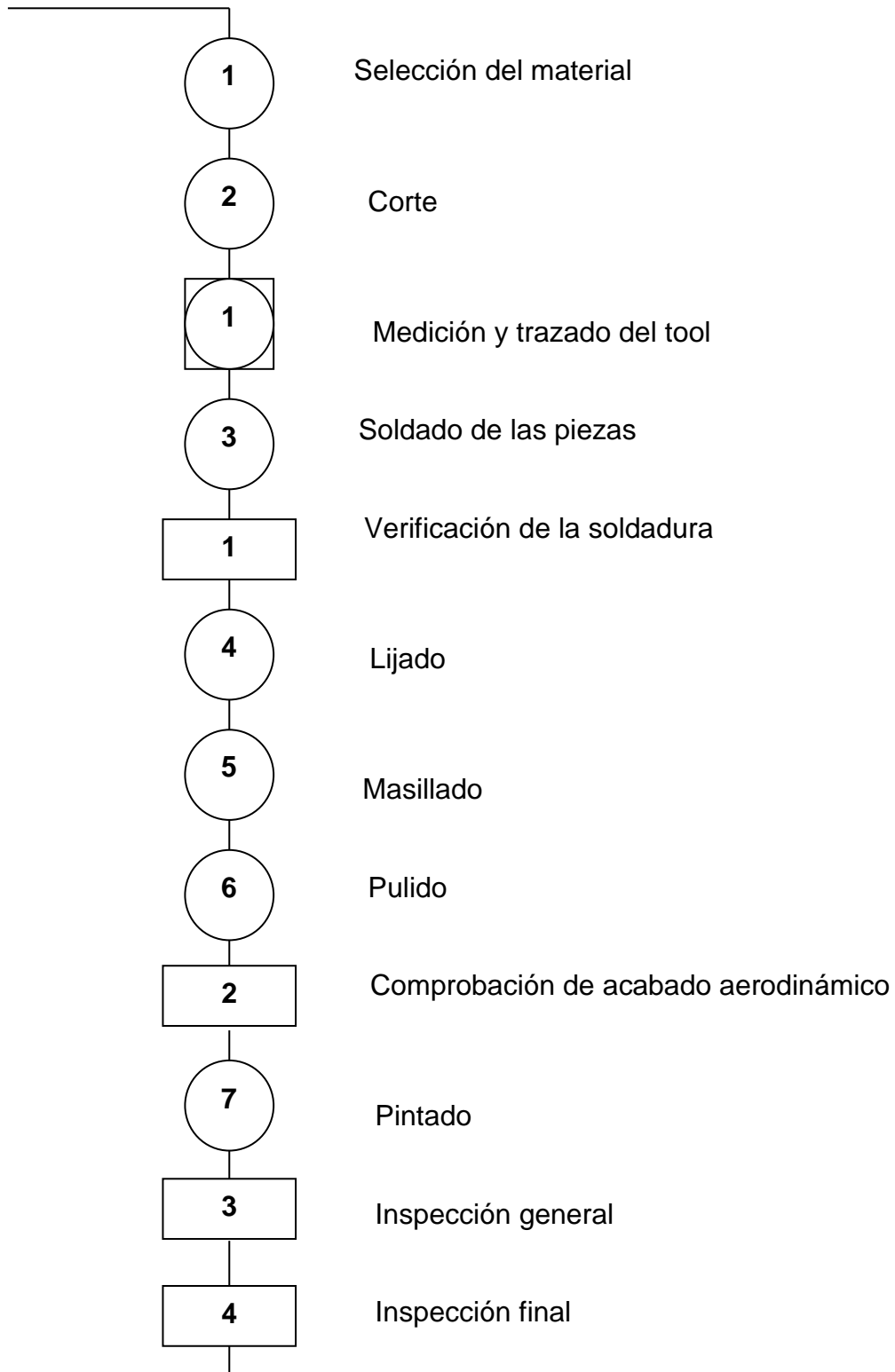
### 3.3.7.7 Diagrama proceso construcción del Asiento

Madera MDF

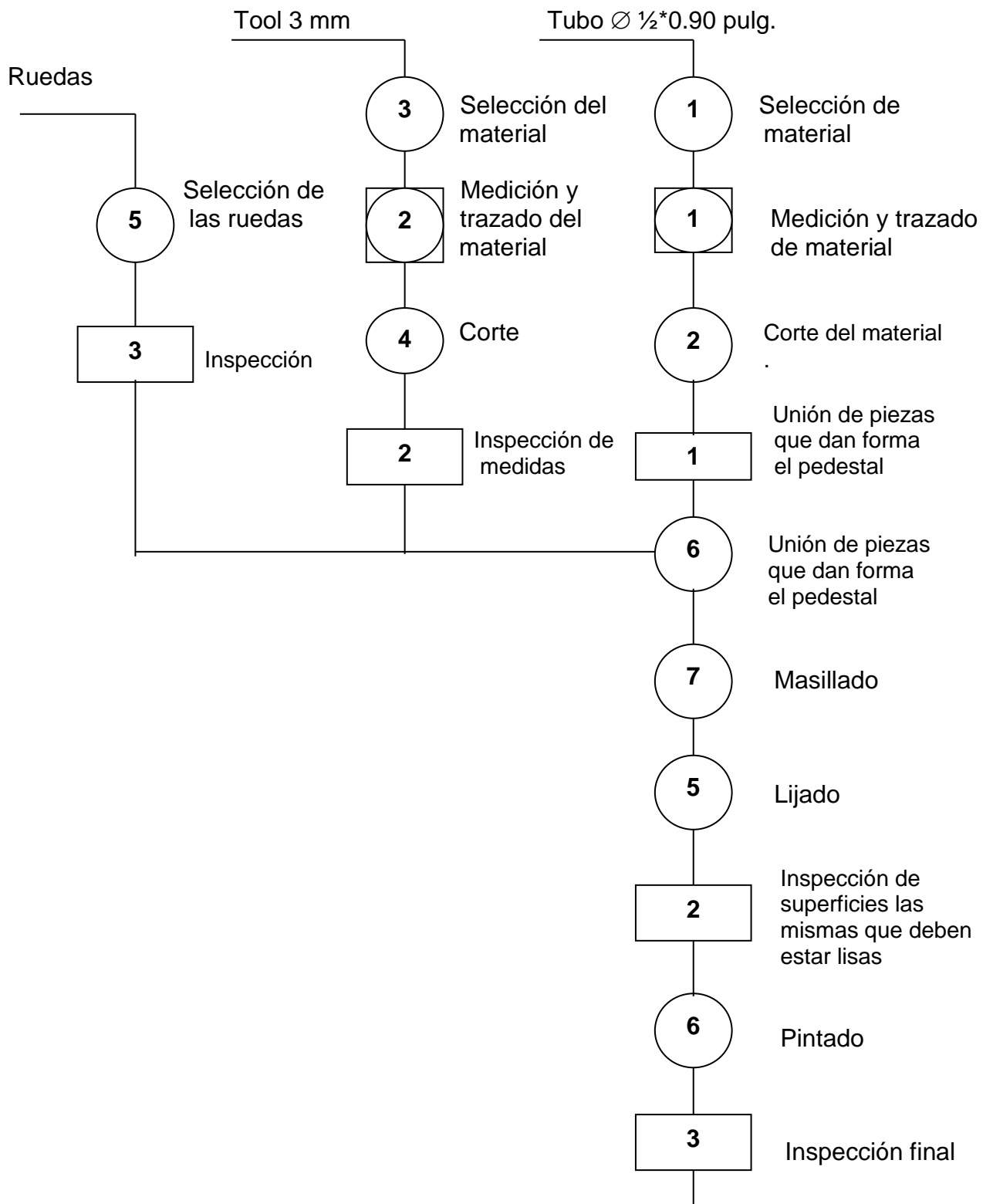


### 3.3.7.8 Diagrama de procesos del recubrimiento de la estructura

Material: Tool ASTM-A-36  
Plancha 1/32 Pulg



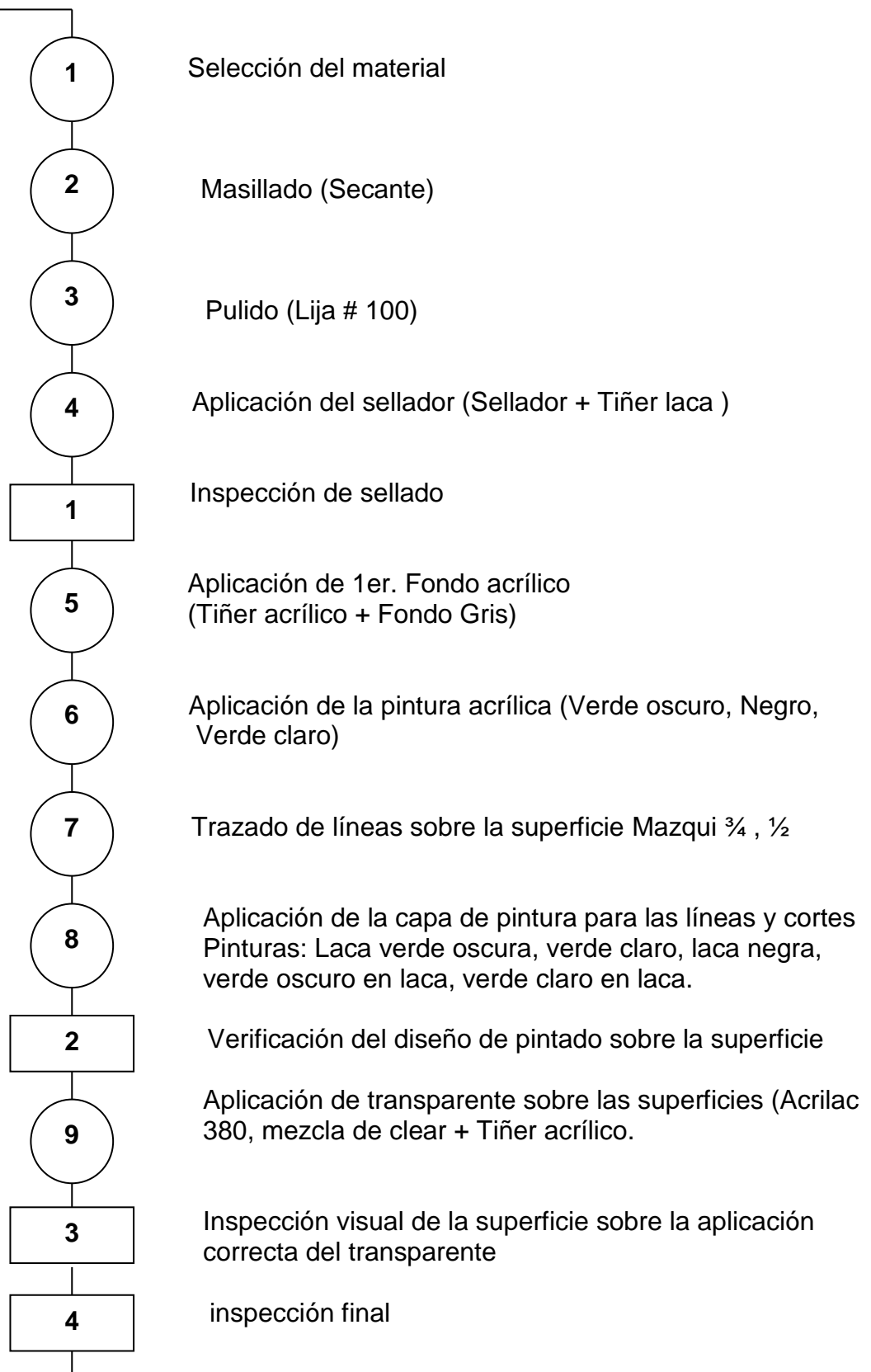
### 3.3.7.9 Diagrama de proceso de la construcción del Pedestal





### 3.3.7.10 Diagrama de proceso de pintado de la estructura y cabina

kit completo para pintado





### 3.4 Pruebas de Funcionamiento del Ensamble

Se efectuó una compra de materiales los cuales se explico anteriormente en este capítulo donde primeramente realizamos un molde en alambre galvanizado tomando en cuenta las medidas reales del avión y reduciéndole a una escala de 1: 5 para luego transferirlo a la verdadera estructura que teníamos que construir, ocupamos soldaduras de autógeno y eléctrica, para el ensamblaje de la misma.

En el revestimiento y las partes de la cabina, las uniones se lo efectuó por medio de soldadura, tornillos, pernos, remaches. Probamos los mecanismos de tres palancas de mando, de los aviones Mirage F-1, A-37,T-33, no tomamos la opción del Mirage F-1; porque no se encontraba mecanismos tan pequeños como el real que cumplieran con esa función y elegimos por el mecanismo similar al del avión T-33. En la estructura del pedestal se doblo los tubos de hierro tomando en cuenta que el verdadero tren de aterrizaje es de forma de triciclo, la burbuja se hizo de mica a una temperatura de 300°C y un tiempo de 15 minutos.



**Figura 3.6 Estructura y cabina terminada**

## **CAPÍTULO IV**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

#### **4.1. Manual de operaciones.**

Elaborar un manual de procedimientos implica que se debe cumplir con ciertos requisitos que exigen las normas ISO (Organización Internacional de Estándares), es decir el control del diseño. Controlar el diseño significa que es necesario preparar planes para cada actividad y definir la responsabilidades para su implementación. Las actividades de diseño y de desarrollo deben asignarse a personal calificado y dotado de los medios adecuados.

Se deben definir las interrelaciones organizativas y técnicas entre los distintos grupos que aportan al proceso de diseño y se debe documentar, transmitir y revisar la información necesaria.

Se debe identificar y documentar los requisitos de los elementos de entrada del diseño relativos al producto, incluidos los requisitos legales y reglamentarios vigentes. Además de que esos sean los adecuados.


Los elementos de salida del diseño deben estar documentados y expresarse en términos que puedan verificarse y validarse contra los requisitos de los elementos de entrada del diseño.

Se debe llevar a cabo y documentar revisiones de los resultados del diseño así como la verificación en distintas etapas del mismo. Finalmente durante el proceso de construcción e instalación es necesario documentar las operaciones del proceso, verificación y mantenimiento a través de instructivos, formatos de registro con su respectiva implementación para la estructura del modelo. La codificación de la estructura y cabina del simulador didáctico para los controles de vuelo del avión Mirage F-1 y los procedimientos de mantenimiento como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Procedimientos de mantenimiento y Registro de la estructura

Mantenimiento de la Cabina y Estructura del Simulador Didáctico del Avión Mirage F-1	SV-P1
Mantenimiento de la Cabina y Estructura del Simulador Didáctico del Avión Mirage F-1	SV-P2
Libro de vida de Mantenimiento de la Cabina y Estructura del Simulador Didáctico del Avión Mirage F-1	EMASV-R1
Libro de vida de Daños de la Cabina y Estructura del Simulador Didáctico del Avión Mirage F-1	EMASV-R2

Los procedimientos y formatos que a continuación se detallarán, nos permitirán conseguir una verdadera estructuración de los mismos con el fin de obtener un trabajo de aceptable calidad. Ellos se refieren al mantenimiento que se debe dar a la estructura y cabina del simulador didáctico y se sintetizan en las tareas de cada clase práctica de enseñanza y aquellas que se hacen anualmente en lo que es pintura y adecuaciones exteriores.

 <b>ITSA</b>  <b>EMAI</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 1
	<b>MANTENIMIENTO DE LA CABINA Y ESTRUCTURA DEL SIMULADOR DIDÁCTICO DEL AVIÓN MIRAGE F-1</b>		<b>Código</b> SV-P1
	<b>Elaborado por:</b> Cbos. Juan Solórzano		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Trujillo J.	<b>Fecha :</b> 2003/05/04	<b>Fecha :</b> 2003/05/04

### 1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para limpieza y mantenimiento preventivo de la estructura y cabina didáctica para los controles de vuelo del (avión Mirage F-1)

### 2.0 ALCANCE

Contempla limpieza, control de fallas visuales, para que pueda ser utilizado como modelo didáctico del proceso enseñanza aprendizaje.

### 3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

No determinado

### 4.0 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

- 4.1. Limpieza general: Eliminar suciedades superficiales en el equipo.
- 4.2. Verificación. Confirmación a través de la provisión de evidencia objetiva que especifique que los requerimientos sean totalmente cumplidos.
- 4.3. Fallas visuales. Aquellos defectos que se pueden observar a simple vista sin ayuda de ningún instrumento.
- 4.4. Responsable el jefe de laboratorio o el encargado

## **5.0 PROCEDIMIENTO**

**5.1.** Aspecto físico. El jefe de laboratorio encargado limpiará las superficies de control antes de efectuar la práctica, de manera especial los puntos de sujeción de las superficies móviles empleando para esto una franela y un pulidor de superficies. Además se revisará que el aparato no esté expuesto a condiciones atmosféricas adversas, sol, agua, humedad, etc. que alterarían las condiciones óptimas del aparato.


## **6.0. REFERENCIAS.**

N/A

**7.0 REGISTROS.** Hacer registrar su presencia en el lugar, al profesor correspondiente.

**8.0 ANEXOS.** Normas ISO 9001/2000. 4.10.4 Ensayos e inspecciones finales.

**9.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_

 <b>ITSA</b>  <b>EMAI</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>		<b>Pág. :</b> 1 de 1
	<b>MANTENIMIENTO DE LA CABINA Y ESTRUCTURA DEL SIMULADOR DIDÁCTICO DEL AVIÓN MIRAGE F-1</b>		<b>Código</b> SV-P2
	<b>Elaborado por:</b> Cbos. Juan Solórzano		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Trujillo J.	<b>Fecha :</b> 2003/05/04	<b>Fecha :</b> 2003/05/04

### **1.0 OBJETIVO**

Documentar el procedimiento para pintar anualmente la estructura y cabina didáctica para los controles de vuelo del (avión Mirage F-1)

### **2.0 ALCANCE**

Contempla la pintura del simulador didáctico de pruebas que se efectuará una vez al año.

### **3.0.- documentos de referencia.**

No determinado

### **4.0.- DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.**

- 4.1. Verificación: Confirmación a través de la provisión de evidencia objetiva que especifique que los requerimientos sean totalmente cumplidos.
- 4.2. Fallas visuales. Aquellos defectos que se pueden observar a simple vista sin ayuda de ningún instrumento.
- 4.3. Responsable de la bodega.



## **5.0 PROCEDIMIENTO.**

- 5.1. Eliminar suciedades del simulador, de manera especial, grasa, polvo, y material extraño.
- 5.2. Solicitar esmalte, equipo de pintura y los instrumentos necesarios para pintar el simulador al encargado de la bodega.
- 5.3. Documentar las acciones realizadas para cumplir el objetivo.
- 5.4. Solicitar al profesor de la materia el visto bueno o verificación de su actividad.

**6.0. REFERENCIAS.** Manual de procedimientos para limpieza.

**7.0 REGISTROS.** Registrar donde el responsable de bodega los materiales solicitados.

**8.0 ANEXOS.** Normas ISO 9001 4.10.4: Ensayos e inspecciones finales.

**9.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_





## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONOMICO- FINANCIERO**

#### **5.1 Presupuesto**

El presupuesto que se va a gastar en este proyecto de la construcción de la estructura y cabina del simulador didáctico es de 500 dólares.

#### **5.2 Análisis Económico-Financiero**

Un presupuesto económico es la cantidad de recursos necesarios para la implementación de un proyecto, en el presente caso ya ejecutado, es decir, cómo se han distribuido los recursos que inicialmente estaban previstos, gastos que para un proyecto, se dividen en: gastos de fabricación, administración, ventas y financieros. Para el presente caso los recursos gastados en la construcción del simulador serán donados a la Institución, por tal razón no se realizará un análisis de mayor profundidad referente a la evaluación económica de recuperación de capital, tasa interna de retorno, rentabilidad, entre otros.

##### **5.2.1 Recursos**

Se dividieron en los siguiente rublos:

1. Materiales.
2. Maquinaria y equipos utilizados según el programa.
3. Herramientas.
4. Mano de obra.
5. Varios.

### 5.2.1.1 Materiales

Tubos de hierro, lámina de tool, suelda, pinturas, adhesivos, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 5.1 Detalle de gastos en materiales.

<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO EN U.S.D.</b>
Lámina de tool de 1/32 pulg.	50.00
Tubos de hierro de ½*0.90 pulg.	15.00
Tubos de hierro ¾*1.1 pulg.	45.00
Electrodos de suelda 60 11	5.00
Pinturas	11.00
Macilla	3.00
Adhesivos (cinta masking)	1.00
Remaches, pernos, tuercas.	10.00
Otros n.d.	5.00
<b>TOTAL</b>	<b>144.00</b>

### 5.2.1.2 Maquinaria y equipos utilizados

Se apreciará la cantidad de recursos como si los equipos fuesen alquilados, según el siguiente detalle:

Tabla 5.2 Detalle de gastos en maquinaria y equipos.

Equipo de suelda 16 horas (\$ 1/hr.)	16.00
Equipo de pintura 16 (\$ 1/hr.)	16.00
Herramientas 48 (0.25 \$/hr.)	12.00
Dobladora de tubo 12 (0.5\$/hr.)	6.00
Dobladora de tool 8 (0.5 \$/hr.)	4.00
Remachadora 12 (0.5 \$/hr)	6.00
Taladro 4 (0.25 \$/hr.)	4.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 64.00</b>

### 5.2.1.3 Mano de obra

La construcción del simulador fue hecha por las personas involucradas en este proyecto es decir los proponentes del mismo, en los casos en que la mano de obra fue facilitada por personal de mecánicos, soldadores, electricistas de la FAE-L entre otros fue un aporte de la institución; por tal motivo no se considera ningún gasto económico.

#### 5.2.1.4 Otros gastos

Para mejor conocimiento del costo total de elaboración de la tesis de grado se incluyen los gastos en la memoria propiamente dicha es decir papel, computadora, cinta, empastados, etc. de acuerdo al siguiente cuadro.

Tabla 5.3 Detalle de gastos en elaboración de la memoria.

Alquiler de computadora 100 Horas. A razón de \$ 1/hr.	100.00
1000 Hojas de papel bond.	7.00
Impresión de 450 hojas A razón de 0.15 \$/unidad.	67.50
Empastados de 3 ejemplares A razón de \$ 8 c./u	24.00
Otros gastos no determinados	10.00
<b>TOTAL (U.S.D.)</b>	<b>208.5</b>

#### 5.3 Gastos varios

Se considera aquellos que se hicieron en transporte, de personal y de materiales, gastos de menor cuantía que sin embargo se suman al costo total del proyecto ejecutado.

Gastos varios. \$ 20.00

### 5.3.1 Costo total del proyecto ejecutado.

Tabla 5.4 Total de gastos en U. S. D.

Materiales	144.00
Maquinaria, equipos y herramientas.	64.00
Mano de obra	0.00
Elaboración de la memoria	208.5
Gastos varios	20.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 436.50</b>



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones.

- Los elementos construidos se fabricaron en el Taller del ITSA con mano de obra propia y asesoramiento técnico del personal que labora en el mismo.
- Se necesitaba contar con un simulador de fácil transportación para darle a los alumnos un conocimiento acerca de los comandos de vuelo, es así que se decidió proceder a la construcción de la cabina y estructura del simulador didáctico.
- Para la construcción se adquirió materiales de fácil moldeo, de buena aceptabilidad y confiabilidad.
- La elaboración de hojas de registro han permitido que este equipo permanezca en buenas condiciones, además de la aplicación de toda la información presentada en este proyecto.

## **6.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda, completar este proyecto aumentando la totalidad de su revestimiento en el fuselaje de esta aeronave.
- El mantenimiento del simulador en lo que respecta a limpieza de partes piezas del equipo seguirá las instrucciones que se prescriben en el procedimiento correspondiente.
- Se deberá mantener cubierto el simulador con un cobertor de tela para su mejor conservación.
- No forzar la palanca de transportación para no deteriorar la estructura .

## **BIBLIOGRAFÍA.**

VARIOS AUTORES. (1971) Enciclopedia de las Ciencias Mecánica y Transportes Tomos 13 y 14. Salvat Editores.

OÑATE ESTHEBAN. (1994) Aerodinámica práctica. Editorial Paraninfo.

VARIOS AUTORES. (1967) Manual del Ingeniero Mecánico. Editorial UTEHA.

VARIOS AUTORES. (1966) Mantenimiento y Reparación de Estructuras de Aviones. Manual 52-11 de la F.A.E.

VARIOS AUTORES. (1976) Manual 06 , 08 y 09 del Mirage F.1.

NIETO M. S.J. (1978) Metodología del Trabajo Científico. Editorial de la P.U.C.E.

CALDAS M. (1997) Preparación y Evaluación de Proyectos. Publicaciones H.

KAOURU I. (1988) ¿Qué es el Control de calidad? La modalidad Japonesa. Editorial Norma.

SHAKELFORD J. (1995) Ciencia de los Materiales 3ª edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México.

[www.aeroespace.com.er](http://www.aeroespace.com.er)

[www.tcenterhobby.com.ar](http://www.tcenterhobby.com.ar)

[www.geocities.com](http://www.geocities.com)

